

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE
RECURSOS NATURALES



“TRATAMIENTO CON LOMBRIFILTRO PARA LA REDUCCIÓN DE DQO Y DBO₅ DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE CONFITERÍA, 2022”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

AUTORES:

Bach. CARLOS ENRIQUE FERNANDEZ MUÑOZ
Bach. PEDRO ROBERTO ORDOÑEZ GRANADOS
Bach. JHONATAN SANTOS PORRAS

Three handwritten signatures in blue ink, corresponding to the authors listed to the left.

ASESORA:

Ms.C. MARÍA PAULINA ALIAGA MARTÍNEZ

A handwritten signature in blue ink, corresponding to the advisor listed to the left.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL AMBIENTE

Callao, 2022
PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)



III CICLO TALLER DE TESIS

ANEXO 3

ACTA N° 006-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

LIBRO 01 FOLIO No. 54 ACTA N°006-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

A los 19 días del mes de noviembre del año 2022, siendo las 8:16 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/wbt-okpc-qmv>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales** de la **Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

| | |
|--|---------------------|
| Ms.C. María Teresa Valderrama Rojas | : Presidente |
| Mtra. Janet Mamani Ramos | : Secretaria |
| Mtro. Dan Skipper Anarcaya Torres | : Vocal |
| Dr. Miguel Ángel De La Cruz Cruz | : Suplente |
| M.C. María Paulina Aliaga Martínez | : Asesora |

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de los Bachilleres Carlos Enrique Fernandez Muñoz, Pedro Roberto Ordoñez Granados y Jhonatan Santos Porras, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, sustentan la tesis titulada: **"TRATAMIENTO CON LOMBRIFILTRO PARA LA REDUCCIÓN DE DQO Y DBO5 DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE CONFITERÍA, 2022"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por Aprobado con la escala de calificación cualitativa Muy Bueno y calificación cuantitativa 16 la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 16:30 horas del día sábado 19 de noviembre del año en curso.

Presidente

Secretaria

Vocal

Asesora

FACULTAD:

INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

TÍTULO:

“TRATAMIENTO CON LOMBRIFILTRO PARA LA REDUCCIÓN DE DQO Y DBO₅ DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE CONFITERÍA, 2022”.

AUTORES:

CARLOS ENRIQUE FERNANDEZ MUÑOZ/ 0000-0003-2539-6366 / 40678841

PEDRO ROBERTO ORDOÑEZ GRANADOS/ 0000-0002-7331-5375/ 45980853

JHONATAN SANTOS PORRAS/ 0000-0001-6885-342X/ 43832009

ASESOR:

Ms.C. MARÍA PAULINA ALIAGA MARTÍNEZ / 0000-0003-2767-4825/ 08663264

LUGAR DE EJECUCIÓN:

CHANCAY - HUARAL

UNIDAD DE ANÁLISIS:

EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE CONFITERÍA.

TIPO DE INVESTIGACIÓN: APLICADA

ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN: CUANTITATIVO

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: EXPERIMENTAL.

TEMA OCDE: 1.05.08 CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE.

DEDICATORIA

Este esfuerzo está dedicado a nuestras familias, por su paciencia y su apoyo incondicional, brindándonos ánimos a seguir avanzando en nuestra carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por darnos la más preciada bendición, nuestras familias, y de permitir conocer maravillosas personas que nos ayudan en nuestro camino.

A nuestras familias por confiar en nosotros y siempre estar a nuestro lado, ayudándonos a no darnos por vencidos.

A nuestra asesora Ms.C. María Paulina Aliaga Martínez que nos orientó y exigió dar nuestro mayor esfuerzo en lograr esta tesis.

A nuestros profesores que en estos años de estudio nos brindaron su conocimiento ayudándonos a forjar nuestra profesión.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN | 14 |
| ABSTRACT..... | 15 |
| INTRODUCCIÓN | 16 |
| I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 17 |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA..... | 17 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 19 |
| 1.2.1. Problema general | 19 |
| 1.2.2. Problemas específicos | 19 |
| 1.3. OBJETIVOS | 19 |
| 1.3.1. Objetivo general | 19 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 19 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN..... | 20 |
| 1.4.1. Justificación ambiental | 20 |
| 1.4.2. Justificación económica..... | 20 |
| 1.4.3. Justificación social..... | 20 |
| 1.4.4. Justificación práctica y teórica..... | 21 |
| 1.5. DELIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 21 |
| 1.5.1. Delimitante teórica | 21 |
| 1.5.2. Delimitante temporal..... | 21 |
| 1.5.3. Delimitante espacial | 21 |
| II. MARCO TEÓRICO | 22 |
| 2.1. ANTECEDENTES | 22 |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales | 22 |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales..... | 25 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS | 27 |
| 2.2.1. Lombrifiltro | 27 |
| 2.2.2. Condiciones óptimas de operación | 28 |
| 2.2.3. Reducción de la DQO y DBO ₅ | 28 |
| 2.2.4. Reducción de carga orgánica por medio del lombrifiltro. | 28 |
| 2.2.5. Carga contaminante | 29 |
| 2.2.6. Sustrato | 29 |
| 2.2.7. Parámetros físico-químicos | 29 |
| 2.2.8. Aguas residuales | 29 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 2.3. | MARCO CONCEPTUAL | 29 |
| 2.3.1. | Biofiltro (lombrifiltro)..... | 29 |
| 2.3.2. | Características de diseño lombrifiltro | 30 |
| 2.3.3. | Acción de Eisenia Foetida en el Lombrifiltro | 32 |
| 2.3.4. | Normativa legal..... | 32 |
| 2.4. | DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS | 34 |
| III. | HIPÓTESIS Y VARIABLES | 37 |
| 3.1. | HIPÓTESIS | 37 |
| 3.1.1. | Operacionalización de variables | 38 |
| IV. | METODOLOGÍA DEL PROYECTO | 39 |
| 4.1. | DISEÑO METODOLÓGICO..... | 39 |
| 4.1.1. | Tipo de investigación..... | 39 |
| 4.1.2. | Diseño de investigación..... | 39 |
| 4.2. | MÉTODO DE INVESTIGACIÓN | 39 |
| 4.3. | POBLACIÓN Y MUESTRA | 43 |
| 4.3.1. | Población | 43 |
| 4.3.2. | Muestra..... | 43 |
| 4.4. | LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DESARROLLADO..... | 43 |
| 4.4.1. | Lugar de estudio | 43 |
| 4.4.2. | Periodo desarrollado | 44 |
| 4.5. | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN. | 44 |
| 4.6. | ANÁLISIS Y PROCESAMIENTOS DE DATOS | 46 |
| 4.7. | ASPECTOS ÉTICOS EN INVESTIGACIÓN..... | 50 |
| 4.8. | CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 50 |
| V. | RESULTADOS..... | 55 |
| 5.1. | RESULTADOS DESCRIPTIVOS..... | 56 |
| 5.2. | RESULTADOS INFERENCIALES | 60 |
| VI. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 72 |
| 6.1. | CONTRATACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS | 72 |
| 6.2. | CONTRATACIÓN DE RESULTADOS CON ESTUDIOS SIMILARES | 77 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 6.3. | RESPONSABILIDAD ÉTICA DE ACUERDO A LOS REGLAMENTOS VIGENTES. .. | |
| | | 78 |
| VII. | CONCLUSIONES..... | 79 |
| VIII. | RECOMENDACIONES | 80 |
| IX. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 81 |
| X. | ANEXOS | 87 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Matriz de operacionalización de las variables..... | 38 |
| Tabla 2: Matriz de arreglo experimental con diseño factorial..... | 42 |
| Tabla 3: Programa de ejecución de investigación. | 44 |
| Tabla 4: Fichas técnicas de colección de información en campo y laboratorio..... | 45 |
| Tabla 5: Parámetros y Métodos de Análisis – Muestras de aguas residual. | 47 |
| Tabla 6: Especies de Fauna | 54 |
| Tabla 7: Categorización de Especies Fauna – D.S. N° 034-2004-AG, Lista Roja IUCN y CITES | 54 |
| Tabla 8: Resultados experimentales de reducción de DQO. | 55 |
| Tabla 9: Resultados experimentales de reducción de DBO ₅ | 55 |
| Tabla 10: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DBO ₅ con TRH 12 y diseño 15 cm. | 57 |
| Tabla 11: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DBO ₅ con TRH 12 y diseño 30 cm. | 57 |
| Tabla 12: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DBO ₅ con TRH 12 y diseño 40 cm. | 57 |
| Tabla 13: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DBO ₅ con TRH 24 y diseño 15 cm. | 57 |
| Tabla 14: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DBO ₅ con TRH 24 y diseño 30 cm. | 58 |
| Tabla 15: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DBO ₅ con TRH 24 y diseño 40 cm. | 58 |
| Tabla 16: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DQO con TRH 12 y diseño 15 cm..... | 58 |

| | |
|---|----|
| Tabla 17: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DQO con TRH 12 y diseño 30 cm..... | 58 |
| Tabla 18: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DQO con TRH 12 y diseño 40 cm..... | 59 |
| Tabla 19: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DQO con TRH 24 y diseño 15 cm..... | 59 |
| Tabla 20: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DQO con TRH 24 y diseño 30 cm..... | 59 |
| Tabla 21: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DQO con TRH 24 y diseño 40 cm..... | 59 |
| Tabla 22: Información del factor para DQO. | 60 |
| Tabla 23: Análisis de Varianza para DQO. | 60 |
| Tabla 24: Método de prueba Anova para factores DQO..... | 63 |
| Tabla 25: Información del factor pH para DQO | 63 |
| Tabla 26: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar en pH para DQO..... | 63 |
| Tabla 27: Pruebas estadísticas Resultado vs pH en DQO. | 63 |
| Tabla 28: Información del factor TRH para DQO..... | 64 |
| Tabla 29: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar en TRH para DQO. | 64 |
| Tabla 30: Pruebas estadísticas Resultado vs TRH en DQO | 64 |
| Tabla 31: Información del factor DISEÑO para DQO | 65 |
| Tabla 32: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar DISEÑO para DQO..... | 65 |
| Tabla 33: Pruebas estadísticas Resultado vs DISEÑO en DQO. | 65 |
| Tabla 34: Información del factor para DBO ₅ | 66 |
| Tabla 35: Análisis de Varianza | 66 |

| | |
|---|----|
| Tabla 36: Método de prueba Anova para factores DBO ₅ | 69 |
| Tabla 37: Información del factor pH para DBO ₅ | 69 |
| Tabla 38: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar..... | 69 |
| Tabla 39: Pruebas estadísticas Resultado vs pH en DBO ₅ | 69 |
| Tabla 40: Información del factor TRH para DBO ₅ | 70 |
| Tabla 41: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar..... | 70 |
| Tabla 42: Pruebas estadísticas Resultado vs TRH en DBO ₅ | 70 |
| Tabla 43: Información del factor DISEÑO para DBO ₅ | 71 |
| Tabla 44: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar para DBO ₅ | 71 |
| Tabla 45: Pruebas estadísticas Resultado vs DISEÑO en DBO ₅ | 71 |

ÍNDICE DE ABREVIATURA

DQO: Demanda química de oxígeno

DBO5: Demanda bioquímica de oxígeno

DQO-ST: Demanda Química de Oxígeno sin tratamiento

DBO5-ST: Demanda Bioquímica de Oxígeno sin tratamiento

TRH: Tiempo de retención hídrica.

ONU: Organización de las naciones unidas

ANA: Autoridad nacional del agua.

MINAM: Ministerio del Ambiente.

SST y STS: Solidos suspendidos totales

VAN: Valor Actual neto

TIR: Tasa interna de Retorno.

E. foetida: Eisenia Foetida

ECA: Estandares de calidad de agua.

LMP: Límites máximos permisibles.

PR: Porcentaje de reducción.

C_i : Concentración inicial del contaminante (mg/L)

C_f : Concentración final del contaminante (mg/L)

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

Ms.C.: Master of Sciences

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo de evaluar el tratamiento con lombrifiltro en la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería en el distrito de Chancay – 2022, se crearon tres maquetas de lombrifiltro con alturas diferentes de sustrato (aserrín con lombrices) de 15 cm, 30 cm y 40 cm, se realizaron ensayos de tratamiento entre los meses de julio a octubre del presente año, controlando el pH en 7 y 7,5 y el TRH de 12 y 24 horas. Para realizar el ensayo se recolectaron muestras de efluentes de la planta de confitería, se realizó la medición de pH (el efluente de la planta de confitería es ácido) para tratarlo con bicarbonato de calcio para obtener un pH de 7 o 7,5 de acuerdo al ensayo a realizar, se ajustó el caudal de ingreso de efluentes a las maquetas para tener un TRH de 12 o 24 horas, se realizaron un ensayo por día donde se recolectaron cinco muestras para DQO y cuatro muestras para DBO₅, con la siguiente condición: de las cinco muestras de DQO se tomaba una muestra de efluentes no tratados, tres muestras de DQO de efluentes tratados una de cada maqueta de lombrifiltro con altura de sustrato de 15, 30 y 40 cm y una muestra adicional de DQO de uno de los tres efluentes tratados del lombrifiltro como control. Lo mismo se realiza para el DBO₅ con excepción de una muestra control, las muestras son transportadas al laboratorio donde se realizó los análisis de acuerdo a la metodología de DQO y DBO₅ cuyos resultados nos brindan concertaciones en mg/l.

Se obtuvieron resultados de reducción de hasta un 97 % en DQO y un 96 % DBO₅, este resultado se presenta cuando nuestros indicadores están en un TRH de 24 horas y un diseño con altura de sustrato (aserrín más lombrices) de 30 cm, considerando estas características las más adecuadas para implementar este tratamiento de efluentes con lombrifiltro, el pH entre los valores de 7 y 7,5 no fue una variable que sea determinante en los resultados.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the treatment with vermifilter in the reduction of BOD5 and COD of the industrial effluent of a confectionery plant in the district of Chancay - 2022, three models of vermifilter were created with different heights of substrate (sawdust with worms) of 15 cm, 30 cm and 40 cm, treatment trials were carried out between the months of July and October of this year, controlling the pH at 7 and 7,5 and the TRH of 12 and 24 hours. To carry out the test, samples of effluents from the confectionery plant were collected, the pH measurement was carried out (the effluent from the confectionery plant is acidic) to treat it with calcium bicarbonate to obtain a pH of 7 or 7,5 according to the test. to be carried out, the flow of effluents entering the models was adjusted to have a TRH of 12 or 24 hours, a test per day was carried out where five samples were collected for COD and four samples for BOD5, with the following condition: of the Five COD samples were taken, one sample from untreated effluents, three COD samples from treated effluents, one from each vermifilter model with a substrate height of 15, 30 and 40 cm, and an additional COD sample from one of the three treated effluents. filter worm as a control. The same is done for BOD5 with the exception of a control sample, the samples are transported to the laboratory where the analyzes were carried out according to the COD and BOD5 methodology, the results of which provide us with agreements in mg/l.

Reduction results of up to 97% in COD and 96% BOD5 were obtained, this result occurs when our indicators are in a HRT of 24 hours and a design with substrate height (sawdust plus worms) of 30 cm, considering these characteristics the most suitable to implement this treatment of effluents with vermifilter, the pH between the values of 7 and 7,5 was not a variable that is decisive in the results.

INTRODUCCIÓN

Los efluentes industriales generados en la actividad productiva de una planta de confitería se caracteriza principalmente por su elevada concentración de DQO y DBO₅, que representa un riesgo al medio ambiente si es vertida a fuentes de agua o utilizada para riego de áreas verdes sin tener un adecuado tratamiento que garantice la reducción de estos efectos nocivos al medio receptor, de acuerdo a información emitida por la ONU el 80% de los efluentes no se descontaminan antes de su vertimiento o reúso, lo que es preocupante para el delicado equilibrio ecológico del planeta.

En la presente investigación se evalúa el tratamiento con lombrifiltro para la reducción de DBO₅ y DQO de los efluentes industriales de una planta de confitería aportando información de un tratamiento no convencional que ayude a dar una nueva opción a las empresas para el tratamiento de sus efluentes industriales. Así también Contando con un desarrollo para el tratamiento de sus efluentes y obteniendo un sistemas ecológico y económico, que a la vez va ayudar a mejorar la calidad de vida en la sociedad. Los resultados obtenidos durante nuestra investigación son muy favorables, ya que, los resultados de las concentraciones de DBO₅ y DQO se redujeron significativamente en un 97% y 98% respectivamente, lo que genera un impacto positivo en la mejora de la calidad de los efluentes industriales tratados en las fábricas de confitería, por lo tanto, la aplicación de nuestro lombrifiltro ayudará considerablemente en la descontaminación de efluentes y generará una conciencia ambiental contando con conocimientos adecuados para el tratamiento de efluentes industriales.

Por lo planteado anteriormente se hizo necesario profundizar varios aspectos los cuales se contempla en una estructura por capítulos numerados en romanos desde el I al X donde se presenta: planteamiento del problema, marco teórico, hipótesis y variables, metodología de proyecto, resultados, discusión de resultados, conclusiones, recomendaciones, las referencias bibliográficas y finalmente los anexos.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Se observó que los efluentes industriales no están siendo controlados adecuadamente, debido a que estos son vertidos directamente a los cuerpos hídricos cercanos y a los cauces de las poblaciones aledañas sin ser tratadas. A medida que las actividades industriales crecen el impacto negativo sobre los cuerpos hídricos son más notorios, lo cual se presenta en el deterioro de la calidad del agua, lo que ocasiona un problema ambiental, por lo cual contar con un sistema de tratamiento de efluentes es más requerido por las industrias para evitar el deterioro de los cuerpos hídricos y los suelos (Cuvi, 2017).

Ahora bien, se puede evidenciar en la actualidad que en el mundo el 80% de los efluentes generados por las industrias no son tratadas adecuadamente, estos datos también corresponden al promedio de Latinoamérica y el Caribe, toda vez que el tratamiento tradicional de las aguas tiene un costo elevado. Por lo cual gran parte de los efluentes domésticos e industriales son vertidas a las redes públicas de saneamiento, lo que afecta directamente a los cuerpos receptores y al medio ambiente (Grahovac y Rončević, 2021). Por otro lado, se hace referencia a las empresas de confitería debido a que generan una alta cantidad de efluentes industriales que requieren ser tratados adecuadamente antes de su vertimiento a los cuerpos receptores y evitar el deterioro del medio ambiente, ya que dichas aguas residuales tienen altas concentraciones de materiales fácilmente biodegradables que urgen un pronto tratamiento para mejorar la calidad del agua.

Así mismo, podemos verificar que uno de los mayores problemas ambientales en el Perú es el daño a los recursos hídricos, considerando la fragilidad del ecosistema acuático el cual impacta destructivamente a la biodiversidad, por ello, (Custodio y Chávez, 2017). Identifican que uno de los problemas más importantes con respecto a la calidad del agua, se debe a que no son tratadas adecuadamente y son vertidas a los cuerpos receptores, que en su mayoría son provenientes de origen doméstico, industrial, actividades minero-metalúrgico y agrícola (Bustios et al., 2013). Para un mejor detalle la Autoridad Nacional del

Agua (ANA, 2016) dio a conocer la Estrategia Nacional para el mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos, donde observó que los parámetros de calidad de 41 unidades hidrográficas excedieron las concentraciones permitidas, los cuales son provenientes de los vertimientos de efluentes industriales y municipales, buscando su tratamiento adecuado y controlar los impactos negativos ocasionados al medio ambiente.

A nivel local se contempla que los efluentes industriales a tratar provenientes de la planta confitera cuenta con un análisis de estudio, donde se aprecia altas concentraciones de carga orgánica, como lo demuestran los parámetros analizados como DBO₅ (2 887 mg/l) y DQO (5 745 mg/l), las cuales deben ser tratados adecuadamente antes de ser vertidas a los cuerpos receptores y generen un impacto negativo al medio ambiente, esto genera una alteración a las características físico-química de las mismas, Creando un ambiente anaeróbico donde la vida acuática y terrestre se vuelve insostenible, provocando malos olores a causa de la putrefacción de las mismas y la proliferación de vectores que ocasiona molestias a la población. Así también la industria de confitería no viene cumpliendo con los límites de referencia establecidos en la norma de vertido de aguas residuales aprobado en Nicaragua N° 021-2017 y el D. S. N 004-2017-MINAM en la Categoría 3: para el riego de vegetales y bebida de animales, contemplados en su instrumento ambiental, ocasionando que no se cumpla los parámetros establecidos y eso trae como consecuencia penalidades económicas para la empresa por la autoridad fiscalizadora.

Por las razones mencionadas anteriormente, la tecnología tradicional para el tratamiento de efluentes industriales es muy costosa tanto para su instalación y manejo, por el alto consumo de energía y necesidad de suministros lo cual ocasiona que se vuelva inviable para su implementación. El proyecto de investigación utiliza la biotecnología lombrifiltro para tratar las aguas residuales de la industria de confitería, lo que es una solución ideal desde el lado de la sostenibilidad ambiental y económica.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera el tratamiento con lombrifiltro influye en la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería, 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de las características del diseño de lombrifiltro en la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería?
- ¿Cuál es el efecto pH en la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería?
- ¿Cuál es el efecto del tiempo de retención hidráulica (TRH) del lombrifiltro en la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el tratamiento con lombrifiltro en la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería, 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las características del diseño de lombrifiltro en la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería.
- Evaluar el efecto pH en la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería.
- Evaluar el efecto del tiempo de retención hidráulica (TRH) del lombrifiltro en la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación ambiental

La presente investigación permite tratar efluentes industrial generados por una planta de confitería por un método ecológico y económico, el tratamiento de aguas residuales producto de las diversas actividades industriales viene siendo una necesidad a nivel global, el presente estudio permitirá generar las condiciones óptimas para la reutilización de los efluentes generados en las actividades productivas de dicha planta de confitería, como resultado secundario del tratamiento nos permite obtener fertilizantes orgánicos y el regado de las áreas verdes; minimizando el impacto ambiental generado por dicha planta, debido al ser esta una opción ecológica al utilizar menor insumos y energía que otros métodos utilizados en la actualidad.

1.4.2. Justificación económica

El lombrifiltro es una tecnología ecológica, económica, sustentable y benéfica, no genera malos olores, residuos como lodos, ni genera ruido excesivo en el funcionamiento. El costo de instalación de un sistema de lombrifiltro comparado con los sistemas tradicionales para el tratamiento de aguas residuales es mucho menos costoso y al ser un sistema de tratamiento ecológico reduce los costos de mantenimiento y gasto de energía; así también orienta en su ejecución una cultura de sostenibilidad en el rehúso de estos líquidos tratados, convirtiendo una opción amigable con el medio ambiente.

1.4.3. Justificación social

Con el lombrifiltro se obtuvieron impactos positivos al mejorar la calidad del agua residual. Reducir los riesgos a la salud por efectos de aguas contaminadas, por ejemplo: la disminución de malos olores por la descomposición de la materia orgánica presente en el efluente y la proliferación de vectores. Parte de la comunidad se dedica a la agricultura y actividades diversas las cuales pueden verse perjudicadas debido a la presencia de dicho foco infeccioso, esta investigación contribuye en mejorar la calidad de comunidad cercanas, Ayudar

en la concientización de una cultura sostenible protegiendo el recurso agua para las presentes y futuras generaciones.

1.4.4. Justificación práctica y teórica

El tratamiento con lombrifiltro obtuvo una elevada reducción de DQO y DBO₅, esta afirmación se basa a varios documentos de investigación y en nuestros resultados, dando fe del buen rendimiento del lombrifiltro para el tratamiento de efluentes, por tanto, el lombrifiltro es la mejor opción para el tratamiento de los efluentes industriales de una planta de confitería.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitante teórica

La mayor parte de la bibliografía proceden de estudios internacionales, mientras que a nivel nacional son escasas las investigaciones desarrolladas sobre el tema del presente proyecto de investigación, por lo que se realizó la revisión de investigaciones correspondientes sistema de lombrifiltro en la reducción de carga orgánica de efluente industrial a nivel internacional.

1.5.2. Delimitante temporal

El desarrollo de esta propuesta investigó la reducción de DQO y DBO₅ del efluente industrial de una planta de confitería se llevó a cabo en los meses de julio de 2022 a octubre del año 2022.

1.5.3. Delimitante espacial

Esta investigación se desarrolló a escala piloto en un taller experimental ubicado en el distrito de Chancay - huaral, las muestras de efluente industrial se obtuvieron de las instalaciones de una planta confitería, en la provincia de Chancay.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Para la presente investigación se realizó una revisión bibliográfica de información internacional, nacional como local, siendo utilizadas como antecedentes importantes para respaldar la investigación. A continuación, se presentan algunas de ellas:

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Sánchez y Solórzano (2021), realizaron su investigación enfocada en la eficacia para remover la materia orgánica utilizando lombrifiltro, el objetivo fue investigar la eficiencia en remoción de materia orgánica de los efluentes domésticos provenientes de la zona rural de la provincia de Manavi, ubicada en Quito-Ecuador. La metodología empleada es de tipo aplicada, ya que diseñaron y construyeron un sistema para el tratamiento de aguas residuales con la finalidad de darle saneamiento a las aguas servidas provenientes de la zona, tanto domiciliarias, industriales o comerciales. Ahora bien, mediante su proceso de tratamiento usaron lombrifiltro (Piedra canto rodado, grava, aserrín y Eisenia foetida). Mediante su investigación obtuvieron las siguientes conclusiones, lograron una adecuada remoción en los contaminantes y microorganismos patógenos, ya que, obtuvieron eficiencia en la reducción superiores al 90%, así mismo, se evidencio una eficiencia del 92,06% en la remoción de carga orgánica usando el sistema de lombrifiltro. Por tal motivo se concluye que el tratamiento con lombrifiltro presenta beneficios en la remoción de la carga orgánica de un efluente industrial, lo que conlleva a inferir que los datos reflejados por ellos, nos ayudarán a obtener resultados favorables en nuestra investigación.

Ahora bien la investigación realizada por Bravo (2019), el objetivo de su investigación está enfocada en el diseño y evaluación para el uso del lombrifiltro con una alternativa ecológica donde empleará un biofiltro a escala de laboratorio y le permitirá una adecuada reducción en los parámetros de DBO₅ y DQO generados por los efluentes industriales para el tratamiento de los residuos líquidos industriales generados por el proceso de producción de sus industrias

ubicadas en Pargua-Chile (Puerto de Montt). La metodología utilizada fue de tipo aplicada, ya que diseñaron y construyeron un lombrifiltro a escala de laboratorio con la finalidad de analizar la factibilidad económica que ayudará a la producción e instalación de su biofiltro a escala industrial. Podemos verificar que en su proceso de diseño utilizó primero y segunda capa basada de piedras de diferentes tamaños, la tercera constituida de arena y para finalizar una capa constituida de un medio para lombrices con parte de aserrín y tierra de hoja en donde se habitan los organismos. Mediante su investigación se pudo concluir lo siguiente, se obtuvieron reducciones en los parámetros de DBO_5 en un 77% y 60%, DQO en un 78% y 58% y sólidos suspendidos totales en un 98% y 97% de los residuos líquido industrial, diluido y no diluido, respectivamente, Por tal motivo, el objetivo de su proyecto se ha logrado con claridad, ya que mediante su aplicación se logró obtener resultados óptimos. Por lo tanto, se evidencia una factibilidad económica para instalar el sistema de tratamiento a escala industrial y los datos obtenidos se verán reflejados en nuestra investigación.

La investigación realizada por Ramírez (2021), el objetivo de su investigación se basa en la posibilidad y perspectiva técnica y económicamente viable para una planta destinada a la producción de humus elaborado a partir de efluentes provenientes de la industria láctea ubicada en la provincia de Imbabura-Ecuador. El enfoque empleado en su proyecto es mixto, es decir, cuantitativo mediante la colección de los datos descifrados con estadísticas, y cualitativo con la recogida de información de diversas fuentes bibliográficas. Todo ello con la finalidad de poner en claro y tasar la viabilidad y factibilidad técnica y económica, los efluentes industriales generaron fueron tratados por biofiltros. Mediante su sistema de tratamiento logra obtener un resultado cerca de un 95%, con base a la disminución de los parámetros de DBO_5 95,7 %, DQO 95,7%, SST 95%; cumpliendo con los límites ambientales de referencia del Ecuador y accediendo a reutilizar el agua tratada para el uso agrícola de la zona. Cabe indicar que la inversión para desarrollar el sistema de tratamiento fue de \$ 119 000,00, el cual contiene los gastos de instalaciones en su totalidad, diseño de infraestructura y análisis correspondientes, obteniendo un VAN 784,52\$ y una TIR 18%. De esta

forma se concluye que la implementación del sistema de tratamiento Toha es factible en aspectos técnicos y económicos.

Lara y Ruchi (2022), realizaron su investigación basándose en la evaluación del lombrifiltro donde realizaran el tratamiento de las aguas residuales industriales provenientes de las industrias ubicadas en la Provincia de Pichincha – Ecuador. El objetivo de su investigación es la de evaluar la utilidad de un lombrifiltro para el tratamiento del agua residual industrial. La metodología que utilizaron en su investigación fue mediante una medición de campo que se dio de forma experimental multiparamétrica destinada a asegurar el tratamiento de aguas residuales, de igual manera estudiaron el desempeño del sistema Tohá para tratar prototipos de afluentes a escala de laboratorio. Ambos sistemas se corrieron en las mismas condiciones y se probó su desempeño en condiciones óptimas y adversas. Además, al analizar los beneficios y costos asociados con la implementación posterior del proyecto, se concluyó que, en condiciones óptimas, el sistema tenía una eficiencia del 81% para la materia orgánica y más del 90 % para la eliminación de nutrientes. Sin embargo, los resultados obtenidos están relacionado el tiempo de retención hidráulica y también a que el afluente tiene que pasar primero por un proceso de desengrasado antes del lombrifiltro, de lo contrario el sistema será bloqueado y estropeará el tratamiento y provocará la muerte de los organismos. Para equilibrar la carga de contaminación y proporcionar condiciones suficientes para las lombrices, se debe usar un tanque de homogeneización, lo que lleva a inferir que los datos reflejados por la investigación ayudaran a obtener mejores resultados en nuestra investigación.

Mendoza (2021), realizo su investigación basada en analizar diferentes tipos de biofiltros que se aplican para tratar las aguas residuales domésticas, con el objetivo de comparar diferentes biofiltros y sustratos a emplear para lograr tratar las aguas residuales domésticas mediante revisión bibliográfica. La metodología utilizada fue la revisión de la literatura que permite Recopilar y analizar la información de aplicabilidad del biofiltro en la remoción de los principales contaminantes del lixiviado, concluyendo lo siguiente Los biofiltros son prometedores como alternativa a la desinfección física y química de las aguas

residuales, y el diseño propuesto ayudará a reducir la contaminación ambiental. Teniendo un aporte viable para nuestra investigación.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

López y Torres (2021), realizaron su investigación basada en diseñar biofiltros empleando la especie *Eisenia Foetida* para el tratamiento de aguas residuales que se vierten en las lagunas de oxidación ubicada en Nuevo Chimbote-Perú, el objetivo de estudio de dicha investigación es la remoción de agentes contaminantes de las aguas residuales mediante la aplicación del biofiltro de lombrices, la metodología que utilizada fue de tipo experimental, ya que diseñó y construyó biofiltros para poder tratar las aguas residuales industriales. Los resultados obtenidos fueron muy favorables en los parámetros a investigar fueron el DBO₅ logrando reducir hasta el 95,80%, seguido del DQO con una reducción del 97,60% en su composición. Por tal motivo, se evidencia que el sistema biofiltro es viable para el tratamiento de efluentes domésticos.

Cáceres et al. (2021), realizaron investigación basada en la eficiencia de *Eisenia foetida*, *Eichornia Crassipes* e hipoclorito de calcio para la depuración de aguas residuales domésticas ubicadas en Moquegua, Perú, el objetivo fue de su investigación fue la de comparar tres sistemas de depuración de aguas residuales domésticas con *Eisenia foetida*, *Eichornia crassipes* e hipoclorito de calcio. El método de investigación fue experimental, enfoque cuantitativo, nivel explicativo. En consiguiente, se tomaron muestras de agua residuales domésticas para lograr analizar los parámetros físicos (temperatura y STS), químicos (pH y DBO₅) y microbiológicos (coliformes termotolerantes), en primer lugar, se analizaron muestras no tratadas, los efluentes fueron analizados cada uno con dos repeticiones, aplicándose el análisis de varianza (ANOVA) como prueba estadística y la prueba de Tukey. Mediante los datos analizados se concluye lo siguiente, los resultados obtenidos mostraron que existen diferencias significativas entre los sistemas de depuración propuestos, determinándose como el más eficiente al conformado por *E. foetida* + *E. crassipes*, con un descenso medio de 5 °C, 94,48% de STS, 98,41% de DBO₅., 100% de coliformes

termotolerantes, también se logra obtener un pH final de 7,51 el cual es óptimo para el proceso.

Ahora bien, la investigación realizada por Maza (2017), se basa en la aplicación del lombrifiltro con el objetivo de mejorar la calidad de las aguas residuales, determinando los parámetros fisicoquímicos, la tecnología empleada en el tratamiento es de tipo biológico, puesto que se utiliza una población de lombrices de la especie (*Eisenia foetida*) y un medio poroso de grava con distintos tamaños, denominándose Lombrifiltro. Para el desarrollo de la presente investigación se usó un diseño no experimental longitudinal con toma de muestras cada tres días durante el proceso de tratamiento, así mismo, se realizó un muestreo simple para determinar los parámetros Fisicoquímicos de la calidad del agua, como fueron turbidez, SST, Temperatura, pH, DBO₅ y DQO. Se concluyó que el sistema de tratamiento lombrifiltro mostro ser muy eficiente en la mejoría de los parámetros de la calidad del agua residual, se obtiene una remoción de la carga contaminante, se logra una reducción de la turbidez en 94,19%, así mismo se obtiene una reducción del DBO₅ en 87,21%, a su vez la reducción del DQO hasta un 85,78 %, así también , mostró un pH promedio de 7,61 siendo una reseña pasable para vertimiento de efluentes industriales, también se efectuó la determinación de los SST antes y luego del tratamiento, al examinar se tuvo una referencia de 160 mg/L reduciéndose a 63 mg/L después del procedimiento.

Así mismo, Mitma (2017), realizó su investigación basada en el efecto del sistema de lombrifiltro con el objetivo de obtener la reducción de DBO₅ y DQO de los efluentes domésticos ubicado en el distrito de Moche-Perú. Este sistema cuenta con un filtro constituido de tres capas; lombrices y humus (*eisenia foetida*), grava y aserrín. El diseño experimental es unifactorial, con una muestra de 60 litros tomadas de la primera laguna de oxidación, el método estadístico utilizado para el procesamiento de datos fue el ANOVA mediante el cual se afirmaron la hipótesis alterna, donde los tratamientos son diferentes. Se realizo la caracterización del efluente antes de realizar el tratamiento, de este modo se verifica la concentración de DBO₅ y DQO, durante el tratamiento la materia orgánica es retenida en la primera capa siendo el alimento de las lombrices quienes se encargaron de consumirla. En conclusión, El tratamiento logro un

mejor resultado en la remoción en el primer tratamiento contando con un caudal de 50 mL/min, obteniendo los siguientes porcentajes 83,87% y 72,43% en DBO₅ y DQO respectivamente. Estos resultados no alcanzan en el cumplimiento de la norma de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Finalmente, Romero (2022), realizó su investigación con el objetivo de determinar la efectividad del sistema Tohá, con el que busca el tratamiento de aguas residuales provenientes del matadero municipal de Bagua aplicando lombrifiltro compuesto por lombrices rojas de California (*Eisenia foetida*) y lombrices de tierra (*Lumbricus terrestris*), La metodología de estudio incluye un diseño pre - experimental: la muestra (agua residual líquida) se pasa a través de dos lombrifiltro, separados con el mismo estímulo y 2 mediciones diferentes, así como la evaluación de parámetros fisicoquímicos clave. Mediante el sistema de lombrifiltro se evaluó 8 parámetros físicos y químicos como sólidos sedimentables (mg/l), sólidos suspendidos (mg/l), DQO (mg/l), DBO₅ (mg/l), nitratos (mg/l), pH, etc. obteniéndose resultados favorables tanto en la reducción como en el proceso de construcción del lombrifiltro, siendo una tecnología eco amigable con el medio ambiente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Lombrifiltro

Según Cárdenas (2018) el lombrifiltro representa una alternativa distinta para el tratamiento de las aguas residuales industriales o municipales, el cual emplea una capa de aserrín como medio de retención de la carga orgánica presente en los efluentes la cual es consumida por las lombrices californianas evitando la saturación del medio filtrante; para no dañar el proceso es necesario mantener ciertas condiciones en su operación. Al mantener el suministro de agua residual correcto y el sistema funcione de manera correcta, este manifestara una reducción óptima del DBO₅ y DQO de los efluentes tratados.

2.2.2. Condiciones óptimas de operación

Según Bravo (2019) las condiciones óptimas para la operación del sistema son aquellas que favorecen al componente biológico (*Eisenia Foetida*) compuesto por las lombrices, dichas condiciones pueden estimular o inhibir la actividad reproductiva de las lombrices así como alargar o disminuir su ciclo evolutivo; entre las condiciones ideales se encuentran una temperatura de 20°C, presencia de oxígeno, pH neutro, luminosidad baja y la más importante una humedad no mayor al 85% debido a que afecta directamente a las lombrices.

Asimismo, Salazar (2005) sostiene que las condiciones de habidad de las lombrices californianas fluctúan entre un rango de 15°C y 24°C, pH entre 6,5 y 7,5 y la humedad entre los rangos de 70% a 80%, reafirmando lo antes mencionado.

2.2.3. Reducción de la DQO y DBO₅

Barboza (2010) menciona que la reducción final de los valores de DBO₅ y DQO dependen mucho de los valores iniciales al ingreso del tratamiento y del tratamiento que fue aplicado. Con el fin de obtener los valores exigidos por la legislación vigente para su uso o vertimiento. Dicho esto, la reducción de DBO₅ y DQO se manifiesta en el incremento de oxígeno que es utilizado para los procesos aerobios del efluente.

2.2.4. Reducción de carga orgánica por medio del lombrifiltro.

El uso del lombrifiltro para la reducción de materia orgánica según Martínez (2012) es debido a las actividades y relación de simbiosis entre la *Eisenia Foetida* y los microorganismos aerobios que acelera y producen una mejora en la descomposición de materia orgánica por la función de catalizadores biológicos que cumplen las lombrices.

Asimismo, Arenas y Nuncira (2010) que la reducción de materia orgánica también tiene relación a los procesos químicos que ocurren por efecto de los microorganismos desnitrificadores, los cuales cumplen el papel de descomponer de DBO₅, todo esto debido a la acción de las lombrices y la disponibilidad de

oxígeno disuelto; que crean las condiciones óptimas para los microorganismos, que absorben el CO₂ resultante para la síntesis de nuevas células.

2.2.5. Carga contaminante

Según Martínez y García (2011) es la cantidad de un compuesto contaminante que están presentes tanto en el suelo, agua o atmósfera; o también es representado por la cantidad vertida en una unidad de tiempo.

2.2.6. Sustrato

El sustrato cumple una función muy importante como medio de soporte de microorganismos y plantas, este medio también actúa como medio filtrante en el cual se retienen los sólidos suspendidos que posteriormente son degradados por las lombrices y microorganismos presentes en él. (Romero et al., 2009).

2.2.7. Parámetros físico-químicos

OEFA (2014) menciona que los parámetros físico-químicos representan las propiedades físicas y una extensa información de la naturaleza química del agua, esta no aporta la influencia en la vida acuática; para el suministro de información de influencia en vida acuática se utilizan métodos biológicos; por tal motivo se recomienda usar ambos métodos para una certera evaluación del recurso hídrico.

2.2.8. Aguas residuales

OEFA (2014) define las aguas residuales como aguas con procedencia y composición diversa las cuales provienen de las descargas municipales, industriales, domésticas, etc. También se refiere a las aguas residuales como la mezcla de todas ellas.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Biofiltro (lombrifiltro)

Según Liberio y Vasconez (2020), el lombrifiltro es un método utilizado para el tratamiento de las aguas residuales, el cual hace uso de lombrices (*Eisenia*

Foetida) las cuales debido a sus capacidades físicas permiten que se realice una eficiente reducción de materia orgánica y agentes patógenos; el lombrifiltro está compuesto por lechos filtrantes que contienen distintos materiales por los cuales atraviesan el agua residual.

Asimismo, Bravo (2019) menciona que el lombrifiltro opera con dos componentes fundamentales uno biológico activo compuesto por las lombrices y otro inerte donde están presentes los materiales porosos; debido a la gravedad el efluente atraviesa las capas obteniendo el efluente tratado.

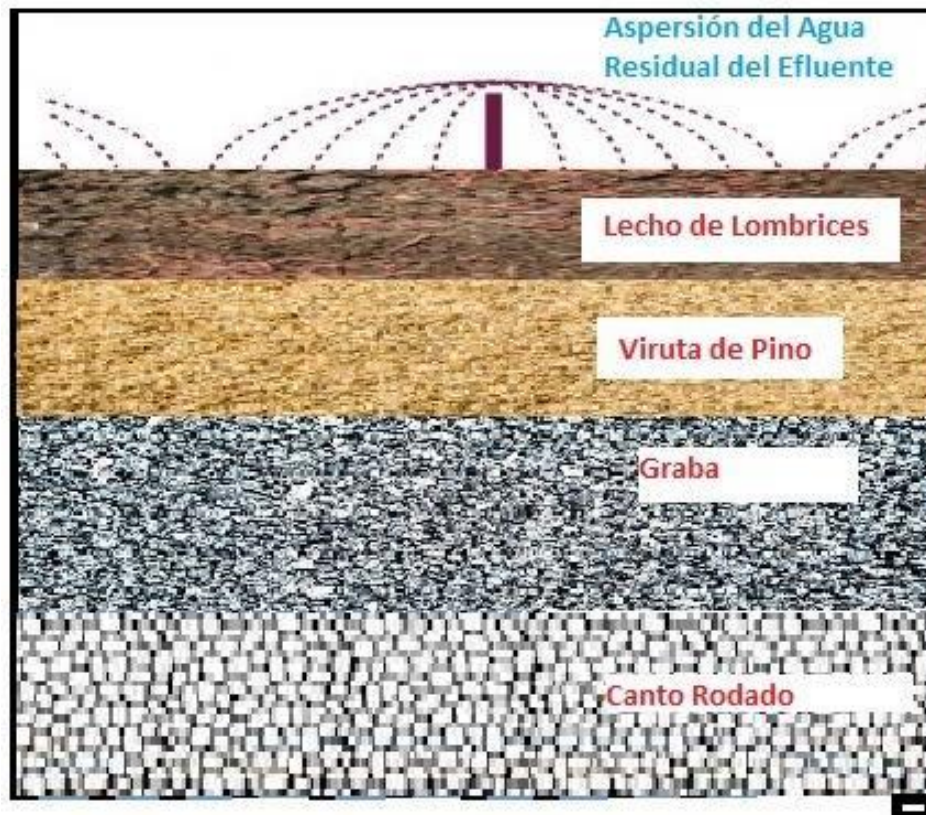
La reducción de parámetros no deseados es producida por las lombrices las cuales consumen aproximadamente la mitad de su peso en materia orgánica presente en los efluentes, lo cual se representa en la reducción del DQO, DBO₅ y SST; el lombrifiltro se caracteriza por no generar malos olores y tener un bajo costo de inversión y mantenimiento, obteniendo aguas aptas para riego Bravo (2019).

2.3.2. Características de diseño lombrifiltro

Según Bravo (2019) el lombrifiltro está compuesto por 4 capas, cada una de un material distinto; la primera compuesta por tierra que sirve como lecho para las lombrices, la segunda una capa de arena fina, la tercera y cuarta a base de gravilla y rocas de distintos tamaños.

Asimismo, Quezada (2001), menciona que el lombrifiltro tiene 3 capas y una de lombrices (*Eisenia Foetida*) la cual mantiene las 2 capas inferiores, pero las 2 capas superiores están compuestas por viruta-aserrín y una capa biológica.

Imagen 1: Modelo de diseño lombrifiltro



El efluente industrial ingresa al sistema mediante goteo, dando inicio al tratamiento de las aguas residuales.

La primera y segunda capa compuesta por aserrín y viruta sirve como filtro de materia orgánica y a su vez como medio de soporte del lecho de lombrices, dichas capas en conjunto tienen una altura que varía de los 20 cm a los 45 cm las cuales están separadas por una malla raschel 80 la cual sirve como medio de contención del aserrín; según Salazar (2005) esta capa puede servir como alimento de la población de lombrices en el caso que el efluente no contenga una carga orgánica elevada.

La tercera y cuarta capa están compuestas por grava y canto rodado con una altura aproximada de entre 25 cm a 30 cm, las cuales están divididas de las 2 primeras capas por una malla raschel 80; según Salazar (2005) estas tienen la finalidad de drenaje del efluente tratado y la aireación del sistema, teniendo la particularidad de la formación de flora bacteriana dirigida por la materia orgánica contenida en el agua drenada de las capas superiores.

2.3.3. Acción de Eisenia Foetida en el Lombrifiltro

Según Bravo (2019) el mecanismo de acción de la Eisenia Foetida dentro del sistema de lombrifiltro está dividido en 4 acciones principales; las cuales son:

Molienda de materia orgánica

La ingesta de la materia orgánica por la Eisenia Foetida, se da en un orden de 2-4 micrones; las cuales ingresan al intestino para la acción enzimática.

Acción enzimática sobre la materia orgánica

Las lombrices secretan diferentes enzimas tales como celulasa, amilasa, lipasa, entre otras, las cuales realizan la conversión bioquímica de la materia orgánica, específicamente los materiales proteicos y celulósicos; también realizan la digestión de agentes patógenos, para posteriormente ser depositados con los minerales y flora microbiana propia del suelo.

Simbiosis entre Eisenia Foetida y microorganismos descomponedores

La materia orgánica ingerida por las lombrices es excretada al medio como nitrógeno (N) y fósforo (P), los cuales son utilizados por microorganismos descomponedores como actinomicetos, protozoos y hongos presentes en el suelo; dicha interacción entre los microorganismos y las lombrices se da de manera sinérgica y simbiótica en la aceleración de descomposición de materia orgánica.

Humificación de efluente tratado

El efluente tratado mediante el sistema de lombrifiltro es humificado, esta reacción está dada por la transformación de las partículas orgánicas de tamaño mayor en complejos coloidales que contienen materiales fenólicos; el total de materia orgánica convertida en humus es un aproximado un cuarto del total.

2.3.4. Normativa legal

La presente investigación se encuentra dentro del marco normativo ambiental y sectorial que se detalla a continuación:

Constitución Política del Perú

Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente, menciona en el numeral 113.1 que toda persona sin importar el origen de su naturaleza jurídica, tiene el deber de participar en la prevención, control y recuperación de la calidad ambiental. En el numeral 113.2, también se mencionan objetivos a nivel de gestión ambiental ligada a la calidad; entre los cuales están:

La preservación, conservación y restauración, de los componentes del ambiente tales como la calidad de suelos, del agua y del aire,

- Promoción de la investigación científica y tecnológica.
- También menciona en el artículo 123, que la orientación de las investigaciones científicas
- , están enfocadas de forma prioritaria a prevenir y proteger la salud ambiental.

Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos menciona en los artículos 79 y 82, lo siguiente:

- Artículo 79°. – Sobre el cumplimiento en el vertimiento del agua residual, establecidos los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua.
- Artículo 82°. – establece que, mediante el consejo de cuenca, la autoridad nacional, autoriza la reutilización del agua residual, según el fin que tenga como destino, esto previa coordinación con la autoridad sectorial competente.

Decreto Supremo N° 013-2009-MINAM, el cual aprueba la Política Nacional del Ambiente, la cual en el eje de política 2 contiene como punto la “Gestión Integral de la Calidad Ambiental”, mediante la cual tiene como objetivo el impulsar una calidad adecuada de los cuerpos de agua presentes en el país mediante la minimización de riesgos a la salud y al medio ambiente.

Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM, establece los límites máximos permisibles para los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

Estándares de calidad ambiental, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) indica que son las medidas que establecen el nivel de concentración o de grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiental.

2.4. Definición de términos básicos

Aguas residuales

Según Candela (2016), nos menciona que son aguas resultantes de un proceso o actividad productiva las cuales han sufrido un deterioro debido al efecto de algún agente contaminante.

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Según Capelo (2022), nos menciona que es una Infraestructura en la cual se realizan procesos físicos o químicos mediante los cuales se depuran las aguas residuales domésticas o industriales.

Efluentes Industriales

Residuos Líquidos, generado de las actividades de producción los cuales son dispuestos en cuerpos receptores, tales como el suelo, fuentes de agua superficial o subterráneas, Calvo (2021).

Contaminación

Según Calvo (2021) nos menciona que es el Cambio no deseado de las propiedades físicas, químicas o biológicas, que pueden generar daño al medio ambiente o seres vivos.

Contaminante

Según Capelo (2022) nos menciona que es una Sustancia química o biológica, que al incorporarse a un medio puede ocasionar daños al mismo debido al aumento de su concentración.

Demanda Bioquímica de Oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno o DBO₅, según Yucra (2016) es la cantidad requerida de oxígeno por los microorganismos presentes en el medio aerobio para la estabilización de la materia orgánica presente; esta unidad tiene una representación indirecta de la concentración de materia orgánica presente en el efluente.

Demanda Química de Oxígeno

“Cantidad de oxígeno en mg/l consumido en la oxidación de las sustancias reductoras que están en el agua”. Huerta y Pacheco (2020).

Relación entre DBO₅ y DQO

Según (Hernández, 1992) la relación entre DBO₅ y DQO es una aproximación cuantitativa referida a la relación de la DBO₅ y el DQO con referencia a la biodegradabilidad de todo efluente. Asimismo, Cisterna y Peña (2014) afirma que cuando la relación entre el DQO y DBO₅ es $(DQO/DBO_5) < 2,5$ el efluente es biodegradable pudiéndose utilizar diversos sistemas de origen biológico.

pH de aguas residuales

Es la expresión utilizada para indicar la intensidad de las situaciones ácidas o básicas de un cuerpo o muestra de agua. Por convención está determinado como: “pH = -log [H+]”. Se sabe que por análisis químico el pH siempre se encontrara en una escala de 0 a 14. Maza (2017).

Tiempo de retención hidráulica

Según Céliz (2019) nos menciona que es el lapso de tiempo en que permanece el efluente en el lombrifiltro, en otras palabras, el tiempo que un fluido que ingresa en lombrifiltro demora en salir del mismo.

Cuerpo receptor

según Rodas (2017), nos menciona que es el componente que recibe las descargas o agente contaminante productos de una actividad económica o social.

Descontaminación

López y Quispe (2021) nos mencionan que es la Remoción o eliminación de agente contaminante, producto de una acción para la reducción del mismo.

Material orgánico

Liberio y Vasconez (2020) manifiesta que el material orgánico son productos de la excreta de material fecal de seres humanos o animales, también provenientes de restos de comida y algunos productos de limpieza; este material orgánico este compuesto por proteínas, carbohidratos, aceites, grasas en un 90%. El material orgánico es biodegradable por los microorganismos presentes en las aguas residuales y estimulados por las condiciones del medio.

Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es un invertebrado de cuerpo cilíndrico, alargado, en su estado adulto este invertebrado llega a medir entre 5 a 6 mm, son sensibles a la luz, la exposición a los rayos solares por un corto periodo de tiempo los podría matar. Posee unas glándulas especiales en el estómago que una vez ingeridos los alimentos segregan carbonato de calcio con el fin de neutralizar los ácidos de lo ingerido para posteriormente excretarlos. Liberio y Vasconez (2020).

Reaprovechamiento

El (Ministerio del Ambiente, 2012) define el reaprovechamiento está referido a un proceso mediante el cual se obtenemos un beneficio de un elemento el cual constituye un residuo; entre las técnicas de reaprovechamiento se tienen la reutilización.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis general

El tratamiento con lombrifiltro influye significativamente en la reducción de DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería, 2022.

Hipótesis específica

- Las características de diseño del lombrifiltro influye en la reducción de DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería.
- El pH en 7 – 7,5 es óptimo para la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería.
- El tiempo de retención hidráulica de 12h y 24h (TRH) del lombrifiltro influye en la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería.

3.1.1. Operacionalización de variables

Tabla 1: Matriz de operacionalización de las variables.

| TRATAMIENTO CON LOMBRIFILTRO PARA LA REDUCCIÓN DE DQO Y DBO ₅ DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE CONFITERÍA, 2022 | | | | | | | |
|--|---|---|---|-----------------------------|------------------|-------------------------------|--------|
| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIÓN | INDICADORES | UNIDAD | TÉCNICA | MÉTODO |
| Independiente: Tratamiento con lombrifiltro | El lombrifiltro es un método alternativo para el tratamiento de aguas residuales con respecto a los tratamientos convencionales, este sistema de tratamiento utiliza microorganismos y lombrices californianas en el proceso por lo que precisa conservar ciertas condiciones operacionales para evitar cualquier daño en el mismo. La clave en el correcto funcionamiento de este sistema se encuentra en su correcto sistema de alimentación de agua residual. El sistema de alimentación para lombrifiltro en diferentes escenarios de producción de aguas residuales provenientes de una fuente constante, una industria y un municipio. Cárdenas (2018). | El tratamiento por lombrifiltro es un método biológico utilizando como medio filtrante de remoción de la carga orgánica el aserrín cuyo espesor es fundamental para su óptimo funcionamiento, el aserrín funciona también como el medio de sustento de las lombrices cuya actividad biológica utiliza la carga orgánica retenida en el aserrín como alimento y no permitir que se sature el medio filtrante, esta acción del lombrifiltro reduce la concentración de DBO ₅ y DQO de los efluentes, mantener un pH adecuado y un TRH suficiente, permite tener una población saludable de lombrices en el sustrato y mantener un rendimiento óptimo del lombrifiltro. | pH de las aguas. | pH 1= 7 pH 2= 7,5 | Acido/base | Observacional experimental | |
| | | | Tiempo de retención hidráulica (TRH) del lombrifiltro. | TRH 1 = 12 TRH 2 = 24 | Horas | | |
| | | | Características de diseño lombrifiltro. | Altura de aserrín | cm | | |
| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIÓN | INDICADORES | UNIDAD | TÉCNICA | |
| Dependiente: Reducción de la DBO ₅ y DQO | Efluente industrial de una planta de confitería es el resultante de la actividad de producción, en el caso de los efluentes de una planta de confitería contienen gran carga orgánica la cual debe ser tratada antes de su eliminación o reutilización, debido a que si no cuenta con un tratamiento debido podría generar un impacto significativo al medio ambiente. | Estimación de rendimiento de la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno. Aguilar (2015). | Concentración DBO ₅ Y DQO antes y después del tratamiento. | DQO DBO ₅ | mg/l mg/l | Observacional experimental | |

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

La presente investigación fue de tipo **aplicada, enfoque cuantitativo, el nivel explicativo** porque se estimuló el tratamiento con lombrifiltro para poder medir el efecto en la variable dependiente (reducción de DQO y DBO₅) se evaluó la concentración de DBO₅ y DQO para lo cual se realizaron 24 análisis de concentración en mg/L por cada parámetro, (Ñaupas et al., 2014).

4.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada, basada en resultados obtenidos de las pruebas realizadas con los prototipos a nivel escala de lombrifiltros, presentando un enfoque cuantitativo haciendo uso de métodos cuantitativos en la recolección de datos de las distintas unidades de análisis tales como el diseño del sistema, pH y TRH; teniendo un nivel de investigación explicativa al probar las hipótesis con diseños experimentales orientados a resolver uno de los principales problemas a nivel país como son los vertimientos de efluentes industriales sin tratar a los distintos cuerpos receptores; tomando en cuenta lo que dice Ñaupas et al., (2014) referente al tipo de investigación aplicada que está orientada a resolver los problemas sociales de una comunidad, región o país, como los problemas de salud, contaminación ambiental y educación.

4.1.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación fue experimental (cuasi - experimental). Es un diseño que trabaja con grupos ya formados, no aleatorizados, por tanto, su validez interna es pequeña porque no hay control sobre las variables extrañas. Estos diseños se aplican a situaciones reales en los que no se pueden formar grupos aleatoriamente, pero pueden manipular la variable experimental (Ñaupas et al., 2014). Se manipuló la variable independiente (tratamiento con lombrifiltro) para evaluar su efecto en la variable dependiente (reducción de DBO₅ y DQO).

4.2. Método de investigación

El método de investigación aplicado fue hipotético-deductivo, el cual consistió en buscar refutar o falsear las hipótesis planteadas con respecto a los resultados de

la presente investigación, deduciendo conclusiones que se confrontaron con los resultados obtenidos en campo; este tipo de método también es señalado por (Bernal,2010) en el cual afirma lo expuesto.

a. Plan del diseño de investigación

El plan del diseño de investigación consistió en el planteamiento de los procedimientos a desarrollar para el cumplimiento de los objetivos de esta investigación.

Acondicionamiento del efluente industrial

El proceso de acondicionamiento de efluente industrial consto en el control de la temperatura y algunas características físicas del mismo, previo a un proceso de sedimentación de solidos de mayor tamaño.

Control del pH inicial.

El control de pH fue uno de los procedimientos más importantes debido a que los efluentes provenientes de la planta de confitería presentaban un pH ácido en un rango de 4- 5,4 debido a la cantidad de insumos químicos presentes en la producción de dulces.

Toma de muestras DBO₅ y DQO antes de tratamiento.

La toma de muestras se dio de manera aleatoria, teniendo en cuenta que se procedió mediante los procedimientos del manual de monitoreo.

Control de TRH

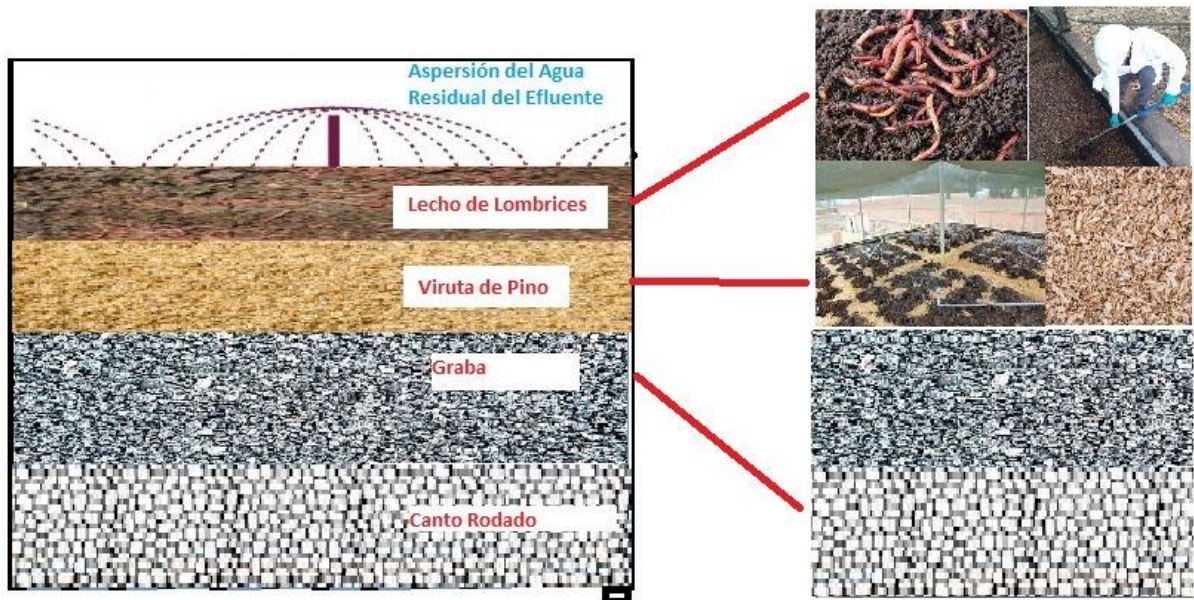
El control de TRH se dio en referencia a las muestras tomando en cuenta el tiempo de retención hidráulica de 12 horas y 24 horas, para los tratamientos de efluentes industriales.

Tratamiento del efluente industrial mediante lombrifiltro

El tratamiento se dio mediante el uso de 3 sistemas de lombrifiltro los cuales presentaban diferencias en el diseño y a su vez alimentados en un tiempo de 12 y 24 horas de acuerdo a los TRH mencionados con anterioridad; cabe resaltar

que el diseño de lombrifiltro cuenta con una capa biológica, una capa de sustrato (aserrín) y capa filtrante de graba y piedras de río.

Imagen 2: Modelo de diseño lombrifiltro



Fuente propia

Toma de muestras DBO₅ y DQO después de tratamiento

La toma de muestras se dio de acuerdo a la guía de monitoreo.

Control del pH final después de tratamiento.

Posterior al proceso de tratamiento del efluente mediante el lombrifiltro, se procedió a la medición del pH final con el fin de verificar el buen funcionamiento del sistema de lombrifiltro.

Llenado de fichas de campo

El llenado de Fichas de Campo se realizó antes y después del proceso de tratamiento y análisis de muestras en el laboratorio.

Análisis de muestras en laboratorio.

El análisis de muestras se dio posterior a la movilización de las mismas al laboratorio siguiendo las técnicas de análisis ya establecidas.

Llenado de ficha de resultados.

Posterior al análisis de muestras en laboratorio se procedió al llenado de las fichas con los resultados obtenidos en las pruebas de DBO₅ y DQO.

Análisis de los resultados obtenidos

El análisis de resultados se dio mediante el uso del programa Mini Tab 19.

b. Diseño experimental

Para esta investigación se adoptó un diseño análisis de datos 24 muestreos. Los factores son Lombrices, Diseño, pH y TRH cada uno con su ingreso sin tratamiento y salida con tratamiento, el diseño utilizado fue factorial completa 3x2 debido a que el factor de lombrices fue constante.

Tabla 2: Matriz de arreglo experimental con diseño factorial.

| LOMBRICES 100 u/kg | DISEÑO | pH | | | |
|--------------------|--------|-------|-----|---------|-----|
| | | 7 TRH | | 7,5 TRH | |
| | | 12H | 24H | 12H | 24H |
| | 15 | | | | |
| | 30 | | | | |
| | 40 | | | | |

Fuente propia

El porcentaje de reducción (*PR*) de los contaminantes se determinó mediante comparación de sus mediciones inicial y final para cada prueba experimental, utilizando la siguiente ecuación:

$$PR = \frac{C_i - C_f}{C_i} 100$$

donde:

PR: Porcentaje de reducción.

C_i : concentración inicial del contaminante (mg/L)

C_f : concentración final del contaminante (mg/L)

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población correspondió al efluente proveniente de una planta de confitería, la cual está ubicada en Chancay; así mismo Ñaupas et al., (2014) menciona que la población se constituye por un conjunto de factores que constituyen la unidad de la investigación.

4.3.2. Muestra

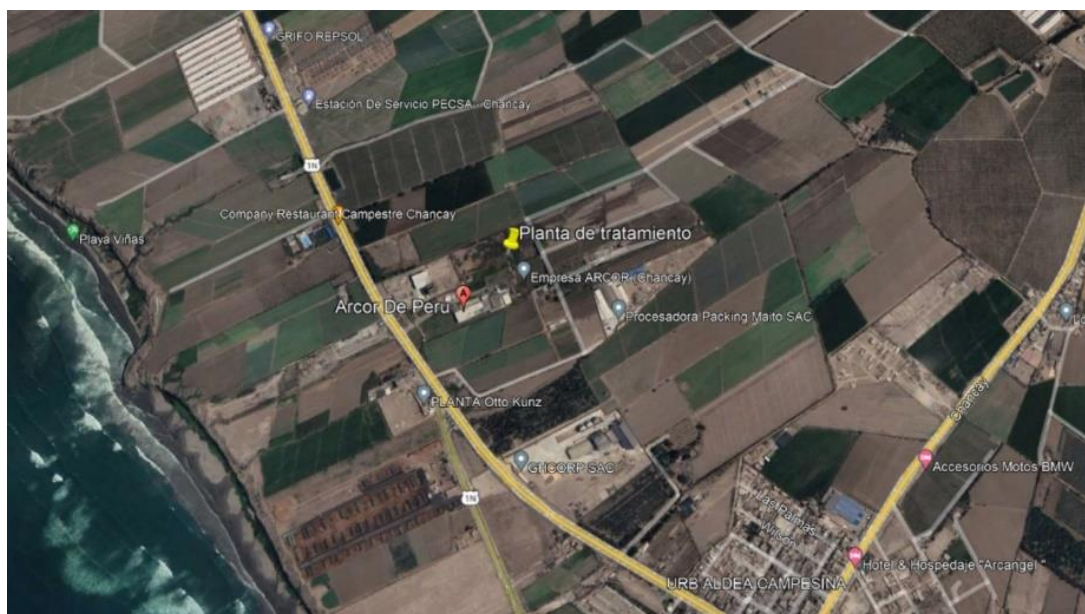
La muestra correspondió a 90 litros (por ensayo) del efluente por análisis proveniente de una planta de confitería. (Ñaupas et al., 2014) al referirse a la muestra nos indica que es parte seleccionada de una población o universo sujeto a estudio, y que reúne las características de la totalidad; al contar con una población infinita se optó por el muestreo por conveniencia.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

4.4.1. Lugar de estudio

Las muestras de efluente provinieron de una planta de confitería, en la provincia de Chancay, departamento de Lima, el prototipo fue ubicado en un taller adaptado en el distrito de chancay cerca a la empresa de confitería.

Figura 1: Ubicación de la planta de confitería.



Fuente: Google EARTH.

4.4.2. Periodo desarrollado

La presente investigación se desarrolló desde el 4 de Julio del 2022, conforme se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3: Programa de ejecución de investigación.

| Parte experimental | | |
|--|---|--------------------------|
| ACTIVIDAD | DESCRIPCIÓN | FECHA |
| Construcción de modelo escala lombrifiltro. | El proceso de construcción del lombrifiltro se dio al analizar y recolectar información bibliográfica contenida en artículos científicos y tesis. | 04/07/2022 al 07/07/2022 |
| Adecuamiento de lecho filtrante y aclimatamiento de lombrices. | Este proceso fue sumamente importante debido a que se debía mantener el aserrín, que sirven como lecho filtrante a una temperatura controlada para evitar un estrés térmico de la población de Eisenia Fetida las cuales se desarrollan a una temperatura de entre 15° y 24° C. | 06/07/2022 al 11/07/2022 |
| Toma de Muestras | La toma de muestras de la planta de tratamiento de efluentes industriales se dio progresivamente. | 13/07/2022 al 01/09/2022 |
| Proceso de investigación y manipulación de variables. | La manipulación de variables se realizó en función a la variable independiente. | 14/07/2022 al 02/09/2022 |
| Toma de muestras y análisis en laboratorio. | La toma de muestras de los efluentes tratados se dio de acuerdo a la directiva de muestreo y las muestras fueron llevadas al laboratorio para su posterior análisis de los parámetros establecidos. | 13/07/2022 al 02/09/2022 |
| Procesamiento de datos. | El procesamiento de datos se dio usando el programa MINITAB 19 para su posterior discusión. | 7/09/2022 |

Fuente propia

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

En cuanto a la técnica en la presente investigación se usó la observación experimental.

Para el desarrollo de la parte experimental del trabajo se realizó la construcción de tres lombrifiltro donde adaptamos las condiciones que nos permitieron obtener muestras representativas, que luego fueron analizadas en el laboratorio.

Los trabajos de campo se llenaron fichas de control, los cuales nos sirvieron de seguimiento a los posteriores análisis en laboratorio.

Tabla 4: Fichas técnicas de colección de información en campo y laboratorio.

| Técnica | Instrumento de recopilación de datos |
|----------------|---|
| Observación | Ficha 01: concentración de la DQO y DBO ₅ del efluente antes y después del tratamiento. Ficha 02: Características de diseño del lombrifiltro. Ficha 03: Parámetros de operación (pH y TRH) |

Nota: las fichas se presentan en los anexos.

4.5.1. Técnica de recolección de datos

En campo

Los efluentes industriales provinieron de una empresa de confitería, para obtener las muestras se solicitaron los permisos a la empresa para ello tuvimos que contar con EPP's y contratar un seguro contra riesgos, se procedió a utilizar la ficha 03, se llenó el pH inicial y se recolectaron 90 litros de efluentes que son trasladados a un área donde se encuentra nuestro lombrifiltros y realizaran los ensayos, se cuenta con dos lombrifiltros con diferentes consideraciones de diseño para realizar dos ensayos simultáneos.

Materiales:

Guantes de látex

Mascarillas

Balde de 20 litros

pHmetro.

Imagen fotográfica 1: Toma de muestra inicial de DQO y DBO₅



Fuente Propia.

En taller experimental

Se procedió en adecuar el pH de la muestra a valores de 7 o 7,5 antes de alimentar los prototipos de lombrifiltro, el pH de la muestra en planta de confitería es ácido estando en valores de pH que oscilan de 3 a 5, para la adecuación del pH se utiliza hidróxido de sodio.

Se procedió a llenar las fichas 2 y 3, se realizaron los ensayos de lombrifiltro el ensayo tiene una duración acorde al TRH que se establecieron para el ensayo. Se preparó los envases de toma de muestra para análisis de laboratorio de 125 ml para DQO y 500 ml para DBO₅.

Materiales

Guantes de latex

Envases para toma de muestra

pHmetro

Imagen fotográfica 2: Instalación de lombrifiltro.



Fuente propia

4.6. Análisis y procesamientos de datos

En el laboratorio se trataron las muestras para la determinación de la concentración de DQO y DBO₅ tanto los no tratados, como los tratados y la

muestra control, en campo se midió el pH del efluente antes y después del tratamiento.

Según SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 5210 B. Los métodos que se utilizaron para las mediciones en laboratorio para analizar el efluente residual se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5: Parámetros y Métodos de Análisis – Muestras de aguas residual.

| Parámetros | Métodos de Ensayo | Unidades |
|--|--|---------------------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅). | Prueba de DBO ₅ de incubación 5 días. | mg/l |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | Método de la micro DQO | O ₂ mg/l |

Fuente propia

Análisis de muestras

DQO

Para la determinación de DQO de realizo antes y después del tratamiento para lo cual se requirió los siguientes materiales y equipos:

- Pipetas
- Tubos de ensayo
- Solución digestora
- Ácido sulfúrico concentrado
- Agua destilada
- Espectrofotómetro
- Celdas de cuarzo
- Termorreactor

La medición de DQO de las muestras antes y después del tratamiento se dieron de la siguiente manera:

Se procedió a preparar el blanco tomando 2,5 ml de agua destilada colocándolo dentro del tubo de ensayo y adicionándole 1,5 ml de solución digestora y 3,5 ml de ácido sulfúrico concentrado; para la preparación de la muestra se siguió el mismo procedimiento.

Las muestras se colocaron en el termorreactor durante 2 horas a una temperatura de 150 °c, para posteriormente dejar enfriar.

Imagen fotográfica 3: Análisis de DQO en laboratorio.



Fuente propia

Luego del enfriamiento de las muestras se calibro en cero el espectrofotometro con ayuda del blanco a una longitud de onda de 600 nm; luego de la calibración del equipo se procedió a leer la absorbancia de la muestra y con la curva de calibración se obtuvo la concentración de DQO en las muestras.

DBO₅

La determinación del DBO₅ se realizó mediante análisis de laboratorio antes y después del tratamiento, para lo cual se procedió al etiquetado de las botellas teniendo en cuenta que las muestras fueron triplicadas teniendo como

denominación D1, D2 y D3, agua de dilución, inóculo y patrón (glucosa con ácido glutámico).

Preparación de agua de dilución y aireación del agua de dilución, para posteriormente determinar la necesidad de dilución y realizar la dilución de la muestra se procedió a llenar las botellas de control, inóculo, patrón, y de las muestras empleando un sello de agua.

Se procede a medir la concentración de oxígeno disuelto con ayuda de un electrodo para poder obtener los datos al día cero, posteriormente se llevó a la incubadora a temperatura de 20°C durante 5 días y posteriormente se realizó la medición con ayuda del electrodo.

Imagen fotográfica 4: Análisis de DBO₅.



Fuente propia.

Procesamiento de datos

Para el diseño factorial y la estimación de los coeficientes para la función de respuesta de la de reducción de DQO y DBO₅ se utilizó el diseño factorial completo 3X2 debido a que el factor de las lombrices fue constante y para la construcción de figuras y tablas se utilizó el programa MINITAB 19; así como el análisis de hipótesis de utilizó la prueba Anova para cada una de los factores.

4.7. Aspectos éticos en Investigación

La presente tesis titulada, “TRATAMIENTO CON LOMBRIFILTRO PARA LA REDUCCIÓN DE DQO Y DBO₅ DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE CONFITERÍA, 2022”, los tesisistas señalan que su responsabilidad, autenticidad y confiabilidad con respecto a la autoría de otros estudios, con el código de ética de investigación aprobado por RDU N° 210-2017-CU, así como con la directiva N° 004-2022-R, ambas establecidas por la Universidad Nacional del Callao.

4.8. Características ambientales del área de estudio

Área de estudio

Nuestra área de estudio es en distrito de CHANCAY, provincia de Huaral, departamento de Lima.

Zonificación

El área de estudio está ubicada en el sector de especialización AGRO – HIDRO –ECOLÓGICO PRODUCTIVO (IIB), que tiene un uso mayor agropecuario -productivo.

Medio Físico

• Aspectos Climatológicos y Meteorológicos

El área donde se desarrolla la investigación que es en la ciudad de Chancay se encuentra dentro de la zona de vida Desierto Desecado Subtropical (dd-S). La evapotranspiración potencial total anual para esta zona está entre 32-64 conocida como humedad Desecada.

Temperatura

En esta zona se presenta temperaturas de hasta un valor de 24,8°C. La temperatura mínima media mensual se presenta en el mes de agosto con un valor de 16,4, siendo la temperatura promedio 19,9°C.

Precipitación

En esta zona existe una muy escasa precipitación, siendo los valores encontrados en promedio por debajo de los 3,0 mm/mes.

Humedad Relativa

La humedad relativa media mensual varía entre 65 a 79% según datos del SENAMHI.

- **Capacidad de Uso Mayor de la Tierra**

De acuerdo al reglamento de clasificación de tierras por capacidad de uso mayor, esta zona se considera suelo apto para cultivos permanentes.

- **Geología**

El noroeste de Lima, está constituida por una gran extensión en la que se presentan rocas de basamento formadas por rocas sedimentarias y rocas intrusivas que están en rangos geocronológicos comprendidos desde el mesozoico y cuaternario.

- **Geomorfología**

Geomorfológicamente está ubicada en la franja costera cerca al litoral, con relieves irregulares, con variables unidades geomorfológica producto de la erosión, deposición del río y productos geotectónicos, su origen está muy ligado al levantamiento andino, así como también al aplastamiento por desgaste y colmatación, estas características al final dan que en la zona cercana al litoral es plana y según se avanza al interior se predomina superficies onduladas.

- **Suelo**

El tipo de suelo en el que se ubica el área de estudio es un suelo Fluvisol, Aridosol, Litosol, Yermosol y Xerosol.

- **Hidrología**

El río Chancay nace del nevado de Alcay y una serie de lagunas, al noroeste de la Provincia de Canta. En su parte iniciales toma el nombre de Ragrampi, y luego el de Chancay. Su recorrido es de 110 km. este río es importante para los centros poblados y la ciudad del Distrito de Chancay. Es la fuente de agua de la ciudad que lleva su nombre y la cuenca que se dibuja de su red hidrográfica.

Medio Biológico

- **Flora**

En el interior del área de investigación se han identificado algunas especies de flora. Así como en los alrededores de está, tales como:

Fotografías de Especies de Flora



Geranio (*Pelargonium zonale*)



Cheflera (*Schefflera actinophylla*)



Ponciana (*Caesalpinia Gilliesii*)



Césped (*Cynodon dactylon*)



Cariaquito (*Lantana cámara*)



Margarita Africana (*Arctotheca caléndula*)



Capuchina (*Tropaeolum majus* L.)



Higuera (*Ficus carica* F.)



Aspidistra (*Aspidistra Elatior*)



Oreja de Elefante (*Alocasia Macrorrhiza*)



Acalifa (*Acalypha Wilkesiana*)



Ciruela de Huesito (*Spondias Purpurea*)



Molle (*Schinus Molle*)



Ficus (*Ficus benjamina* L.)

- **Fauna**

En el área de la instalación se encontró presencia de algunas aves como El Huerequeque y la tortolita.

Tabla 6: Especies de Fauna

| Orden | Familia | Nombre científico | Nombre común |
|-----------------|------------|-------------------------------|--------------|
| Charadriiformes | Burhinidae | <i>Burhinus superciliaris</i> | Huerequeque |
| Columbiformes | Columbidae | <i>Streptopelia turtur</i> | Tortolita |
| Passeriformes | Passeridae | <i>Passeriformes</i> | Gorrión |
| Carnivora | Felidae | <i>Felis catus</i> | Gato |

Total, de especies: 04 especies (03 especies de aves y 01 mamífero) se registraron en el área de estudio

Tabla 7: Categorización de Especies Fauna – D.S. N° 034-2004-AG, Lista Roja IUCN y CITES

| Familia | Nombre científico | Nombre común | Categorización de especies | IUCN | CITES |
|------------|-------------------------------|--------------|----------------------------|------|-------|
| Burhinidae | <i>Burhinus superciliaris</i> | Huerequeque | - | LC | - |
| Columbidae | <i>Streptopelia turtur</i> | Tortolita | - | LC | - |
| Passeridae | <i>Passeriformes</i> | Gorrión | | LC | |
| Felidae | <i>Felis catus</i> | Gato | | | |

Evaluación ambiental

El impacto ambiental de nuestra investigación sería considerada positiva al remediar los posibles impactos ambientales que se producirían si los efluentes no tratados se vertieran directamente al suelo o a un cuerpo de agua, el daño reflejado por esta acción se evidenciaría en los medios físicos y biológicos mencionados en los apartados anteriores.

El criterio de control para un sistema de tratamiento de efluentes como el lombrifiltro sería un monitoreo periódico de los efluentes tratados para garantizar mediante los resultados obtenidos el buen funcionamiento del sistema de tratamiento.

V. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de las concentraciones de DQO y DBO₅ obtenidos al analizar los efluentes después del tratamiento con el lombrifiltro de acuerdo a los indicadores propuestos en la presente investigación.

Tabla 8: Resultados experimentales de reducción de DQO.

| Muestra | Ensayo | pH (inicial) | Diseño (cm) | TRH (horas) | DQO-ST* (mg/l) | DQO (mg/l) |
|---------|--------|--------------|-------------|-------------|----------------|------------|
| 1 | | | 15 | | | 816 |
| 2 | 1 | 7 | 30 | 12 | 6797 | 272 |
| 3 | | | 40 | | | 408 |
| 4 | | | 15 | | | 943 |
| 5 | 2 | 7 | 30 | 24 | 9430 | 472 |
| 6 | | | 40 | | | 377 |
| 7 | | | 15 | | | 1267 |
| 8 | 3 | 7,5 | 30 | 12 | 7455 | 313 |
| 9 | | | 40 | | | 291 |
| 10 | | | 15 | | | 899 |
| 11 | 4 | 7,5 | 30 | 24 | 8171 | 163 |
| 12 | | | 40 | | | 245 |
| 13 | | | 15 | | | 1994 |
| 14 | 5 | 7 | 30 | 12 | 11075 | 554 |
| 15 | | | 40 | | | 365 |
| 16 | | | 15 | | | 1108 |
| 17 | 6 | 7 | 30 | 24 | 10075 | 322 |
| 18 | | | 40 | | | 292 |
| 19 | | | 15 | | | 981 |
| 20 | 7 | 7,5 | 30 | 12 | 8171 | 351 |
| 21 | | | 40 | | | 433 |
| 22 | | | 15 | | | 581 |
| 23 | 8 | 7,5 | 30 | 24 | 7262 | 145 |
| 24 | | | 40 | | | 269 |

*DQO-ST: DQO sin tratamiento.

Fuente propia.

Tabla 9: Resultados experimentales de reducción de DBO₅.

| Muestra | Ensayo | pH (inicial) | Diseño (cm) | TRH (horas) | DBO ₅ -ST* (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) |
|---------|--------|--------------|-------------|-------------|------------------------------|-------------------------|
| 1 | | | 15 | | | 647 |
| 2 | 1 | 7 | 30 | 12 | 3233 | 129 |
| 3 | | | 40 | | | 129 |
| 4 | | | 15 | | | 624 |
| 5 | 2 | 7 | 30 | 24 | 4158 | 166 |
| 6 | | | 40 | | | 166 |
| 7 | 3 | 7,5 | 15 | 12 | 3630 | 726 |

| Muestra | Ensayo | pH (inicial) | Diseño (cm) | TRH (horas) | DBO ₅ -ST* (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) |
|---------|--------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|----------------------------|
| 8 | | | 30 | | | 182 |
| 9 | | | 40 | | | 145 |
| 10 | | | 15 | | | 490 |
| 11 | 4 | 7,5 | 30 | 24 | 4452 | 223 |
| 12 | | | 40 | | | 178 |
| 13 | | | 15 | | | 1180 |
| 14 | 5 | 7 | 30 | 12 | 5620 | 225 |
| 15 | | | 40 | | | 337 |
| 16 | | | 15 | | | 875 |
| 17 | 6 | 7 | 30 | 24 | 5470 | 164 |
| 18 | | | 40 | | | 191 |
| 19 | | | 15 | | | 1308 |
| 20 | 7 | 7,5 | 30 | 12 | 5230 | 262 |
| 21 | | | 40 | | | 188 |
| 22 | | | 15 | | | 701 |
| 23 | 8 | 7,5 | 30 | 24 | 3892 | 156 |
| 24 | | | 40 | | | 132 |

*DBO₅-ST: DBO₅ sin tratamiento.

Fuente propia.

En la tabla 5 y 6 se puede apreciar los 24 resultados de DQO y DBO₅ tratados en los 8 ensayos realizados, los diseños de 15, 30 y 40 hacen referencia a los tres lombrifiltro diseñados para realizar la presente investigación.

5.1. Resultados descriptivos

En la siguiente tabla se muestran los resultados.

- Resultados de DBO₅ obtenidos al considerar un diseño con 15, 30 y 40 cm de altura de sustrato (aserrín con lombrices) con un TRH de 12 horas.

Tabla 10: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DBO₅ con TRH 12 y diseño 15 cm.

| Muestra | pH | Diseño (cm) | TRH (hora) | DBO ₅ -ST (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) | % reducción |
|------------|-----|-------------|------------|-----------------------------|-------------------------|-------------|
| muestra 1 | 7 | 15 | 12 | 3 233 | 647 | 80% |
| muestra 7 | 7,5 | 15 | 12 | 3 630 | 726 | 80% |
| muestra 13 | 7 | 15 | 12 | 5 620 | 1 180 | 79% |
| muestra 19 | 7,5 | 15 | 12 | 5 230 | 1 308 | 75% |

Fuente propia.

Tabla 11: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DBO₅ con TRH 12 y diseño 30 cm.

| Muestra | pH | Diseño (cm) | TRH (hora) | DBO ₅ -ST (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) | % reducción |
|---------|-----|-------------|------------|-----------------------------|-------------------------|-------------|
| 2 | 7 | 30 | 12 | 3233 | 129 | 96% |
| 8 | 7,5 | 30 | 12 | 3630 | 182 | 95% |
| 14 | 7 | 30 | 12 | 5620 | 225 | 96% |
| 20 | 7,5 | 30 | 12 | 5230 | 262 | 95% |

Fuente propia.

Tabla 12: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DBO₅ con TRH 12 y diseño 40 cm.

| Muestra | pH | Diseño (cm) | TRH (hora) | DBO ₅ -ST (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) | % reducción |
|---------|-----|-------------|------------|-----------------------------|-------------------------|-------------|
| 3 | 7 | 40 | 12 | 3233 | 129 | 96% |
| 9 | 7,5 | 40 | 12 | 3630 | 145 | 96% |
| 15 | 7 | 40 | 12 | 5620 | 337 | 94% |
| 21 | 7,5 | 40 | 12 | 5230 | 188 | 96% |

Fuente propia.

En los tres cuadros presentados el pH no tiene mayor injerencia en la reducción del DBO₅, en lo contrario se puede apreciar que en los sustratos de 30 y 40 cm el porcentaje de remoción es mayor llegando a un 96%.

- Resultados de DBO₅ obtenidos al considerar un diseño con 15, 30 y 40 cm de altura de sustrato (aserrín con lombrices) con un TRH de 24 horas.

Tabla 13: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DBO₅ con TRH 24 y diseño 15 cm.

| Muestra | pH | Diseño (cm) | TRH (hora) | DBO ₅ -ST (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) | % reducción |
|---------|-----|-------------|------------|-----------------------------|-------------------------|-------------|
| 4 | 7 | 15 | 24 | 4158 | 624 | 85% |
| 10 | 7,5 | 15 | 24 | 4452 | 490 | 89% |
| 16 | 7 | 15 | 24 | 5470 | 875 | 84% |
| 22 | 7,5 | 15 | 24 | 3892 | 701 | 82% |

Fuente propia.

Tabla 14: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DBO₅ con TRH 24 y diseño 30 cm.

| Muestra | pH (INICIAL) | Diseño | TRH | DBO ₅ -ST | DBO ₅ | % reducción |
|---------|--------------|--------|-----|----------------------|------------------|-------------|
| 5 | 7 | 30 | 24 | 4158 | 166 | 96% |
| 11 | 7,5 | 30 | 24 | 4452 | 223 | 95% |
| 17 | 7 | 30 | 24 | 5470 | 164 | 97% |
| 23 | 7,5 | 30 | 24 | 3892 | 156 | 96% |

Fuente propia.

Tabla 15: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DBO₅ con TRH 24 y diseño 40 cm.

| Muestra | pH (INICIAL) | Diseño | TRH | DBO ₅ -ST | DBO ₅ | % reducción |
|---------|--------------|--------|-----|----------------------|------------------|-------------|
| 6 | 7 | 40 | 24 | 4158 | 166 | 96% |
| 12 | 7,5 | 40 | 24 | 4452 | 178 | 96% |
| 18 | 7 | 40 | 24 | 5470 | 191 | 97% |
| 24 | 7,5 | 40 | 24 | 3892 | 132 | 97% |

Fuente propia.

Al comparar los resultados de los cuadros a un TRH mayor se obtiene un porcentaje mayor de remoción de BDO5 llegando a un 97 % de reducción.

Cuadros de resultados de disminución de DQO

- Resultados de DQO obtenidos al considerar un diseño con 15, 30 y 40 cm de altura de sustrato (aserrín con lombrices) con un TRH de 12 horas.

Tabla 16: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DQO con TRH 12 y diseño 15 cm.

| Muestra | pH (INICIAL) | Diseño | TRH | DQO-ST | DQO | % reducción |
|---------|--------------|--------|-----|--------|------|-------------|
| 1 | 7 | 15 | 12 | 6797 | 816 | 88% |
| 7 | 7,5 | 15 | 12 | 7455 | 1267 | 83% |
| 13 | 7 | 15 | 12 | 11075 | 1994 | 82% |
| 19 | 7,5 | 15 | 12 | 8171 | 981 | 88% |

Tabla 17: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DQO con TRH 12 y diseño 30 cm.

| Muestra | pH (INICIAL) | Diseño | TRH | DQO-ST | DQO | % reducción |
|---------|--------------|--------|-----|--------|-----|-------------|
| 2 | 7 | 30 | 12 | 6797 | 272 | 96% |
| 8 | 7,5 | 30 | 12 | 7455 | 313 | 96% |
| 14 | 7 | 30 | 12 | 11075 | 554 | 95% |
| 20 | 7,5 | 30 | 12 | 8171 | 351 | 96% |

Tabla 18: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DQO con TRH 12 y diseño 40 cm.

| Muestra | pH (INICIAL) | Diseño | TRH | DQO-ST | DQO | % reducción |
|---------|--------------|--------|-----|--------|-----|-------------|
| 3 | 7 | 40 | 12 | 6797 | 408 | 94% |
| 9 | 7,5 | 40 | 12 | 7455 | 291 | 96% |
| 15 | 7 | 40 | 12 | 11075 | 365 | 97% |
| 21 | 7,5 | 40 | 12 | 8171 | 433 | 95% |

Fuente propia.

En los tres cuadros presentados el pH no tiene mayor injerencia en la reducción del DQO, en lo contrario se puede apreciar que en los sustratos de 30 y 40 cm el porcentaje de reducción es mayor llegando a un 97%.

- Resultados de DQO obtenidos al considerar un diseño con 15, 30 y 40 cm de altura de sustrato (aserrín con lombrices) con un TRH de 24 horas.

Tabla 19: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DQO con TRH 24 y diseño 15 cm.

| Muestra | pH (INICIAL) | Diseño | TRH | DQO-ST | DQO | % reducción |
|---------|--------------|--------|-----|--------|------|-------------|
| 4 | 7 | 15 | 24 | 9430 | 943 | 90% |
| 10 | 7,5 | 15 | 24 | 8171 | 899 | 89% |
| 16 | 7 | 15 | 24 | 10075 | 1108 | 89% |
| 22 | 7,5 | 15 | 24 | 7262 | 581 | 92% |

Fuente propia.

Tabla 20: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DQO con TRH 24 y diseño 30 cm.

| Muestra | pH (INICIAL) | Diseño | TRH | DQO-ST | DQO | % reducción |
|---------|--------------|--------|-----|--------|-----|-------------|
| 5 | 7 | 30 | 24 | 9430 | 472 | 95% |
| 11 | 7,5 | 30 | 24 | 8171 | 163 | 98% |
| 17 | 7 | 30 | 24 | 10075 | 322 | 97% |
| 23 | 7,5 | 30 | 24 | 7262 | 145 | 98% |

Fuente propia.

Tabla 21: Resultados del pH y el porcentaje de Reducción de DQO con TRH 24 y diseño 40 cm.

| Muestra | pH (INICIAL) | Diseño | TRH | DQO-ST | DQO | % reducción |
|---------|--------------|--------|-----|--------|-----|-------------|
| 6 | 7 | 40 | 24 | 9430 | 377 | 96% |
| 12 | 7,5 | 40 | 24 | 8171 | 245 | 97% |
| 18 | 7 | 40 | 24 | 10075 | 292 | 97% |
| 24 | 7,5 | 40 | 24 | 7262 | 269 | 96% |

Fuente propia

Al comparar los resultados de los cuadros a un TRH mayor se obtiene un porcentaje mayor de reducción de BQO llegando a un 98 % de reducción.

5.2. Resultados inferenciales

Diseño factorial completo DQO

Tabla 22: Información del factor para DQO.

| Factor | Niveles | Valores |
|--------|---------|------------|
| pH | 2 | 7,0 ;7,5 |
| TRH | 2 | 12; 24 |
| DISEÑO | 3 | 15; 30; 40 |

Fuente propia.

Al procesar los resultados obtenidos mediante el proceso de experimentación se obtuvo que el nivel de significancia fue:

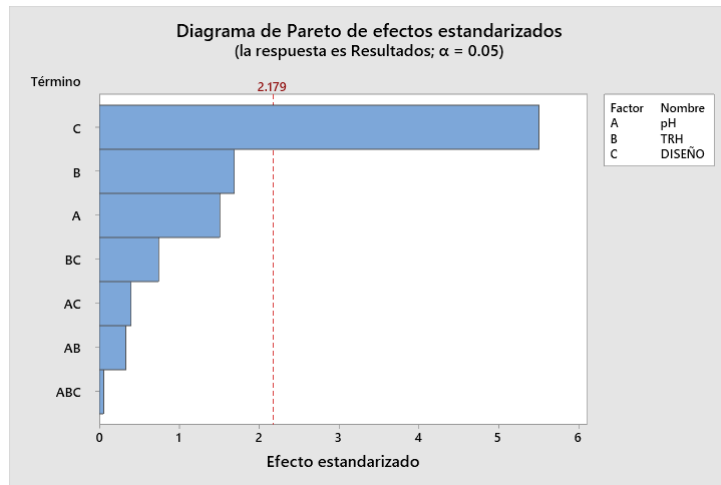
Tabla 23: Análisis de Varianza para DQO.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Modelo | 11 | 3506821 | 318802 | 4,42 | 0,008 |
| Lineal | 4 | 3322997 | 830749 | 11,52 | 0,000 |
| pH | 1 | 164043 | 164043 | 2,27 | 0,157 |
| TRH | 1 | 206726 | 206726 | 2,87 | 0,116 |
| DISEÑO | 2 | 2952228 | 1476114 | 20,46 | 0,000 |
| Interacciones de 2 términos | 5 | 177356 | 35471 | 0,49 | 0,777 |
| pH*TRH | 1 | 8079 | 8079 | 0,11 | 0,744 |
| pH*DISEÑO | 2 | 53833 | 26916 | 0,37 | 0,696 |
| TRH*DISEÑO | 2 | 115444 | 57722 | 0,80 | 0,472 |
| Interacciones de 3 términos | 2 | 6468 | 3234 | 0,04 | 0,956 |
| pH*TRH*DISEÑO | 2 | 6468 | 3234 | 0,04 | 0,956 |
| Error | 12 | 865634 | 72136 | | |
| Total | 23 | 4372456 | | | |

Fuente propia.

Nota: En la tabla se observa el análisis de varianza en referencia a los factores pH, TRH y Diseño con referencia a los resultados obtenidos en reducción de DQO; así mismo la significancia de las interrelaciones de 2 factores y de los 3 factores con respecto a los resultados analizados.

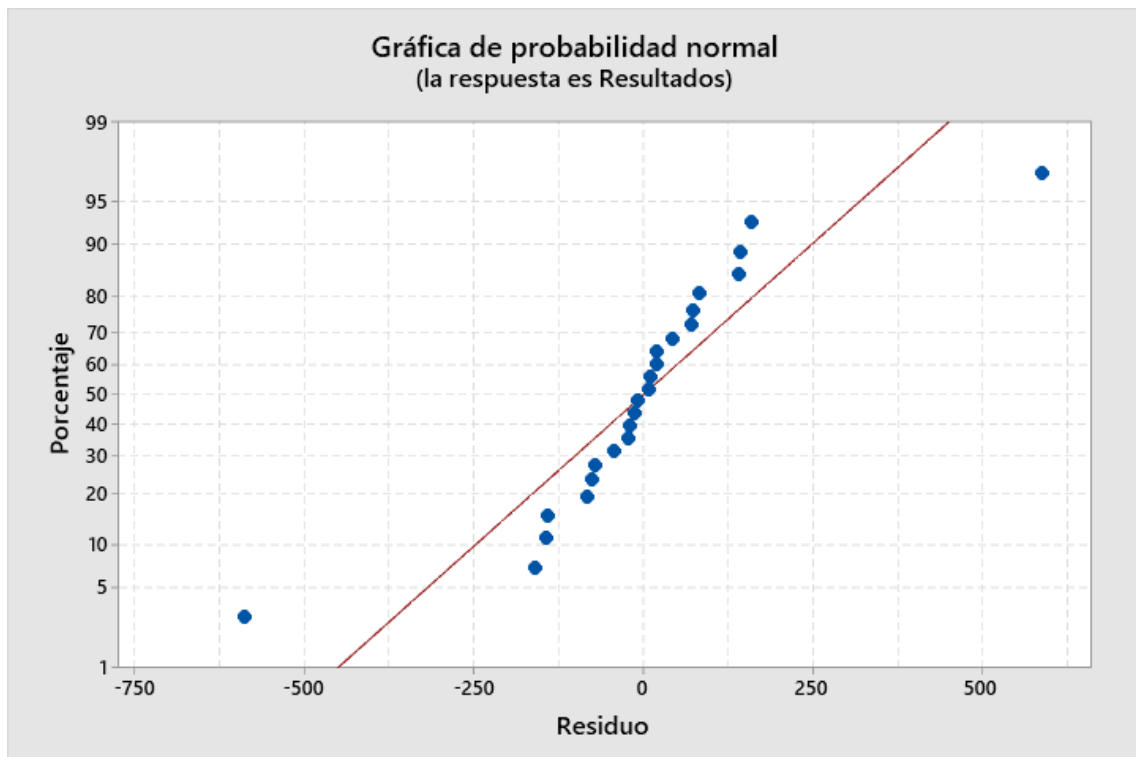
Imagen 1: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados vs resultados DQO.



Nota: En el gráfico se observa el análisis de varianza en referencia a los factores pH, TRH y Diseño con referencia a los resultados obtenidos en reducción de DQO; así mismo la significancia de las interrelaciones de 2 factores y de los 3 factores con respecto a los resultados analizados.

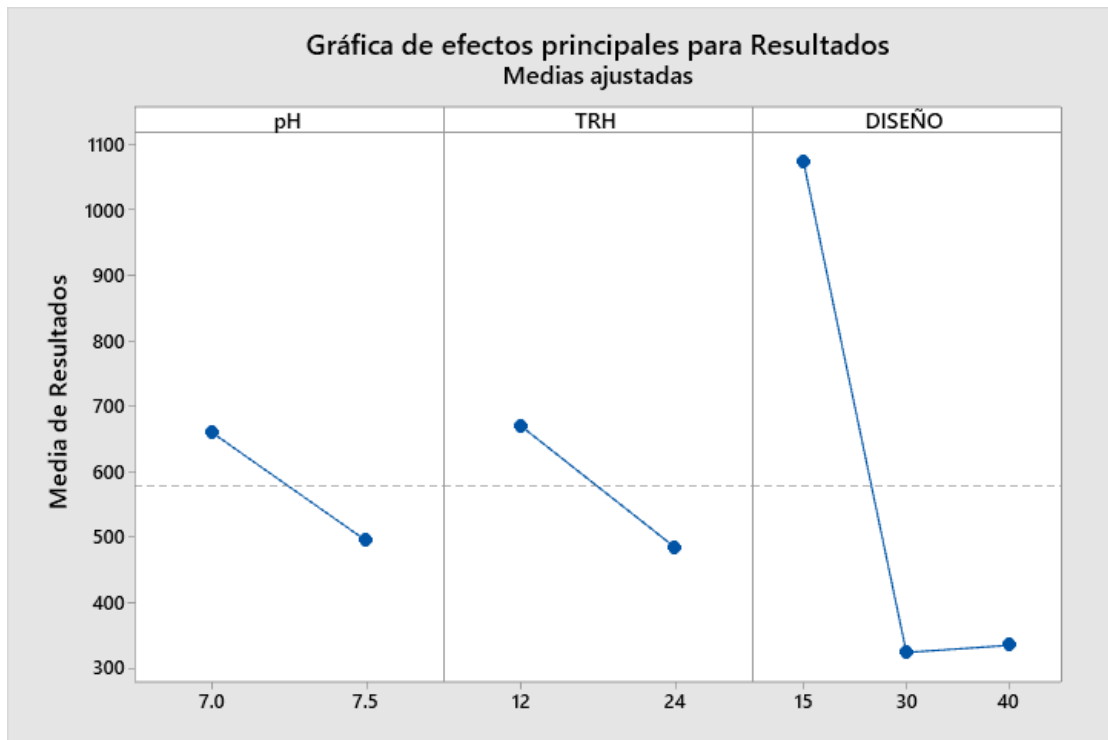
Obteniendo que la significancia a nivel de Diseño si es representativa con respecto al análisis de resultados obtenidos; así mismo al analizar la desviación normal tienden los resultados a acercarse a la misma.

Imagen 2: Grafica de probabilidad normal de resultados obtenidos en reducción de DQO.



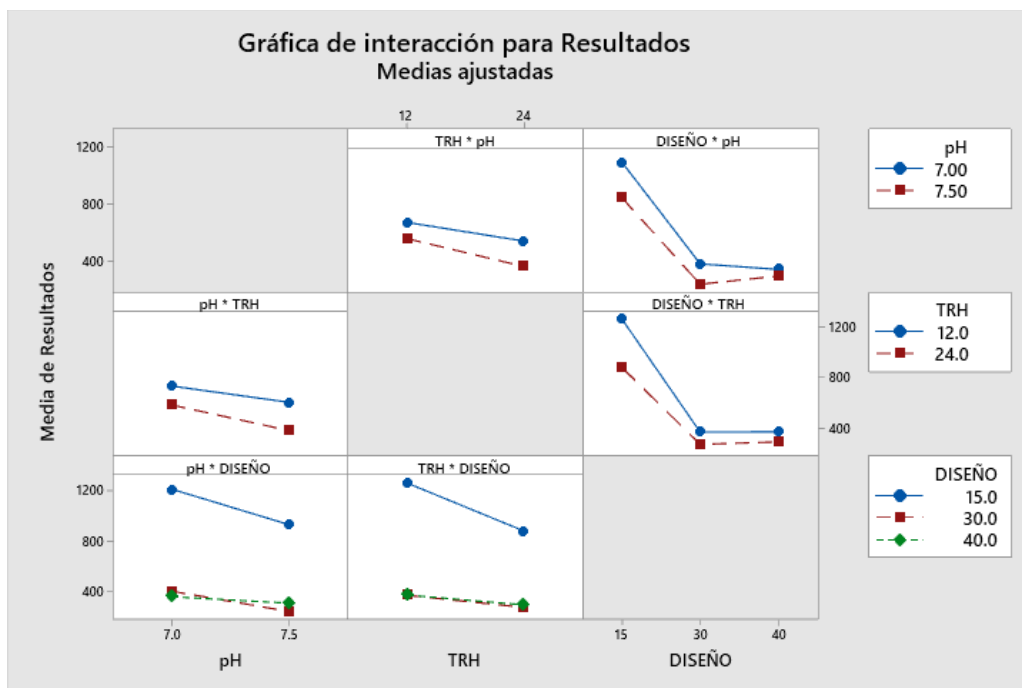
Nota: En el gráfico se observa la tendencia de los resultados referente a la reducción de DQO en los niveles de pH, TRH y DISEÑO.

Imagen 3: Grafica de Resultados de reducción de DQO en referencia a medias de pH, TRH y DISEÑO.



Nota: En el grafico se observa la tendencia a reducción referente a los niveles de pH, TRH y DISEÑO, observando que el pH 7,5, TRH 24 horas y Diseño de 30 cm y 40cm muestran resultados más favorables en la reducción de DQO

Imagen 4: Graficas de interacción de Resultados de reducción de DQO con referencia a los niveles.



Nota: En el grafico se observa la tendencia a reducción referente a los niveles de pH, TRH y DISEÑO, observando que el pH 7,5, TRH 24 horas y Diseño de 30 cm y 40cm muestran resultados más favorables en la reducción de DQO.

La prueba estadística utilizada fue ANOVA y al analizar cada uno de los factores por separado en relación a la reducción de DQO en un efluente se obtuvo que:

Tabla 24: Método de prueba Anova para factores DQO

| | |
|------------------------|---------------------------------|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0,05$ |

Fuente propia.

Teniendo en cuenta un nivel de confiabilidad del 95 % obtenemos que:

Tabla 25: Información del factor pH para DQO

| Factor | Niveles | Valores |
|--------|---------|----------|
| pH | 2 | 7,0; 7,5 |

Fuente propia.

Tabla 26: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar en pH para DQO.

| pH | N | Desv.Est. | IC |
|-----|----|-----------|--------------------|
| 7 | 12 | 349,152 | (170,408; 879,69) |
| 7,5 | 12 | 358,908 | (144,093; 1099,30) |

Fuente propia.

Nota: Nivel de confianza individual = 97,5%

Tabla 27: Pruebas estadísticas Resultado vs pH en DQO.

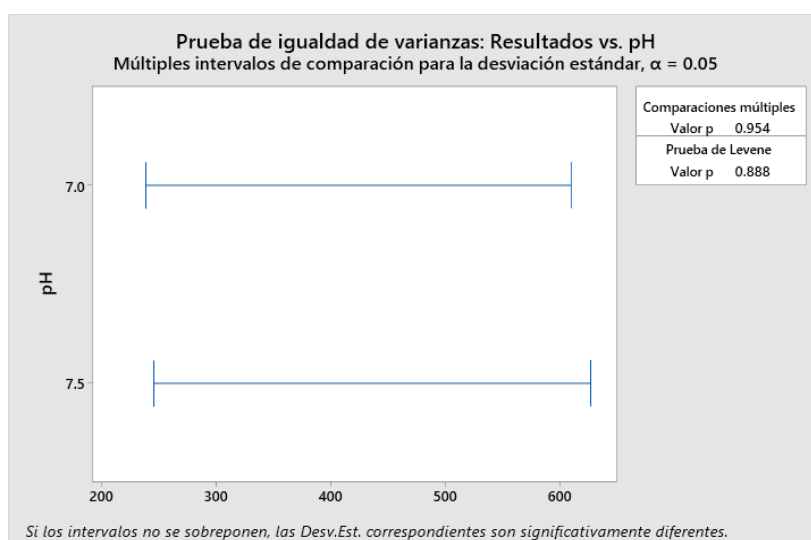
| Método | Estadística de prueba | Valor p |
|-------------------------|-----------------------|---------|
| Comparaciones múltiples | 0,00 | 0,954 |
| Levene | 0,02 | 0,888 |

Fuente propia.

Nota: La prueba estadística utilizada fue el Anova mediante el programa Minitab 19 y comparación de varianzas.

En relación al pH no es representativo referente al resultado en relación a la reducción de DQO del efluente industrial.

Imagen 5: Grafico de prueba Resultados vs pH para DQO.



Nota: En el grafico se observa la la prueba de varianzas re los resultados vs pH en la reducción de DQO

Tabla 28: Información del factor TRH para DQO.

| Factor | Niveles | Valores |
|--------|---------|---------|
| TRH | 2 | 12; 24 |

Fuente propia.

Tabla 29: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar en TRH para DQO.

| TRH | N | Desv.Est. | IC |
|-----|----|-----------|--------------------|
| 12 | 12 | 418,226 | (203,833; 1055,22) |
| 24 | 12 | 261,689 | (138,011; 610,17) |

Fuente propia.

Nota: Nivel de confianza individual = 97,5%

Tabla 30: Pruebas estadísticas Resultado vs TRH en DQO

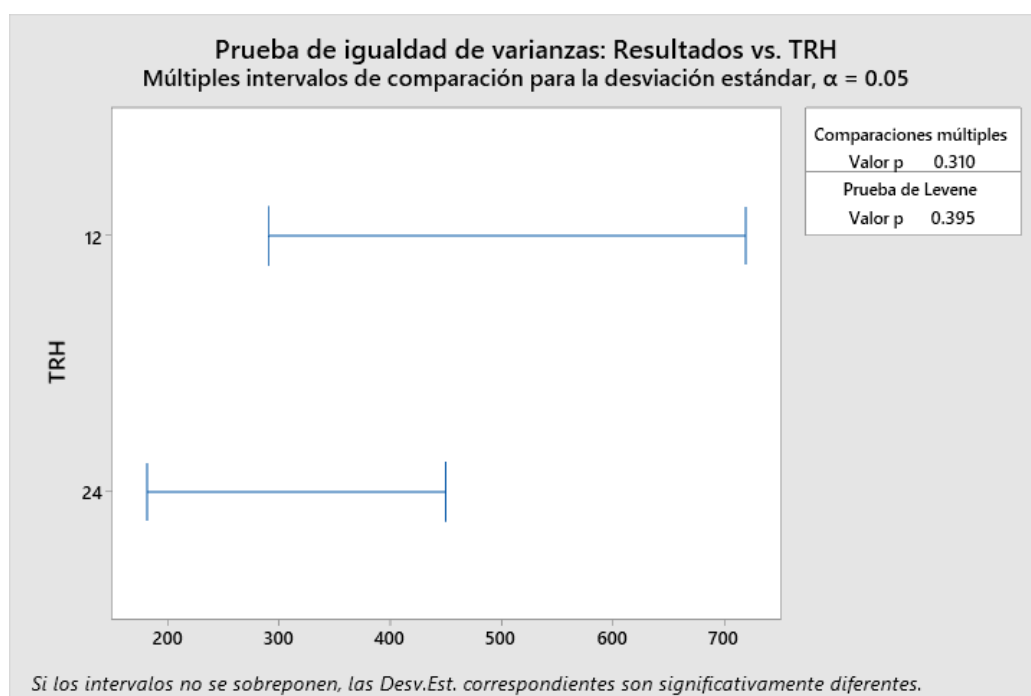
| Método | Estadística de prueba | Valor p |
|-------------------------|-----------------------|---------|
| Comparaciones múltiples | 1,03 | 0,310 |
| Levene | 0,75 | 0,395 |

Fuente propia.

Nota: La prueba estadística utilizada fue el Anova mediante el programa Minitab 19 y comparación de varianzas.

En relación al TRH no es representativo referente al resultado en relación a la reducción de DQO del efluente industrial.

Imagen 6: Grafico de prueba Resultados vs TRH para DQO.



Nota: En el grafico se observa la la prueba de varianzas re los resultados vs TRH en la reducción de DQO

Tabla 31: Información del factor DISEÑO para DQO

| Factor | Niveles | Valores |
|--------|---------|------------|
| DISEÑO | 3 | 15; 30; 40 |

Fuente propia.

Tabla 32: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar DISEÑO para DQO.

| DISEÑO | N | Desv.Est. | IC |
|--------|---|-----------|--------------------|
| 15 | 8 | 285,607 | (110,940; 1049,26) |
| 30 | 8 | 44,191 | (23,172; 120,27) |
| 40 | 8 | 67,336 | (16,522; 391,62) |

Fuente propia.

Nota: Nivel de confianza individual = 98,33%

Tabla 33: Pruebas estadísticas Resultado vs DISEÑO en DQO.

| Método | Estadística de prueba | Valor p |
|-------------------------|-----------------------|---------|
| Comparaciones múltiples | — | 0,015 |
| Levene | 4,32 | 0,027 |

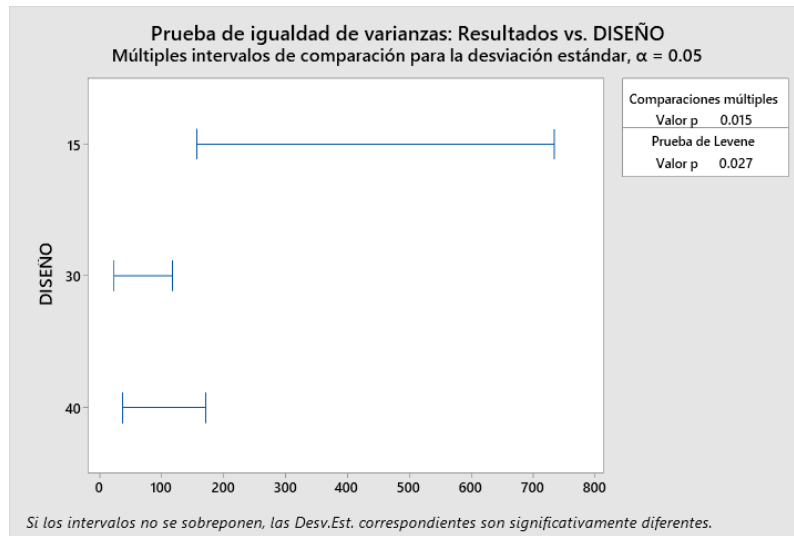
Fuente propia.

Nota: La prueba estadística utilizada fue el Anova mediante el programa Minitab 19 y comparación de varianzas.

En relación al DISEÑO del sistema es representativo referente al resultado en relación a la reducción de DQO del efluente industrial. Observando que

los resultados obtenidos el diseño que tiene mayor significancia es el de 30 cm seguido del diseño de 40 cm obteniendo resultados similares.

Imagen 7: Grafico de prueba Resultados vs DISEÑO para DQO.



Nota: En el gráfico se observa la la prueba de varianzas re los resultados vs DISEÑO en la reducción de DQO

Diseño factorial completo DBO₅

Tabla 34: Información del factor para DBO₅.

| Factor | Niveles | Valores |
|--------|---------|------------|
| pH | 2 | 7,0; 7,5 |
| TRH | 2 | 12; 24 |
| DISEÑO | 3 | 15; 30; 40 |

Fuente propia.

Al procesar los resultados obtenidos mediante el proceso de experimentación se obtuvo que el nivel de significancia fue:

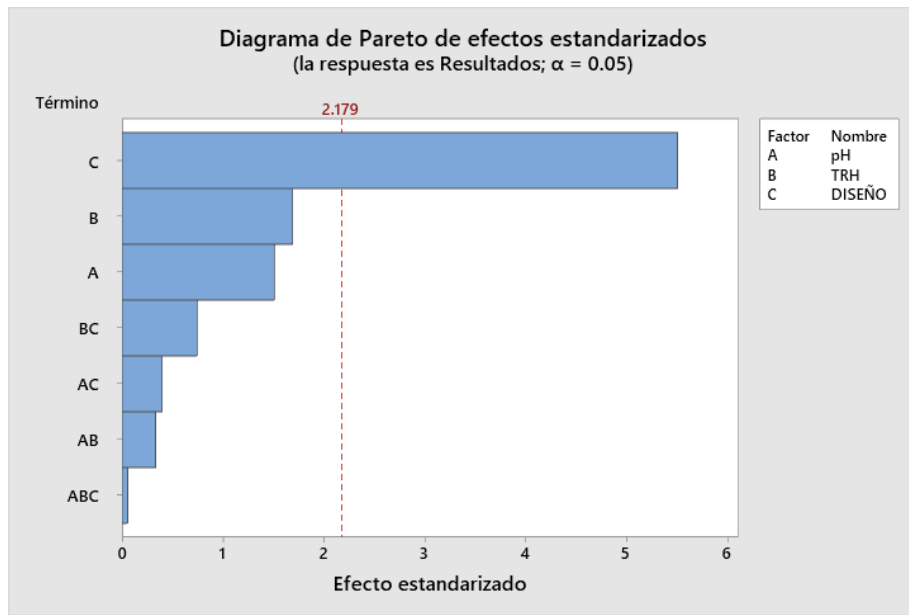
Tabla 35: Análisis de Varianza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Modelo | 11 | 3506821 | 318802 | 4,42 | 0,008 |
| Lineal | 4 | 3322997 | 830749 | 11,52 | 0,000 |
| pH | 1 | 164043 | 164043 | 2,27 | 0,157 |
| TRH | 1 | 206726 | 206726 | 2,87 | 0,116 |
| DISEÑO | 2 | 2952228 | 1476114 | 20,46 | 0,000 |
| Interacciones de 2 términos | 5 | 177356 | 35471 | 0,49 | 0,777 |
| pH*TRH | 1 | 8079 | 8079 | 0,11 | 0,744 |
| pH*DISEÑO | 2 | 53833 | 26916 | 0,37 | 0,696 |
| TRH*DISEÑO | 2 | 115444 | 57722 | 0,80 | 0,472 |
| Interacciones de 3 términos | 2 | 6468 | 3234 | 0,04 | 0,956 |
| pH*TRH*DISEÑO | 2 | 6468 | 3234 | 0,04 | 0,956 |
| Error | 12 | 865634 | 72136 | | |
| Total | 23 | 4372456 | | | |

Fuente propia.

Nota: En la tabla se observa el análisis de varianza en referencia a los factores pH, TRH y Diseño con referencia a los resultados obtenidos en reducción de DBO₅; así mismo la significancia de las interrelaciones de 2 factores y de los 3 factores con respecto a los resultados analizados.

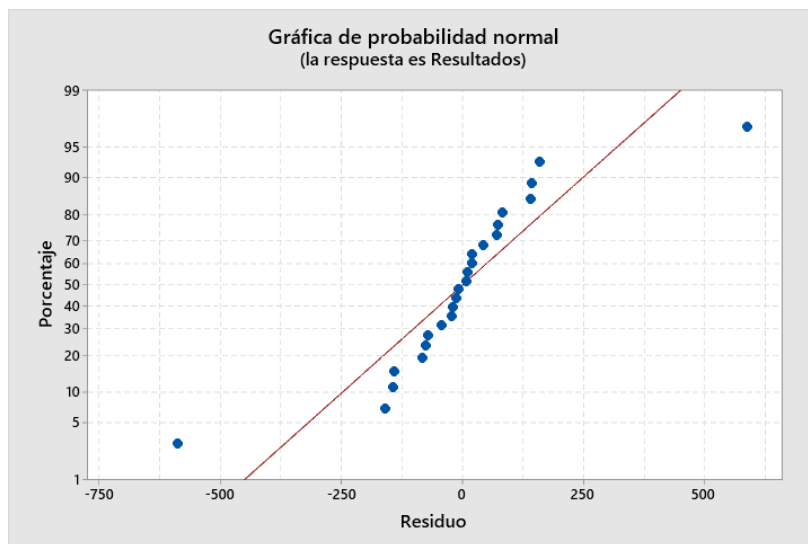
Imagen 8: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados vs resultados DBO₅.



Nota: En el gráfico se observa el análisis de varianza en referencia a los factores pH, TRH y Diseño con referencia a los resultados obtenidos en reducción de DQO; así mismo la significancia de las interrelaciones de 2 factores y de los 3 factores con respecto a los resultados analizados.

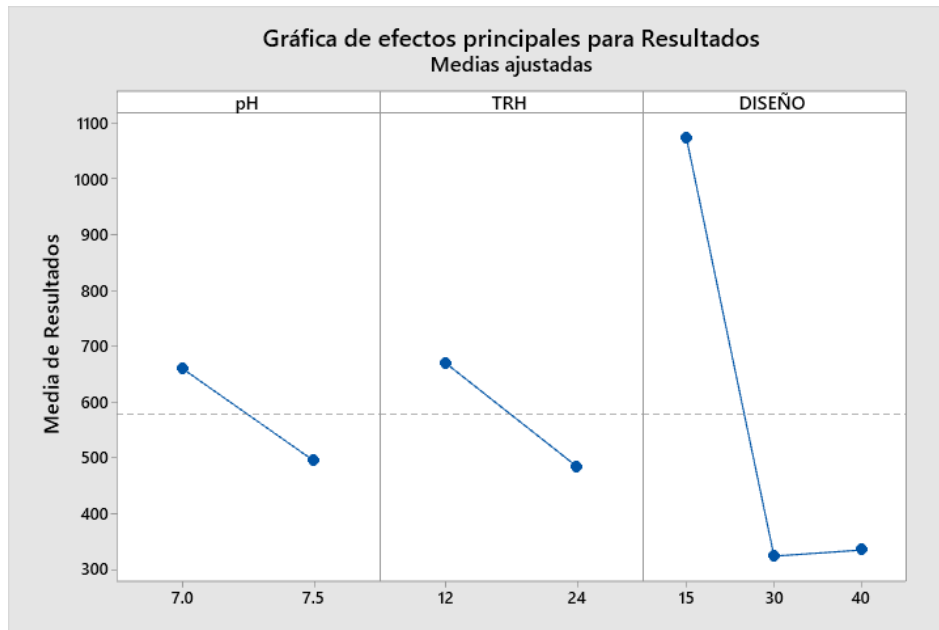
Obteniendo que la significancia a nivel de Diseño si es representativa con respecto al análisis de resultados obtenidos; así mismo al analizar la desviación normal tienden los resultados a acercarse a la misma.

Imagen 9: Gráfica de probabilidad normal de resultados obtenidos en reducción de DBO₅.



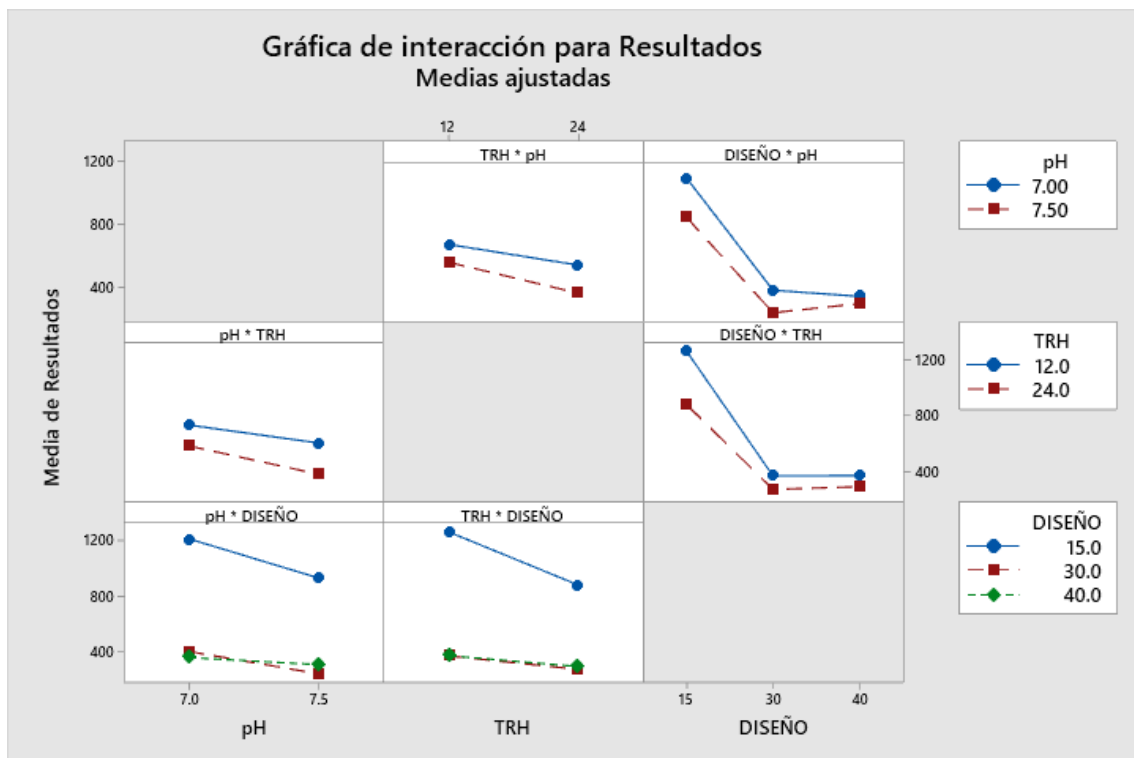
Nota: En el gráfico se observa la tendencia de los resultados referente a la reducción de DBO₅ en los niveles de pH, TRH y DISEÑO,

Imagen 10: Grafica de Resultados de reducción de DBO₅ en referencia a medias de pH, TRH y DISEÑO.



Nota: En el grafico se observa la tendencia a reducción referente a los niveles de pH, TRH y DISEÑO, observando que el pH 7,5, TRH 24 horas y Diseño de 30 cm y 40cm muestran resultados más favorables en la reducción de DBO₅.

Imagen 11: Graficas de interacción de Resultados de reducción de DBO₅ con referencia a los niveles.



Nota: En el grafico se observa la tendencia a reducción referente a los niveles de pH, TRH y DISEÑO, observando que el pH 7,5, TRH 24 horas y Diseño de 30 cm y 40cm muestran resultados más favorables en la reducción de DBO₅.

La prueba estadística utilizada fue ANOVA y al analizar cada uno de los factores por separado en relación a la reducción de DBO₅ en un efluente se obtuvo que:

Tabla 36: Método de prueba Anova para factores DBO₅

| | |
|------------------------|---------------------------------|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | No todas las medias son iguales |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0,05$ |

Fuente propia.

Tabla 37: Información del factor pH para DBO₅.

| Factor | Niveles | Valores |
|--------|---------|----------|
| pH | 2 | 7,0; 7,5 |

Fuente propia.

Tabla 38: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar.

| pH | N | Desv.Est. | IC |
|-----|----|-----------|--------------------|
| 7 | 12 | 500,954 | (188,798; 1634,53) |
| 7.5 | 12 | 362,806 | (191,841; 843,72) |

Fuente propia.

Nota: Nivel de confianza individual = 97,5%

Tabla 39: Pruebas estadísticas Resultado vs pH en DBO₅

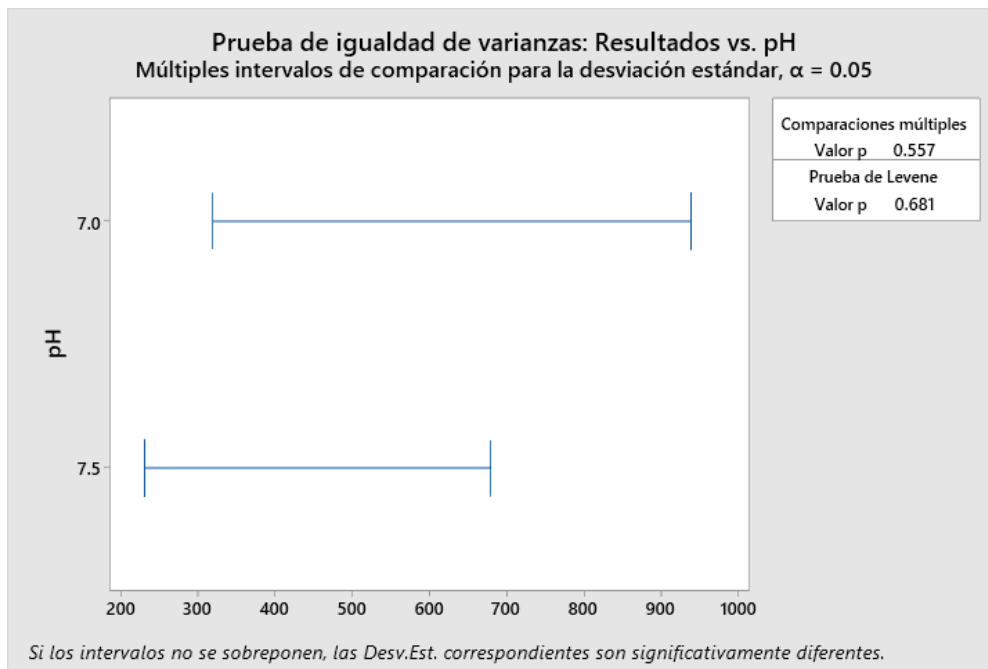
| Método | Estadística de prueba | Valor p |
|-------------------------|-----------------------|---------|
| Comparaciones múltiples | 0,00 | 0,954 |
| Levene | 0,02 | 0,888 |

Fuente propia.

Nota: La prueba estadística utilizada fue el Anova mediante el programa Minitab 19 y comparación de varianzas

En relación al pH no es representativo referente al resultado en relación a la reducción de DBO₅ del efluente industrial.

Imagen 12: Grafico de prueba Resultados vs pH para DBO₅.



Nota: En el grafico se observa la prueba de varianzas re los resultados vs pH en la reducción de DBO₅

Tabla 40: Información del factor TRH para DBO₅

| Factor | Niveles | Valores |
|--------|---------|---------|
| TRH | 2 | 12; 24 |

Fuente propia.

Tabla 41: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar.

| TRH | N | Desv.Est. | IC |
|-----|----|-----------|--------------------|
| 12 | 12 | 521,229 | (208,686; 1600,88) |
| 24 | 12 | 327,143 | (194,109; 677,99) |

Fuente propia.

Nota: Nivel de confianza individual = 97,5%

Tabla 42: Pruebas estadísticas Resultado vs TRH en DBO₅

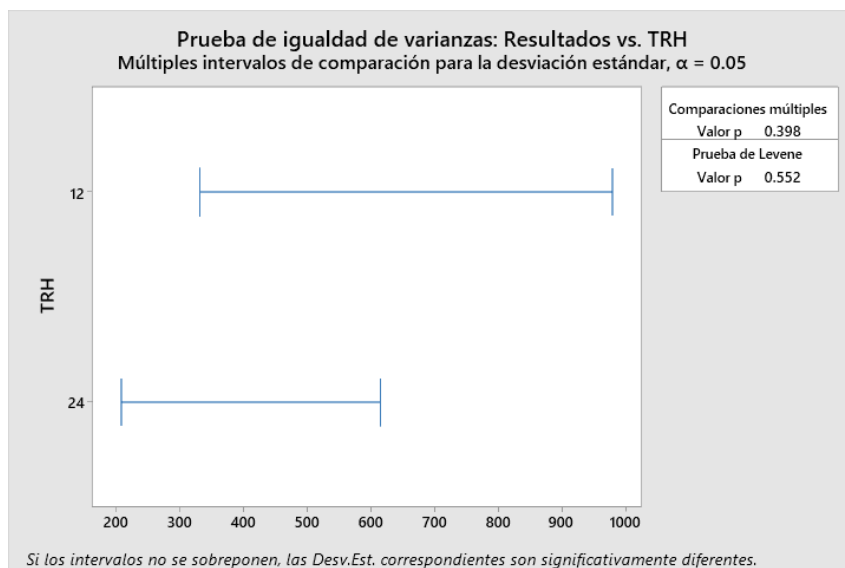
| Método | Estadística de prueba | Valor p |
|-------------------------|-----------------------|---------|
| Comparaciones múltiples | 0,71 | 0,398 |
| Levene | 0,36 | 0,552 |

Fuente propia.

Nota: La prueba estadística utilizada fue el Anova mediante el programa Minitab 19 y comparación de varianzas.

En relación al TRH no es representativo referente al resultado en relación a la reducción de DBO₅ del efluente industrial.

Imagen 13: Grafico de prueba Resultados vs TRH para DBO₅.



Nota: En el gráfico se observa la prueba de varianzas re los resultados vs TRH en la reducción de DBO₅.

Tabla 43: Información del factor DISEÑO para DBO₅

| Factor | Niveles | Valores |
|--------|---------|------------|
| DISEÑO | 3 | 15; 30; 40 |

Fuente propia.

Tabla 44: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar para DBO₅.

| DISEÑO | N | Desv.Est. | IC |
|--------|---|-----------|--------------------|
| 15 | 8 | 422,656 | (121,120; 2104,72) |
| 30 | 8 | 139,319 | (72,823; 380,35) |
| 40 | 8 | 69,585 | (44,670; 154,68) |

Fuente propia.

Nota: Nivel de confianza individual = 98,33%

Tabla 45: Pruebas estadísticas Resultado vs DISEÑO en DBO₅.

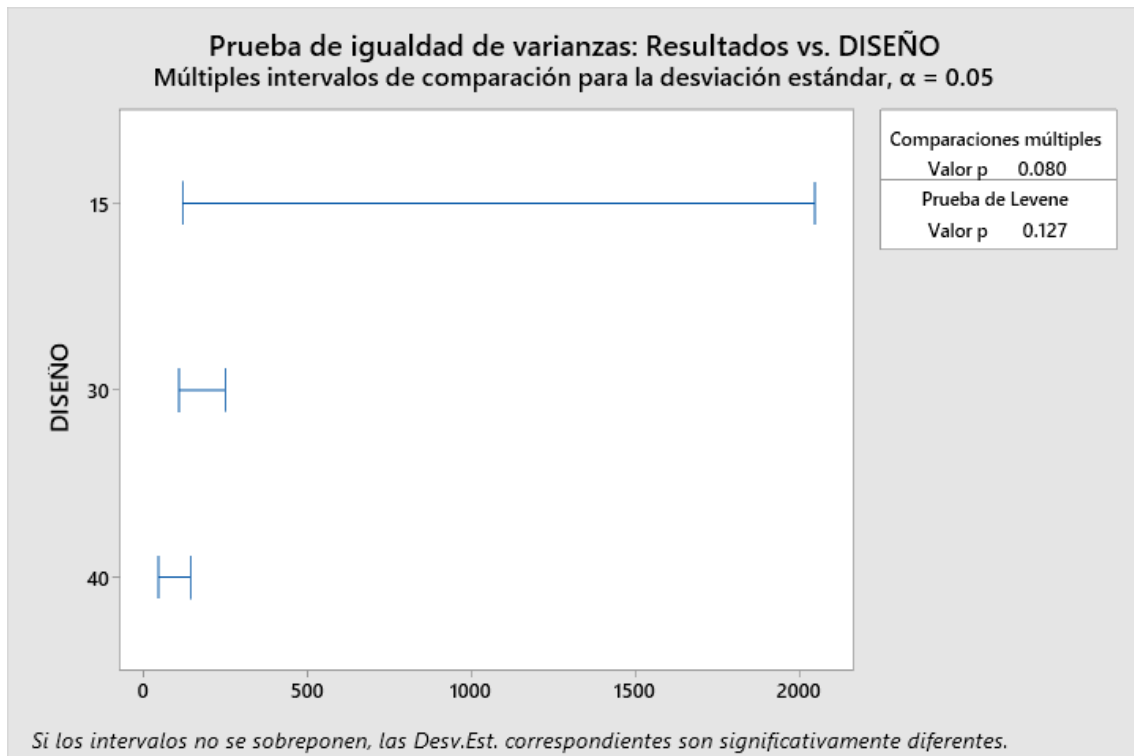
| Método | Estadística de prueba | Valor p |
|-------------------------|-----------------------|---------|
| Comparaciones múltiples | — | 0,080 |
| Levene | 2,28 | 0,127 |

Fuente propia.

Nota: La prueba estadística utilizada fue el Anova mediante el programa Minitab 19 y comparación de varianzas.

En relación al DISEÑO del sistema no es representativo referente al resultado en relación a la reducción de DQO del efluente industrial según la prueba ANOVA en comparación de varianzas, pero en referencia al sistema si es significativo.

Gráfico 1: Grafico de prueba Resultados vs DISEÑO para DBO₅.



Nota: En el grafico se observa la la prueba de varianzas re los resultados vs DISEÑO en la reducción de DBO₅

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados

Hipótesis general: El tratamiento con Lombrifiltro es eficiente en la reducción de DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería, 2022.

Comprobación:

Teniendo los resultados observados en el capítulo V, podemos demostrar lo siguiente, los resultados obtenidos en la reducción de DBO₅ se alcanza una eficiencia del 96% con pH entre 7 y 7,5 teniendo un porcentaje muy alto mostrando un óptimo resultado, en cuanto a la reducción de DQO se obtuvo una eficiencia en la reducción del 97% con pH 7 a 7,5, por tanto los resultados obtenidos son óptimos para nuestra investigación, por lo cual se concluye que, se rechaza la hipótesis nula, de tal manera afirmamos que el tratamiento con lombrifiltro influye de manera significativa en la reducción.

Hipótesis Específica 1:

Ho: Las características de diseño del lombrifiltro no influye en la reducción de DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería.

Hi: Las características de diseño del lombrifiltro influye en la reducción de DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería.

Comprobación:

Se verifica con los datos obtenidos en campo, se observa mediante las características y especificaciones de la elaboración del diseño del lombrifiltro contribuyen en reducción del DBO₅ y DQO del efluente industrial, por tanto, se rechaza la hipótesis nula, de tal manera que afirmamos que las características del diseño del lombrifiltro influyen en la reducción de DBO₅ y DQO del efluente industrial.

Tabla 45: Resultados obtenidos antes y después del tratamiento vs Diseño.

| Muestra | Diseño (cm) | DQO-ST* (mg/l) | DQO (mg/l) | DBO ₅ -ST* (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) |
|---------|-------------|----------------|------------|------------------------------|-------------------------|
| 1 | 15 | | 816 | | 647 |
| 2 | 30 | 6797 | 272 | 3233 | 129 |
| 3 | 40 | | 408 | | 129 |
| 4 | 15 | | 943 | | 624 |
| 5 | 30 | 9430 | 472 | 4158 | 166 |
| 6 | 40 | | 377 | | 166 |
| 7 | 15 | | 1267 | | 726 |
| 8 | 30 | 7455 | 313 | 3630 | 182 |
| 9 | 40 | | 291 | | 145 |
| 10 | 15 | | 899 | | 490 |
| 11 | 30 | 8171 | 163 | 4452 | 223 |
| 12 | 40 | | 245 | | 178 |
| 13 | 15 | | 1994 | | 1180 |
| 14 | 30 | 11075 | 554 | 5620 | 225 |
| 15 | 40 | | 365 | | 337 |
| 16 | 15 | | 1108 | | 875 |
| 17 | 30 | 10075 | 322 | 5470 | 164 |
| 18 | 40 | | 292 | | 191 |
| 19 | 15 | | 981 | | 1308 |
| 20 | 30 | 8171 | 351 | 5230 | 262 |
| 21 | 40 | | 433 | | 188 |
| 22 | 15 | | 581 | | 701 |
| 23 | 30 | 7262 | 145 | 3892 | 156 |
| 24 | 40 | | 269 | | 132 |

Hipótesis Específica 2:

Ho: El pH en el rango de 7 – 7,5 no es óptimo para la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería

Hi: El pH en el rango de 7 – 7,5 es óptimo para la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería

Comprobación:

Análisis de Varianza para DBO₅

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Modelo | 11 | 1317096 | 119736 | 17,77 | 0,000 |
| Lineal | 4 | 1248260 | 312065 | 46,32 | 0,000 |
| pH | 1 | 11 | 11 | 0,00 | 0,969 |
| TRH | 1 | 86160 | 86160 | 12,79 | 0,004 |
| DISEÑO | 2 | 1162089 | 581045 | 86,24 | 0,000 |
| Interacciones de 2 términos | 5 | 66829 | 13366 | 1,98 | 0,154 |
| pH*TRH | 1 | 113 | 113 | 0,02 | 0,899 |
| pH*DISEÑO | 2 | 5613 | 2807 | 0,42 | 0,669 |
| TRH*DISEÑO | 2 | 61104 | 30552 | 4,53 | 0,034 |
| Interacciones de 3 términos | 2 | 2006 | 1003 | 0,15 | 0,863 |
| pH*TRH*DISEÑO | 2 | 2006 | 1003 | 0,15 | 0,863 |
| Error | 12 | 80853 | 6738 | | |
| Total | 23 | 1397949 | | | |

Análisis de Varianza para DQO

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Modelo | 11 | 3067994 | 278909 | 7,03 | 0,001 |
| Lineal | 4 | 2918368 | 729592 | 18,40 | 0,000 |
| pH | 1 | 333704 | 333704 | 8,42 | 0,013 |
| TRH | 1 | 501126 | 501126 | 12,64 | 0,004 |
| DISEÑO | 2 | 2083537 | 1041769 | 26,28 | 0,000 |
| Interacciones de 2 términos | 5 | 148756 | 29751 | 0,75 | 0,601 |
| pH*TRH | 1 | 30817 | 30817 | 0,78 | 0,395 |
| pH*DISEÑO | 2 | 32400 | 16200 | 0,41 | 0,673 |
| TRH*DISEÑO | 2 | 85539 | 42770 | 1,08 | 0,371 |
| Interacciones de 3 términos | 2 | 870 | 435 | 0,01 | 0,989 |
| pH*TRH*DISEÑO | 2 | 870 | 435 | 0,01 | 0,989 |
| Error | 12 | 475754 | 39646 | | |
| Total | 23 | 3543748 | | | |

Se verifica en los resultados obtenidos mediante Minitab 19 en este rango el pH es Óptimo en relación a la reducción de dco pero no es significativo en relación al DBO₅, por tanto, valida la hipótesis nula y se rechaza la nuestra podemos afirmar que en el rango pH 7 a 7,5 la reducción del DBO₅ y DQO no es óptimo para la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería.

Hipótesis Específica:

Ho: El tiempo de retención hidráulica de 12h a 24h (TRH) del lombrifiltro no influye en la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería.

Hi: El tiempo de retención hidráulica de 12h a 24h (TRH) del lombrifiltro influye en la reducción de la DBO₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería.

Comprobación:

| Muestra | TRH (horas) | DQO-ST* (mg/l) | DQO (mg/l) | DBO ₅ -ST* (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) |
|---------|----------------|-------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------|
| 1 | | | 816 | | 647 |
| 2 | 12 | 6797 | 272 | 3233 | 129 |
| 3 | | | 408 | | 129 |
| 4 | | | 943 | | 624 |
| 5 | 24 | 9430 | 472 | 4158 | 166 |
| 6 | | | 377 | | 166 |
| 7 | | | 1267 | | 726 |
| 8 | 12 | 7455 | 313 | 3630 | 182 |
| 9 | | | 291 | | 145 |
| 10 | | | 899 | | 490 |
| 11 | 24 | 8171 | 163 | 4452 | 223 |
| 12 | | | 245 | | 178 |
| 13 | | | 1994 | | 1180 |
| 14 | 12 | 11075 | 554 | 5620 | 225 |
| 15 | | | 365 | | 337 |
| 16 | | | 1108 | | 875 |
| 17 | 24 | 10075 | 322 | 5470 | 164 |
| 18 | | | 292 | | 191 |
| 19 | | | 981 | | 1308 |
| 20 | 12 | 8171 | 351 | 5230 | 262 |
| 21 | | | 433 | | 188 |
| 22 | | | 581 | | 701 |
| 23 | 24 | 7262 | 145 | 3892 | 156 |
| 24 | | | 269 | | 132 |

Para ver la influencia en la reducción de DBO₅ y DQO del efluente industrial, se llevaron a cabo dos tiempos de retención hidráulica (TRH) una de 12 horas y la otra de 24 horas, la eficiencia de reducción no fue la más idónea en 12 h (TRH), se obtiene resultado idóneo, mientras que en el TRH de 24h fue más favorable debido a que las lombrices necesitaban una humedad entre 70 a 80 % para una óptima degradación de materia orgánica. Por lo tanto, se descarta la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En efecto, Manyuchi et al. (2019) argumentan que el tiempo de retención hidráulico influye directamente en el rendimiento del lombrifiltro, pues a mayor tiempo de retención mayor será la eficiencia de reducción. De esta manera, una prolongación de tiempo de retención hidráulico favorece la calidad de biomasa y evita la aglomeración de materia, la cual podría disminuir la eficiencia del tratamiento (Kumar et al., 2016).

6.2. Contratación de resultados con estudios similares

Los resultados obtenidos para eficiencia en reducción de DBO₅ y DQO en la presente investigación fueron 96% y 97% respectivamente concuerdan con otros estudios de investigación realizados:

La investigación realizada por (Arana, 2022) nos menciona que, el lombrifiltro es un método eficaz adecuado para la remoción de DQO y DBO₅ en los efluentes domésticas realizadas en las zonas rurales de la provincia de Cusco, mediante su investigación concluye lo siguiente; es más eficiente la remoción de DQO y DBO₅ en un caudal de 50mL/min, las pruebas realizadas en su lombrifiltro para las aguas residuales domésticas fueron favorables, ya que, obtuvo resultados en remoción de 73,36% y 84,37% en concentraciones DBO₅ y DQO respectivamente.

Así mismo en las investigaciones realizadas por (Salazar, 2005), pudo demostrar la aplicación del Sistema Tohá; que es una alternativa ecológica que se aplica para el tratamiento de las aguas residuales, mediante su investigación se puede verificar lo siguiente aplicando el sistema TOHA nos demuestra la composición eficiente del lombrifiltro (capa de lombriz californiana, aserrín, piedra y canto rodado), teniendo estos medios óptimos obtuvo resultados positivos para la descontaminación y mejora en la calidad de las aguas los cuales son vertidos en los cuerpos receptores de agua y subsuelo, demostrando en su investigación un tratamiento de las aguas residuales muy eficiente y obteniendo resultados en la remoción de los contaminantes y microorganismos patógenos. superiores al 90%.

Así mismo las investigaciones de (Saboya , 2020), demuestra mediante sus estudios una eficiente remoción de los contaminantes existentes en las aguas residuales domésticas, obteniendo los siguientes resultados favorables, mediante el uso de su lombrifiltro logró la remoción de todos sus parámetros utilizados, obtuvo una eficiencia del 92% utilizando la especie Eisenia foetida y una eficiencia del 91% empleando la especie Lumbricus terrestres, así mismo, obtuvo reducciones de 86% y 84% en DBO₅ y DQO respectivamente; también se obtuvo remoción de Nitrógeno total; en 78% y 77%, mientras que la turbidez; se obtuvo con 84,4% y 83 % usando las especies de Eisenia foetida y Lumbricus

terrestres respectivamente, por otro lado, utilizando un pH neutro de 6,7 y 6,68 es un medio muy eficaz ya que se obtiene un 93% de eficiencia para ambas especies respectivamente.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.

Los autores de la presente investigación nos responsabilizamos por la información emitida en el presente informe.

VII. CONCLUSIONES

- Se determinó que los efluentes industriales procedentes de una planta de confitería al ser tratados con el lombrifiltro presentaron una reducción significativa de los valores de DQO y DBO₅ en relación al ingreso y la salida del sistema, presentando una reducción mínima de 75% y máxima de 97% con respecto al DBO₅, y una reducción mínima del 82% y máxima del 98% con respecto al DQO; la concentración de DBO₅ y DQO después del tratamiento comparada con los límites establecidos con la normativa vigente son admisibles para su tipo de uso.
- Con respecto al efecto de las características de diseño del lombrifiltro y su relación en la reducción de la DBO₅ y DQO presentes en un efluente industrial proveniente de una planta de confitería, se determinó que las alturas óptimas para una mayor eficiencia en la reducción de las concentraciones de DBO₅ y DQO son los diseños de 30 cm y 40 cm en el sustrato compuesto por aserrín y viruta con una reducción aproximada del 96% y 95% con referencia al DBO₅ y DQO; estos resultados difieren del diseño de 15 cm debido a la saturación del sistema.
- Se determinó que las condiciones de pH al ingreso del tratamiento de los efluentes industriales fueron óptimas para el correcto funcionamiento del sistema de lombrifiltro, pero a nivel de acción directa frente a la capacidad reductora no presentó significancia, debido a que se mantuvo controlado en un nivel neutro entre los rangos de 7 a 7,5.
- Con respecto al efecto del TRH y la reducción de DBO₅ y DQO en un efluente industrial proveniente de una planta de confitería, se evidenció que, a mayor tiempo de retención hidráulica en el sistema, presentan una mayor capacidad reductora de los resultados esperados teniendo como referencia los valores mínimos a un TRH de 12 horas y 24 horas varían entre 75% y 89%.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con la investigación de tecnologías alternativas para el tratamiento de aguas residuales industriales debido a que estas contienen una gran cantidad de componentes químicos y orgánicos debido a la naturaleza de sus actividades, experimentación con este tipo de tecnologías ecológicas podrían generar un impacto positivo tanto económico, social y ecológico por las características del efluente tratado.
- Se recomienda el elaborar un proyecto de inversión sea pública o privada para el tratamiento de aguas residuales con la tecnología de lombrifiltro con el fin de reutilizar los efluentes provenientes sea de origen industrial o municipal y así poder consolidar una cultura ambiental sólida, mediante resultados.
- Se recomienda el poder realizar investigaciones con rangos más amplios de pH, en relación al tratamiento de los efluentes industriales provenientes de las plantas de confitería, con el fin de poder tener más información sobre los efectos que este factor pueda ocasionar en el proceso de tratamiento.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **CUVI QUINTANA**, Karol Estefanía. Determinación de la factibilidad de utilizar sistemas de lodos activados para depuración de aguas residuales industriales procedentes de una fábrica de lácteos y una de confites. QUITO DM. 2017. Tesis de Licenciatura.
- **GRAHOVAC, Jovana; RONCEVIC, Zorana.** Environmental impacts of the confectionary industry. En *Environmental Impact of Agro-Food Industry and Food Consumption*. Academic Press, 2021.p. 189-216.
- **BUSTÍOS, Carlos; MARTINA, Martha; ARROYO, Ruth.** Deterioro de la calidad ambiental y la salud en el Perú actual. *Revista peruana de Epidemiología*, 2013, vol. 17, no 1, p. 1-9.
- **TORRES MARIÑO**, Carlos. Análisis de la pérdida de competencias de la DIGESA en los procedimientos de autorización de vertimientos otorgados por la ANA.
- **CASTILLO SÁNCHEZ, Jonathan Gustavo y CHIMBO SOLÓRZANO, Jessica Estefanía. 2021.** *Eficiencia en la remoción de materia orgánica mediante lombrifiltros (Eisenia foetida) en aguas residuales domésticas para zonas rurales.* 2021. Vol. 12.
- **BRAVO MARINNI, Marcelo Andres. 2019.** *Diseño Y Evaluación Del Uso De Lombrifiltro Como Alternativa Al Tratamiento De Residuos Líquidos Industriales En El Proceso De Producción De Carragenina.* 2019.
- **RAMÍREZ LANDETA, Milton Polivio.** Viabilidad y factibilidad técnica y económica de una planta procesadora de humus elaborado a partir de efluentes de la industria láctea. 2021. Tesis de Maestría.
- **LARA RAMÓN, Daniela Abigail; RUCHI DUCHI, Lissette Gabriela.** Evaluación de un lombrifiltro para el tratamiento del agua residual de Grupo Rossi. 2022. Tesis de Licenciatura. Quito, 2022.
- **LÓPEZ PANCA, Víctor André y TORRES BARRETO, Ayrton Benjamín. 2021.** *Diseño de biofiltro empleando Eisenia Foetida para tratamiento de aguas residuales en lagunas de oxidación, Nuevo Chimbote–2021.* Chimbote: s.n., 2021.

- **CACERES POM, Deybi Karin, CALISAYA VERA, Gisela Milagros y BEDOYA JUSTO, Edgar. 2021.** *Eficiencia de Eisenia foetida, Eichornia crassipes e hipoclorito de calcio en la depuración de aguas residuales domésticas en Moquegua, Perú.* Moquegua : Ecología Aplicativa, 2021.
- **MAZA MEJIA, Jhonatan Raul. 2017.** “*Lombrifiltro Para Mejorar La Calidad De Las Aguas Residuales*”. Chiclayo: s.n., 2017.
- **MITMA JARA, Yomira Ivon. 2017.** “*EFEECTO DEL SISTEMA DE LOMBRIFILTRO EN LA DEPURACIÓN*”. Trujillo: s.n., 2017.
- **ROMERO ROJAS, Roly.** *Eficiencia del sistema tohá en la depuración de efluentes del camal municipal de la ciudad de Bagua, Amazonas 2021.* 2022.
- **CARDENAS, Alejandro. 2018.** *Diseño y modelación de un sistema de alimentación para lombrifiltros.* s.l.: GRING Verlag., 2018.
- **MIRANDA, Patricia.** *Sistema Tohá; una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales.* Recuperado de Austral-de-Chile. pdf, 2005.
- **MARTINEZ CERDAS. 2012.** *Situación actual de la lombricultura en México.* En 1. Simposium Internacional-1. Reunión Nacional Lombricultura y Abonos Orgánicos, México, DF (México),. 2012.
- **ARENAS , Sharis y NUNCIRA PARRA, Adriana. 2010.** *Evaluación de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales del sector industrial avícola. Monografía, Esp., Facultad de Ingeniería, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2010.* 2010.
- **ROMERO , Colin y A, Sanchez. 2009.** “*Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica,*” . 2009.
- **OEFA. 2014.** *Fiscalización ambiental en aguas residuales. Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental,*. 2014.
- **LIBERIO ACOSTA,, Francisco Javier y VÁSCONEZ MONTÚFAR, Gregorio. 2020.** *Incidencia de lombriz roja californiana y lenteja de agua*

en el tratamiento de aguas residuales urbanas. 2020. Guayaquil, Ecuador: s.n., 2020.

- **QUEZADA PAULO. Tesis:** “Planta de Tratamiento de Residuos Industriales Lácteos”. Temuco, Universidad de la Frontera. 2001.
- **DEL PERÚ, Constitución Política, et al.** Constitución política del Perú. Lima, Perú, 1993.
- **DEL AMBIENTE, Ley General.** Ley General del Ambiente. LEY N° 28611. Art 79,82. 2017.
- **MINISTERIO DEL AMBIENTE. 2012.** *Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental, 0–396.* 2012.
- **Decreto Supremo N° 013-2009-MINAM** Política Nacional del Ambiente, Gestión Integral de la Calidad Ambiental”
- **Decreto Supremo N° 003 – 2010 – MINAM,** límites máximos permisibles para los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- **Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM** Estándares de Calidad Ambiental (ECA)
- **YUCRA, r. r. 2016.** *Influencia del pet reciclado en las.* Puno: s.n., 2016.
- **HUERTA, rodrigo y PACHECO, luis. 2020.** *Evaluación y diseño de un sistema de tratamiento de aguas.* Cerro de Pasco: s.n., 2020.
- **CISTERNA OSORIO, Pedro y PEÑA, Daisy. 2014.** Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región. Universidad Tec. Fed. Sta Maria, 2014. 2014
- **MAZA MEJÍA, Jhonatan Raúl. 2017.** “*Lombrifiltro para mejorar la calidad de las aguas residuales*”. 2017.
- **AGUILAR ASCON, Edwar Alejandro.** Evaluación de la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua. 2015.

- **ÑAUPAS, H. 2014.** *metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis (Cuarta edi; Ediciones U, Ed.). Recuperado de [https://www. freelibros. me/metodologia-de-la-investigacion/metodologiade-la-investigacion-4ta-edicion-humberto-naupas-paitan](https://www.freelibros.me/metodologia-de-la-investigacion/metodologiade-la-investigacion-4ta-edicion-humberto-naupas-paitan). 2014.*
- **BERNAL . 2010.** *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales. In PEARSON EDUCACIÓN (Vol. 3, Issue Colombia). 2010.*
- **MARINNI , Bravo y ANDRES, Marcelo. 2019.** *Diseño y evaluación del uso de lombrifiltro como alternativa al tratamiento de residuos líquidos industriales en el proceso de producción de carragenina. Concepcion, Chile: s.n., 2019.*
- **CANDELA ORDUZ, Rubén Darío, et al.** *Las microalgas y el tratamiento de aguas residuales: conceptos y aplicaciones. Una revisión bibliográfica. 2016.*
- **CAPELO SEGOVIA, Cristian Rodolfo.** *Diseño de una Planta De Tratamiento de Aguas Residuales para el Barrio Jesús del Gran Poder del Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo para un Periodo de Retorno De 40 Años. 2022.*
- **CALVO AGUILAR, ANGEL DAVID.** *análisis integral de factibilidad de inversión en procesos para la recuperación de agua a partir de un efluente industrial. 2021.*
- **CÉLIZ MOLINA, Eduardo Junior.** *Efecto del tiempo de retención hidráulica en un reactor de biodiscos a escala de laboratorio, en la depuración de efluentes del matadero municipal de Tingo María–Huánuco. 2019.*
- **RODAS HERNÁNDEZ, Jhorlin Elí.** *Propuesta de Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Decantación de Flujo Radial para reducir el grado de Contaminación del cuerpo Receptor, Distrito de Yántalo-Moyobamba. 2017.*

- **LÓPEZ VELÁSQUEZ, Amelia; QUISPE BEDOYA, Manuel Fernando.** Revisión Sistemática: Identificación y eliminación de microplásticos para la descontaminación de aguas residuales, 2021. 2021.
- **ARANA LLASHAG, Haysen Juvenal.** Influencia del lombrifiltro en la remoción de la DBO5 y DQO de las aguas residuales domésticas para zonas rurales de la provincia de Cusco, departamento Cusco. 2022.
- **ARANDA SABOYA, Gloria Sol; PINCHI GREENWICH, Xiome.** Eficiencia de las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de nutrientes en las aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha por los efluentes de la ganadería del Águila.–Morales-San Martin, 2019. 2020.
- **AFOLALU, Sunday A. 2022.**
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322023823>.
 [En línea] 2022.
- **DIAZ REVILLA, Luis Eli y ZAFRA OLANO, Alexandra Kristel. 2018.** Implementación de un lombrifiltro para el tratamiento de aguas residuales procedentes del Camal Municipal de Cajamarca en 2017. Cajamarca: s.n., 2018.
- **Area, M. C., Ojeda, S. A., Barboza, O. M., Bengoechea, D. I., & Felissia, F. E. (2010).** Tratamientos aplicables para la reducción de la DQO recalcitrante de efluentes de pulpados quimimecánicos y semiquímicos (revisión). *Revista de Ciencia y Tecnología*, (13), 0-0.
- **NAVARRETE, Julio Mejia. 2000.** *El muestreo en la investigación cualitativa. Investigaciones sociales, 2000, vol. 4, no 5,.* 2000.
- **NOUKEU, N. A. 2016.** *et al. Characterization of effluent from ood processing industries and stillage treatment trial with Eichhornia crassipes (Mart.) and Panicum maximum (Jacq.). Water resources and industry.s.l.:* Vol 16, 2016.
- **PAPADAKI, Aikaterini. 2018.** *et al. Bioprocess development for biolubricant production using microbial oil derived via fermentation from*

confectionery industry wastes. Bioresource technology, 2018, vol. 267. 2018.

- **RAMÓN, Jacipt Alexander, LEÓN, José Alejandro y CASTILLO, Nelson. 2015.** *Diseño de un sistema alternativo para el tratamiento de aguas residuales urbanas por medio de la técnica de lombrifiltros utilizando la especie Eisenia foetida.* s.l.: Revista Mutis, 2015. Vol. 5.
- **SABOYA RIOS, Xiomí Vasni. 2018.** *Eficiencia del método de lombrifiltro en la remoción de los contaminantes de las aguas residuales domésticas.* Chachapoyas - Amazonas: s.n., 2018.
- **VIZCAÍNO MENDOZA, Lissette y FUENTES MOLINA, Natalia. 2016, Vol 19 n° 1.** *Efectos de Eisenia foetida y Eichhornia crassipes en la remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes en efluentes domésticos.* Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica,. Bogotá, Colombia: s.n., 2016, Vol 19 n° 1.
- **WANG, Longmian, y otros. 2011.** Performance and mechanisms of a microbial-earthworm ecofilter for removing organic matter and nitrogen from synthetic domestic wastewater, Journal of Hazardous Materials. [En línea] 2011.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389411010405>.

X. ANEXOS

- Matriz de consistencia

TRATAMIENTO CON LOMBRIFILTRO PARA LA REDUCCIÓN DE DQO Y DBO₅ DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE CONFITERÍA, 2022

| Problema general | Objetivo general | Hipótesis general | Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensión | Indicadores | Unidad | Técnica | Instrumento | Método |
|---|--|--|--|---|---|--|--|-----------------------------------|---|--|---|
| ¿De qué manera el tratamiento con lombrifiltro influye en la remoción de la DBO ₅ y DQO de efluente industrial de una planta de confitería, 2022? | Evaluar el tratamiento con lombrifiltro en la remoción de la DBO ₅ y DQO de efluente industrial de una planta de confitería, 2022. | El tratamiento con lombrifiltro será eficiente en la remoción de la DBO ₅ y DQO de efluente industrial de una planta de confitería, 2022. | Independiente: tratamiento con lombrifiltro | El lombrifiltro es un método alternativo para el tratamiento de aguas residuales con respecto a los tratamientos convencionales, este sistema de tratamiento utiliza microorganismos y lombrices californianas en el proceso por lo que precisa conservar ciertas condiciones operacionales para evitar cualquier daño en el mismo. La clave en el correcto funcionamiento de este sistema se encuentra en su correcto sistema de alimentación de agua residual. El sistema de alimentación para lombrifiltro en diferentes escenarios de producción de aguas residuales provenientes de una fuente constante, una industria y un municipio (Cárdenas, 2018). | El tratamiento por lombrifiltro es un método biológico utilizando como medio filtrante de remoción de la carga orgánica el aserrín cuyo espesor es fundamental para su óptimo funcionamiento, el aserrín funciona también como el medio de sustento de las lombrices cuya actividad biológica utiliza la carga orgánica retenida en el aserrín como alimento y no permitir que se sature el medio filtrante, esta acción del lombrifiltro reduce la concentración de DBO ₅ y DQO de los efluentes, mantener un pH adecuado y un TRH suficiente, permite tener una población saludable de lombrices en el sustrato y mantener un rendimiento óptimo del lombrifiltro. | pH de las aguas Tiempo de retención hidráulica (TRH) del lombrifiltro Características de diseño lombrifiltro | pH 1= 7 pH 2 = 7,5 TRH 1 = 12 TRH 2 = 24 Altura de aserrín | Acido/base HORAS cm | Observacional Experimental | Fichas de recolección de datos | TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Explicativo DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Cuasi Experimental - Diseño Factorial MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN: Hipotético Deductivo POBLACIÓN: efluente industrial |
| Problemas específicos ¿Cuál será el efecto de las características del diseño de lombrifiltro en la remoción de la DBO ₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería? | Objetivos específicos Determinar las características del diseño de lombrifiltro en la remoción de la DBO ₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería. | Hipótesis específicas Las características de diseño del lombrifiltro influirán en la remoción de la DBO ₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería | variables | definición conceptual Efluente industrial de una planta de confitería es el resultante de la actividad de producción, en el caso de los efluentes de una planta de confitería contienen gran carga orgánica la cual debe ser tratada antes de su eliminación o reutilización, debido a que si no cuenta con un tratamiento debido podría generar un impacto significativo al medio ambiente. | definición operacional Estimación de rendimiento de la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno (Aguilar,2015). | dimensión Concentración DBO ₅ Y DQO antes y después del tratamiento. | indicadores DBO ₅ | unidad mg/L | técnica Observacional Experimental | instrumento Fichas de recolección de datos | MUESTREO - no probabilístico - Conveniencia: Corresponde a 90 l de efluente industrial por ensayo. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS: Observación INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: Fichas de recopilación de datos |
| ¿Cuál será el efecto de la remoción de la DBO ₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería? | Determinar el efecto pH en la remoción de la DBO ₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería. | El pH en el rango de 7 – 7,5 será óptimo para la remoción de la DBO ₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería | Dependiente: remoción de la DBO₅ y DQO | | | | | | | | |
| ¿Cuál será el efecto del tiempo de retención hidráulica (TRH) del lombrifiltro en la remoción de la DBO ₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería? | Determinar el efecto del tiempo de retención hidráulica (TRH) del lombrifiltro en la remoción de la DBO ₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería. | El tiempo de retención hidráulica de 12h a 24h (TRH) del lombrifiltro influirá en la remoción de la DBO ₅ y DQO del efluente industrial de una planta de confitería | | | | | | | | | |

- Ficha de recolección de datos.

| DATOS GENERALES | | | | |
|--|---------|---|-----|----------------|
| Título | | "TRATAMIENTO CON LOMBRIFILTRO PARA LA REMOCIÓN DE DQO Y DBO ₅ DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE CONFITERÍA, 2022" | | |
| Línea de Investigación: | | INGENIERÍA AMBIENTAL Y GEOLÓGICA | | |
| Escuela: | | | | |
| Autores: | | Bach. CARLOS ENRIQUE FERNANDEZ MUÑOZ Bach. PEDRO ROBERTO ORDOÑEZ GRANADOS Bach. JHONATAN SANTOS PORRAS | | |
| Asesor: | | Ms.C. MARÍA PAULINA ALIAGA MARTÍNEZ | | |
| Ficha 01: Características químicas de la carga orgánica del efluente antes y después del tratamiento. | | | | |
| Fecha | | Hora | | |
| DATOS DE RECOLECCIÓN | | | | |
| N° | Detalle | DBO5 | DQO | Observación |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Especialista 1 | | Especialista 2 | | Especialista 3 |

| DATOS GENERALES | | | | |
|--|---------|---|-----------|----------------|
| Título | | "TRATAMIENTO CON LOMBRIFILTRO PARA LA REMOCIÓN DE DQO Y DBO ₅ DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE CONFITERÍA, 2022" | | |
| Línea de Investigación: | | INGENIERÍA AMBIENTAL Y GEOLÓGICA | | |
| Escuela: | | | | |
| Autores: | | Bach. CARLOS ENRIQUE FERNANDEZ MUÑOZ Bach. PEDRO ROBERTO ORDOÑEZ GRANADOS Bach. JHONATAN SANTOS PORRAS | | |
| Asesor: | | Ms.C. MARÍA PAULINA ALIAGA MARTÍNEZ | | |
| Ficha 02: Características de diseño del lombrifiltro. | | | | |
| Fecha | | | Hora | |
| DATOS DE RECOLECCIÓN | | | | |
| N° | Detalle | Aserrín | Lombrices | Observación |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Especialista 1 | | Especialista 2 | | Especialista 3 |

| DATOS GENERALES | | | | | |
|---|---------|--|------|----------------|-------------|
| Título | | "TRATAMIENTO CON LOMBRIFILTRO PARA LA REMOCIÓN DE DQO Y DBO ₅ DEL | | | |
| Línea de Investigación: | | INGENIERÍA AMBIENTAL Y GEOLÓGICA | | | |
| Escuela: | | | | | |
| Autores: | | Bach. CARLOS ENRIQUE FERNANDEZ MUÑOZ Bach. PEDRO ROBERTO ORDOÑEZ GRANADOS Bach. JHONATAN SANTOS PORRAS | | | |
| Asesor: | | Ms.C. MARÍA PAULINA ALIAGA MARTÍNEZ | | | |
| Ficha 03: Parámetros de operación (pH, T° y TRH) | | | | | |
| Fecha | | | Hora | | |
| DATOS DE RECOLECCIÓN | | | | | |
| N° | Detalle | pH | T° | TDH | Observación |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Especialista 1 | | Especialista 2 | | Especialista 3 | |

- Ficha de validación

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres:
- 1.2 Cargo e institución donde labora:
- 1.3 Especialidad o línea de investigación:
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de la evaluación: ficha de recolección de Datos
- 1.5 Autor de instrumento: Fernández Carlos, Ordoñez Pedro, Santos Jhonatan

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | | | | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | | | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | | | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | | | | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | | | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | | | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | | | | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | | | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

| | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |

Lima, de del 2022