



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE UN MATADERO
AVÍCOLA CON LA TECNOLOGÍA DE LOS VERMIFILTROS”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

Wilfredo Enrique Moscoso Palomares (0000-0002-8015-4979)

Asesor:

Betty Soledad Peña Orocaja (0000-0002-2766-5542)

Lima – Perú

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 04 de julio del 2022.

Los integrantes del jurado de tesis:

Presidente: Dr. Ing. Noé Ordóñez Machicao
Miembro: Mg. Ing. Keyla Esther Quispe Basualdo
Miembro: Mg. Blga. Catherine Coronado León

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE UN MATADERO AVÍCOLA CON LA TECNOLOGÍA DE LOS VERMIFILTROS"

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Wilfredo Enrique Moscoso Palomares**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Ing. Betty Soledad Peña Orocaja

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

Tesisista: Wilfredo Enrique Moscoso Palomares		Nota (en letras): 17 (DIECISIETE)	
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dr. Ing. Noé Ordóñez Machicao
Presidente



Firmado digitalmente por:
QUISPE BASUALDO Keyla
Esther FIR 40715563 hard
Móvil: Soy el autor del
documento
Fecha: 04670522 20:12:28-0500

Mg. Ing. Keyla Esther Quispe Basualdo
Miembro 1



Mg. Blga. Catherine Coronado León
Miembro 2



Ing. Betty Soledad Peña Orocaja
Asesor

Dedicatoria

A mis padres y mis abuelos por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; la mayoría de mis logros se los debo a ustedes por siempre creer en mi persona y nunca dejarme de apoyar. Me formaron con los valores y libertades que todo hijo desearía. Asimismo, agradecer a Dios por siempre brindarme salud y las fuerzas necesarias cuando hubo días difíciles.

Agradecimientos

Agradezco mucho por la ayuda de mis maestros, mis compañeros, y a la universidad en general por las oportunidades que me brindaron para ser cada día un mejor profesional. Asimismo, agradecer en especial a mi asesora de tesis la profesora Betty Peña Orocaja que sin ella este proyecto no hubiese sido posible, su apoyo y conocimiento ha sido invaluable en todo este tiempo.

Por otro lado, agradecer el apoyo de mi familia y amigos; no podría sentirme más ameno con la confianza puesta sobre mi persona, especialmente cuando he contado con sus buenos deseos. Asimismo, agradecer al emprendimiento “KAY PACHA GROW SHOP” que comencé con mi compañero de universidad Oscar Eduardo Rodríguez Gómez, que gracias a ello ambos pude costear la presente investigación.

Este nuevo logro es en gran parte gracias a todas las personas mencionadas en los párrafos anteriores; he logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer tarea interminable o titánica. Quisiera dedicar mi tesis a ustedes, personas de bien y desearles a su vez muchos éxitos y bendiciones.

INDICE GENERAL

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
II. MARCO TEÓRICO	18
1. ANTECEDENTES.....	18
2. AGUAS RESIDUALES.....	20
2.1. <i>Tipos de aguas residuales</i>	22
3. CONTAMINACIÓN DE AGUAS.....	24
<input type="checkbox"/> <i>Malos olores y sabores</i>	24
<input type="checkbox"/> <i>Acción tóxica</i>	25
<input type="checkbox"/> <i>Vehículo de infección</i>	25
<input type="checkbox"/> <i>Acción sobre el entorno</i>	25
<input type="checkbox"/> <i>Polución térmica</i>	26
<input type="checkbox"/> <i>Eutrofización</i>	26
<input type="checkbox"/> <i>Impacto sobre las aguas subterráneas</i>	26
4. PARÁMETROS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES CRUDAS.....	27
5. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	28
6. TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	29
6.1. <i>Pretratamiento</i>	29
6.2. <i>Tratamiento primario</i>	30
6.3. <i>Tratamiento secundario</i>	30
6.4. <i>Tratamiento terciario</i>	32
7. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA).....	33
8. TECNOLOGÍA DE LOS VERMIFILTROS	36
9. LOMBRICES DE TIERRA	37
10. LOMBRICULTURA.....	39
10.1. <i>Temperatura</i>	40
10.2. <i>Humedad</i>	40
10.3. <i>Aireación</i>	41
10.4. <i>Acidez – alcalinidad</i>	41
11. EISENIA FETIDA	41
11.1. <i>Sistema circulatorio</i>	43
11.2. <i>Sistema respiratorio</i>	43
11.3. <i>Sistema nervioso</i>	43
11.4. <i>Reproducción</i>	43
11.5. <i>Características específicas</i>	44
III. OBJETIVOS	45
12. OBJETIVO GENERAL.....	45
13. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	45
IV. METODOLOGÍA	46
14. MATERIALES, QUÍMICOS Y EQUIPOS.....	46
14.1. <i>Materiales</i>	46

14.2.	<i>Insumos químicos y reactivos</i>	47
15.	MÉTODOS	47
15.1.	<i>Ubicación de los tratamientos</i>	48
15.2.	<i>Recolección del agua residual</i>	48
15.3.	<i>Protocolos de bioseguridad</i>	49
15.4.	<i>Transporte y almacenamiento del agua residual</i>	50
15.5.	<i>Ensayos experimentales</i>	50
15.6.	<i>Estratificación de los tratamientos</i>	51
15.7.	<i>Peso de lombriz (E. fetida)</i>	54
15.8.	<i>Caudal de riego</i>	55
15.9.	<i>Caracterización físico-química del agua residual proveniente del matadero avícola</i>	55
15.10.	<i>Toma de muestra</i>	57
15.11.	<i>Transporte y almacenamiento de las muestras</i>	59
15.12.	<i>Disposición de los materiales finalizado el estudio</i>	60
V.	RESULTADOS	61
16.	ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL MATADERO AVÍCOLA	61
16.1.	<i>Análisis de la semana 2</i>	62
16.2.	<i>Análisis de la semana 4</i>	62
16.3.	<i>Análisis de la semana 6</i>	63
16.4.	<i>Análisis de la semana 8</i>	64
16.5.	<i>Análisis de la semana 10</i>	65
16.6.	<i>Análisis de la semana 12</i>	66
VI.	DISCUSIONES	68
17.	CARACTERIZACIÓN	68
17.1.	<i>Semanas 2 y 4 de tratamiento</i>	68
17.2.	<i>Semana 6 de tratamiento</i>	69
17.3.	<i>Semanas 8 y 10 de tratamiento</i>	71
17.4.	<i>Semana 12 de tratamiento</i>	71
17.5.	<i>Demanda química de oxígeno (DQO) y Aceites y grasas (AyG)</i> 73	
17.6.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)</i>	74
17.7.	<i>Sólidos suspendidos totales (SST)</i>	74
17.8.	<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	75
VII.	CONCLUSIONES	77
VIII.	RECOMENDACIONES	78
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
X.	ANEXOS	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Cuadro sinóptico de las características del agua residual.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Figura 2	41
Figura 3	47
Esquematización metodológica para la presente investigación	47
Figura 4	48
Ubicación del vermifiltro y filtro control	48
Figura 5	49
Ubicación del matadero avícola (recolección de la muestra)	49
Figura 6	52
Composición del vermifiltro (VF) y filtro control (FC)	52
Figura 7	91
Tamizado de grava.....	91
Figura 8	92
Instalación del VF y FC	92
Figura 9	93
Llenado del tanque rotoplas con el agua sin tratamiento	93
Figura 10	93
Toma de muestra del agua residual sin tratamiento.....	93
Figura 11	94
Toma de muestra del agua tratada	94
Figura 12	98
Resultados del agua residual sin tratamiento semana 0	98
Figura 13	99
Resultados del agua residual tratada semana 2 (VF)	99
Figura 14	100
Resultados del agua residual tratada semana 2 (FC)	100
Figura 15	101
Resultados del agua residual sin tratamiento semana 2	101
Figura 16	102
Resultados del agua residual tratada semana 4 (VF)	102
Figura 17	103

Resultados del agua residual tratada semana 4 (FC)	103
Figura 18	104
Resultados del agua residual sin tratamiento semana 4	104
Figura 19	105
Resultados del agua residual tratada semana 6 (VF)	105
Figura 20	106
Resultados del agua residual tratada semana 6 (FC)	106
Figura 21	107
Resultados del agua residual sin tratamiento semana 6	107
Figura 22	108
Resultados del agua residual tratada semana 8 (VF)	108
Figura 23	109
Resultados del agua residual tratada semana 8 (FC)	109
Figura 24	110
Resultados del agua residual sin tratamiento semana 8	110
Figura 25	111
Resultados del agua residual tratada semana 10 (VF)	111
Figura 26	112
Resultados del agua residual tratada semana 10 (FC)	112
Figura 27	113
Resultados del agua residual sin tratamiento semana 10	113
Figura 28	114
Resultados del agua residual tratada semana 12 (VF)	114
Figura 29	115
Resultados del agua residual tratada semana 12 (FC)	115
Figura 30	129
Vf media de las semanas analizadas parámetros (DQO, AYG, SST, DBO) ..	129
Figura 31	130
Fc media de las semanas analizadas parámetros (DQO, AYG, SST, DBO)..	130
Figura 32	131
Vf media de las semanas analizadas pH	131
Figura 33	131
Fc media de las semanas analizadas pH	132

Figura 34	134
Comparaciones en parejas para el parámetro d _{qo} (mgo ₂ /l)	134
Figura 35	134
Comparaciones en parejas para el parámetro a y g (mg/l)	134
Figura 36	135
Comparaciones en parejas para el parámetro sst (mg/l).....	135
Figura 37	135
Comparaciones en parejas para el parámetro d _{bo} (mg/l)	135
Figura 38	136
Comparaciones en parejas para el parámetro pH.....	136

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	27
Características físicas químicas y biológicas del agua residual.	27
Tabla 2	29
Niveles de procesamiento de aguas residuales	29
Tabla 3	33
Valores Máximos Admisibles.....	33
Tabla 4	38
Clasificación de lombrices de tierra	38
Tabla 5	40
Tabla de temperaturas óptimas para las distintas especies	40
Tabla 6	42
Clasificación sistemática de E. fétida	42
Tabla 7.	53
Descripción de las capas del lecho filtrante.....	53
Tabla 8	53
Composición del Vermiltro y Filtro Control	53
Tabla 9	56
Parámetros analizados durante el proyecto y repeticiones de cada punto	56
Tabla 10	58
Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.....	58
Tabla 11	61
Agua residual proveniente del matadero avícola.....	61
Tabla 12	62
Resultados del Agua residual tratada VF y FC.....	62
El resumen del análisis de la semana 4 se encuentra en la Tabla 13.....	62
Tabla 13	63
Resultados del Agua residual tratada VF y FC.....	63
Tabla 14	63
Resultados del Agua residual tratada VF Y FC	63
Tabla 15	64
Resultados del Agua residual tratada VF Y FC	64
Tabla 16	65

Resultados del Agua residual tratada VF Y FC	65
Tabla 17	66
Resultados del Agua residual tratada VF Y FC	66
Tabla 18	116
Evaluación de Efectividad del Tratamiento.....	116
Tabla 19	118
Análisis detallado de la evaluación del efecto del Tratamiento en DQO	118
Tabla 20	120
Análisis detallado de la evaluación del efecto del Tratamiento en A y G	120
Tabla 21	122
Análisis detallado de la evaluación del efecto del Tratamiento en SST	122
Tabla 22	124
Análisis detallado de la evaluación del efecto del Tratamiento en DBO.....	124
Tabla 23	126
Análisis detallado de la evaluación del efecto del Tratamiento en pH.....	126
Tabla 24	128
Media de las semanas analizadas del VF	128
Tabla 25	128
Media de las semanas analizadas del FC.....	128
Tabla 26	133
Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis	133
Tabla 27	136
Matriz de consistencia.....	136
Tabla 28	137
Operacionalización de variables.....	137

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico	91
Anexo 2. Resolución directoral de aprobación del proyecto de tesis	95
Anexo 3. Constancia del comité de ética	96
Anexo 4. Constancia de ampliación de plazo entrega de tesis	97
Anexo 5. Resultados análisis de los parámetros físico – químicos (SGS)	98
Anexo 6. Resultados de los parámetros físico – químicos (3 repeticiones) ...	116
Anexo 7. Evaluación del efecto del tratamiento en dqp.....	118
Anexo 8. Evaluación del efecto del tratamiento en AYG	120
Anexo 9. Evaluación del efecto del tratamiento en SST.....	122
Anexo 10. Evaluación del efecto del tratamiento en DBO.....	124
Anexo 11. Evaluación del efecto del tratamiento en pH	126
Anexo 12. Media final de todos los tratamientos en el vermifiltro.....	128
Anexo 13. Media final de todos los tratamientos en el filtro control.....	128
Anexo 14. Gráfico de la eficiencia del tratamiento a través de las semanas vermifiltro.....	129
Anexo 15. Gráfico de la eficiencia del tratamiento a través de las semanas filtro control	130
Anexo 16. Gráfico de la eficiencia del tratamiento del pH	131
Anexo 17. Gráfico de la eficiencia del tratamiento del pH	131
Anexo 18. Análisis estadístico.....	133
Anexo 19. Extrapolación planta de tratamiento	137

RESUMEN

En los últimos años, los vermifiltros presentan una alternativa muy atractiva para el tratamiento de aguas residuales debido a su bajo costo y elevados porcentajes de remoción. Por ello, la presente investigación tuvo como fin evaluar la eficiencia del vermifiltro (VF) con respecto al filtro control en la reducción de los parámetros físico-químicos de las aguas residuales provenientes de un matadero avícola. La metodología incluyó un vermifiltro con cuatro capas (grava grande con arena, grava pequeña, arena y tierra con lombrices *Eisenia fetida*) y un filtro control sin lombrices de tierra, en los que se buscó demostrar la eficiencia del vermifiltro a largo plazo, a través de la reducción de los parámetros físico-químicos (demanda química de oxígeno o DQO, aceites y grasas o AyG, sólidos suspendidos totales o SST, demanda bioquímica de oxígeno o DBO y pH) de los efluentes. El diseño experimental constó de tres repeticiones, utilizándose la prueba de Kruskal-Wallis debido que no se cumplió con la normalidad y homogeneidad de varianzas. La eficiencia en el VF aumentó a través de los ensayos, llegando a tener una remoción del $96.15\% \pm 0.48\%$ de DQO, $98.75\% \pm 0.15\%$ de AyG, $99.58\% \pm 0.04$ de SST, $99.83\% \pm 0.01$ de DBO y pH de 7.03 ± 0.06 ; por otro lado, el FC fue decreciendo en su eficiencia de remoción de $91.81\% \pm 0.17\%$ de DQO, $92.16\% \pm 0.41\%$ de A y G, $99.24\% \pm 0.08\%$ de SST, $99.76\% \pm 0.02\%$ de DBO y pH 7.50 ± 0.10 . Se confirmó que ambos tratamientos cumplen con los parámetros establecidos en el D.S 010-2019-VIVIENDA (VMA); asimismo, se atribuye que la eficiencia del VF se debe directamente a la lombriz *Eisenia fetida*.

Palabras clave: DQO, *Eisenia fétida*, remoción, VMA, efluentes.

ABSTRACT

In recent years, vermifilters have presented a very attractive alternative for wastewater treatment due to their low cost and high removal percentages. Therefore, the purpose of this research was to evaluate the efficiency of the vermifilter (VF) with respect to the control filter in reducing the physical-chemical parameters of wastewater from a poultry slaughterhouse. The methodology included a vermifilter with four layers (large gravel with sand, small gravel, sand and soil with *Eisenia fetida* worms) and a control filter without earthworms, in which it was sought to demonstrate the efficiency of the vermifilter in the long term, through of the reduction of physical-chemical parameters (chemical oxygen demand or COD, oils and fats or A&G, total suspended solids or TSS, biochemical oxygen demand or BOD and pH) of the effluents. The experimental design consisted of three repetitions, using the Kruskal-Wallis test because the normality and homogeneity of variances were not met. The efficiency in the VF increased through the tests, reaching a removal of $96.15\% \pm 0.48\%$ COD, $98.75\% \pm 0.15\%$ AyG, $99.58\% \pm 0.04$ TSS, $99.83\% \pm 0.01$ BOD and pH of 7.03 ± 0.06 ; on the other hand, the FC was decreasing in its removal efficiency of $91.81\% \pm 0.17\%$ COD, $92.16\% \pm 0.41\%$ A and G, $99.24\% \pm 0.08\%$ TSS, $99.76\% \pm 0.02\%$ BOD and pH 7.50 ± 0.10 . It was confirmed that both treatments meet the parameters established in D.S 010-2019-HOUSING (VMA); Likewise, it is attributed that the efficiency of the VF is directly due to the *Eisenia fetida* worm.

Keywords: COD, *Eisenia fetida*, removal, VMA, effluents.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, los países que tienen un Ingreso Nacional Bruto (PBI) per cápita alto logran tener un tratamiento de sus aguas residuales mayor al 70 %, en comparación con los países con un PBI per cápita medio-alto, que solo tratan el 38% de sus aguas, los países con un PBI per cápita medio-bajo, que solo tratan el 28% de sus aguas, y los países con un PBI per cápita bajo, que solo tratan el 8% de sus aguas. Estos estudios dan como resultado que más del 80% de las aguas residuales a nivel mundial se vierten directamente a los cuerpos de agua sin un previo tratamiento (UNESCO, 2017).

El Perú genera aproximadamente 246 714 333 m³/día de aguas residuales sin tratamiento que son vertidas al alcantarillado de las entidades prestadoras de servicios, solo 38% de estas aguas residuales recibe un tratamiento previo antes de ser vertidas a los cuerpos de agua. La ciudad de Lima genera un aproximado de 76 884 719 m³/día de aguas residuales, estas aguas son vertidas a la red de alcantarillado de SEDAPAL y el 92.2% de estas es debidamente tratado antes de su vertimiento a los cuerpos de agua (INEI, 2019).

Por otro lado, la avicultura es una actividad muy importante en el mundo, ya que logra satisfacer las necesidades alimenticias de una población que va creciendo permanentemente. El consumo de pollo a nivel mundial ha aumentado en los últimos 20 años. No obstante, cuando la crianza se produce en zonas urbanas, generan diversos problemas ambientales enfocados a la emisión de efluentes, ocasionando diversos problemas de contaminación de suelos, aguas, polvo y mal olor, los cuales logran producir diversos problemas de salud pública y ambiental (Seclén, 2017).

En el Perú, el sector avícola es muy relevante ya que es el responsable del 67% de proteína animal consumida en el país, la tasa de crecimiento en el sector avícola ha

aumentado en 7.8% en los últimos 10 años (Saavedra, 2016). La demanda de pollo en pie en Lima Metropolitana y Callao ha crecido en 6.4% anualmente desde el año 2000 hasta el 2018; pasando del consumo de 92.1 miles de unidades en el año 2000 a 281.2 millones de unidades en el 2018. Asimismo, la masa ofertada ha crecido de 237.7 mil toneladas a 764.6 mil toneladas; cabe señalar que en los dos casos mencionados las tasas fueron superiores al crecimiento poblacional de Lima Metropolitana y Callao (MINAGRI, 2018).

Según MINAGRI (2018), la mayor parte de masa comercializada de pollo en Lima y Callao corresponde a la empresa San Fernando, con un 30.7%, en segundo puesto se encuentra la empresa Redondos, con un 25.4%, en tercer puesto la empresa Ganadería Santa Elena, con un 16.4%, en cuarto puesto la empresa Agroinversiones los Abedules S.C.R.L., con un 11.3%, y en quinto puesto la empresa GH Corp., con un 8.5 %. Las empresas señaladas tienen una oferta total del 92.3% anual en el 2018.

En los mataderos avícolas, el grado de contaminación de las aguas residuales dependerá de la capacidad de las instalaciones, limpieza de canales y trabajo en el proceso operativo. Las aguas residuales generadas en los mataderos no son conducidas mediante un adecuado sistema de rejillas, lo que provoca una gran descarga de sólidos al sistema de alcantarillado (El Peruano, 2011).

El tratamiento de estas aguas residuales se da a través tecnologías como: fosas sépticas, biorreactores de membrana, filtros percoladores y humedales artificiales; sin embargo, estos tratamientos presentan limitaciones en cuanto a costos de mantenimiento, debido que la generación de lodos va colmatando el sistema y haciéndolo menos efectivo (Arora et al., 2014).

Los vermifiltros son estructuras económicas, su tecnología es atractiva por su bajo costo y la no producción de lodos; cabe mencionar que, la estratificación y la altura de las capas llegan a ser factores importantes en la efectividad del tratamiento. Las condiciones aerobias permiten que los vermifiltros no produzcan lodos, evitando así costos en la disposición final de los mismos y el mantenimiento constante del sistema de tratamiento (Cardoso et al., 2013).

La presente investigación experimental buscó demostrar la efectividad de los vermifiltros, como una tecnología económica, práctica y eficiente para reducir la contaminación de los efluentes de un matadero avícola. El periodo de operación del proyecto fue tres meses calendario llegando a obtener resultados satisfactorios.

II. MARCO TEÓRICO

1. Antecedentes

Anusha y Sham (2015) investigaron la eficiencia de la vermifiltración para tratar las aguas residuales domésticas utilizando la especie *Eudrilus eugeniae*. En la investigación el VF estuvo conformado por tres capas (grava, arena y suelo con lombrices), las aguas residuales provenientes de los domicilios se infiltraron a través de las diferentes capas. Se obtuvieron reducciones del DQO 65.91% y 77.12% de cloruros. Se analizó que, si el número de lombrices aumenta, la eficiencia del tratamiento también aumentará; por lo tanto, la técnica de vermifiltración es un proceso eficiente e inodoro. La investigación muestra la eficacia de la lombriz en el tratamiento de los efluentes, confirmando además la importancia de los tratamientos con la vermifiltración.

Sheng et al. (2009) investigaron el uso de la tecnología de vermifiltración a escala gran escala. El material del VF tenía aproximadamente 1 m de altura y contenía tres capas (30 cm de arena gruesa con cuarzo, 40 cm de harina de madera con paja y 30 cm tierra con lombrices *Eisenia andre*). La reducción de los parámetros analizados fueron DQO con 93.5%, DBO con 96.8%, SS con 97.0%, nitrógeno total (NT) con 54.5% y fósforo total (PT) con 77.8%. El sistema de vermifiltración diseñado fue capaz de un trabajo continuo a largo plazo y los resultados determinaron que el VF diseñado podría tener un tratamiento continuo de las aguas producidas por más de 100 habitantes/día. Debido que el diseño fue a gran escala, se trabajó con una población definida que trataba sus aguas residuales constantemente durante el periodo del proyecto.

Lourenco y Nunes (2016) realizaron un estudio con la finalidad de comparar la vermifiltración en una sola etapa, con la alternativa de la vermifiltración en serie. El VF

tuvo cuatro capas y en la parte superior un espacio para una adecuada aireación natural. Se evaluaron cuatro abundancias de lombrices (*Eisenia foetida*), la abundancia de lombrices W20 demostró la más óptima con eficiencias de remoción de DBO con 97.5%, DQO con 91.1%, SST con 98.2% y amonio (NH_4^+) con 88.1%. Posteriormente se hizo la misma prueba de manera secuencial y los resultados de eliminación fueron DBO con 98.5%, DQO con 86.7%, SST con 96.6% y NH_4^+ con 99.1%. Considerando su trabajo de investigación, nos demostraron que vermifiltración como un tratamiento secuencial viene a ser más efectiva y remueve un mayor porcentaje de parámetros físico-químicos, recomendando analizar su efectividad para otros parámetros.

Como se menciona en el estudio anteriormente citado, en algunos casos se opta por un tratamiento secuencial de los VF, mientras que Wang et al. (2011) buscaron evaluar el rendimiento de tres VF usando la lombriz roja (*Eisenia fetida*). El trabajo consistió en colocar tres VF, los cuales estaban ubicados de manera secuencial, cada uno tuvo cuatro capas de filtros (30 cm de tierra con lombrices, 10 cm de arena, 10 cm de detritus fino y 5 cm de adoquines), que se usaron como lecho filtrante. La investigación tuvo una eficiencia promedio de remoción de DQO con 81.3%, amoníaco ($\text{NH}_3\text{-N}$) con 98.0%, PT con 98.4% y NT con 60.2%. La concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el afluente varió de 45.3 a 89.8 mg/L. Estos resultados nos demuestran nuevamente que los sistemas secuenciales de VF pueden mejorar significativamente las eficacias del tratamiento en comparación con el VF en una sola etapa.

En otros casos, se buscó evaluar la eficiencia del VF comparándolo con un filtro control (filtro sin lombrices). Acosta (2017) estudió la eficiencia de un VF usando la especie *Eisenia fetida*. Los filtros que se diseñaron contaron con dimensiones de 0.26 m de diámetro y 0.45 m de altura y con tres capas de lecho filtrante (grava 20 cm, arena 10

cm y tierra 5 cm). Finalmente, se obtuvo que en el día 62 de tratamiento, los porcentajes de DQO, DQO soluble, DBO y DBO soluble obtuvieron una eficiencia mayor en el VF; asimismo, se observó que en el FC la eficiencia de tratamiento fue disminuyendo a medida que transcurrieron los días. Por lo tanto, la metodología empleada tuvo un énfasis en demostrar que el VF es un sistema de tratamiento el cual no requiere de limpieza, debido a que las lombrices devoran la materia orgánica y no se generan lodos.

Manyuchi et al. (2013) aplicaron la tecnología de vermifiltración para el tratamiento de aguas negras municipales con lombriz de tierra *Eisenia fetida* comparando su eficiencia con un filtro control (sin lombrices). La reducción de los parámetros físico-químicos fue de la siguiente manera: el vermifiltro tuvo una eliminación de DBO de 98%, DQO de 70%, SDST de 95% y disminución de la turbidez en 98%; por otro lado, el FC presentó una eliminación de DBO de 75%, DQO de 20%, SDST de 60% y turbidez de 95%. El presente corroboró que la acción combinada de la *E. fetida* con un sistema de tratamiento geológico microbiano puede tratar con un mayor éxito las aguas residuales.

2. Aguas residuales

Las aguas residuales tienen un origen en el sistema de abastecimiento de agua de una comunidad, estas aguas han sido alteradas dependiendo de las actividades de una población (domésticas e industriales). El agua tendrá una composición de agentes físicos, químicos y biológicos, presentando una combinación de objetos orgánicos e inorgánicos, ya sean disueltos o suspendidos (Díaz et al., 2012). Según la FAO (2017), son aquellas aguas que no tienen un mismo valor de uso a comparación del que

tuvieron inicialmente debido a que la calidad no es apta para tal propósito; sin embargo, estas aguas pueden servir como insumo para otra actividad diferente.

Por lo antes mencionado, estas aguas residuales con características o propiedades modificadas tienen que pasar por un tratamiento previo debido a su baja calidad y posteriormente ser vertidas al alcantarillado o cuerpos naturales (OEFA, 2014).

Las aguas residuales suelen caracterizarse por el tipo de contaminantes y sus fuentes, estas aguas se caracterizan dependiendo de los agentes físicos, químicos y biológicos (Arce et al., s.f).

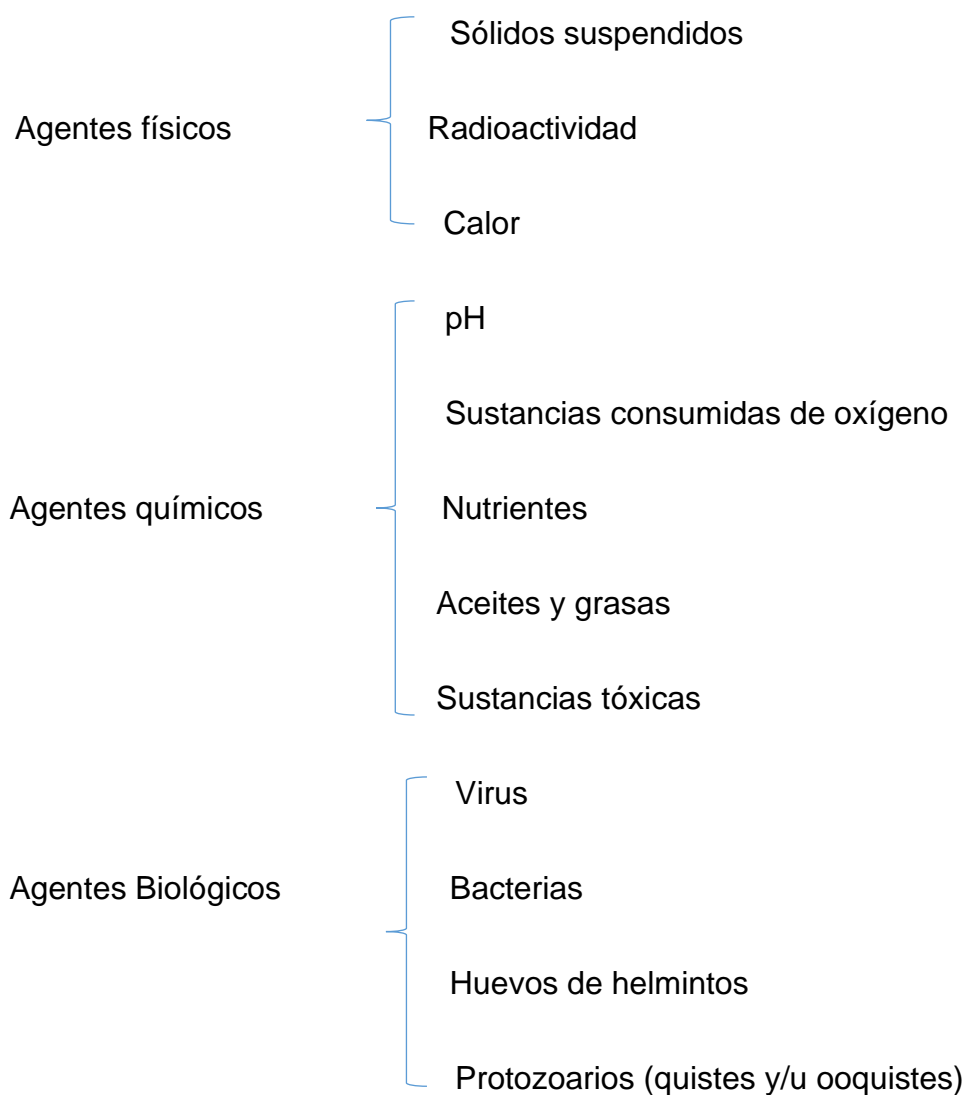


Figura 1

Cuadro sinóptico de las características del agua residual

Fuente: Arce et al. (s.f.)

2.1. Tipos de aguas residuales

La FAO (2017) agrupó a las aguas residuales en:

- a) Municipal no tratada: “Vertimiento de agua residual municipal no recolectada o vertido de agua residual municipal recolectada sin un previo tratamiento”.
- b) Municipal no tratada vertida (agua secundaria): “Agua procedente de origen municipal que es vertida en cuerpos de agua sin tratamiento previo”.
- c) Municipal producida: “Volumen anual de efluentes domésticos, comerciales e industriales, y escorrentía urbana (p. ej. aguas de tormenta), generada en áreas urbanas”.
- d) Municipal recolectada: “Agua residual municipal recolectada por el alcantarillado municipal para aguas residuales u otros sistemas de recolección formales”.
- e) Municipal tratada vertida (agua secundaria): “Agua residual tratada (primaria, secundaria y terciaria) anualmente producida por instalaciones para el tratamiento de agua residual municipal en el país”.

Espigares & Pérez (1985) indicaron que en el concepto de aguas residuales puede incluir aguas con distintos orígenes:

- a) Domésticas o aguas negras: Son originadas al mezclarse con heces y orina humana, aseo personal y cocina, así como limpieza de la casa. Tiene

concentraciones de materia orgánica y microorganismos, además de residuos de jabones, detergente, lejía y grasa.

b) Blancas: De origen atmosférico (nieve, lluvia o hielo) provienen de las precipitaciones de origen natural.

c) Industriales: El origen de estas aguas son actividades de manufactureras realizadas por el ser humano, las cuales contienen contaminantes que tienen un origen químico, vegetal o animal. Los componentes de este tipo de agua residual van a variar dependiendo de qué actividad realice la industria.

d) Agrícolas: Las aguas suelen formarse de las aguas urbanas cuando son usadas para el riego agrícola con o sin tratamiento anticipado.

El OEFA (2014) clasificó a las aguas residuales en tres grupos:

a) Domésticas: De origen residencial y comercial provenientes de actividades humanas y cuyas algunas composiciones son desechos fisiológicos.

b) Industriales: Resultan de procesos productivos como actividad minera, agrícola, agroindustrial, etc.

c) Municipales: Están mezcladas con agua de origen pluvial u origen industrial (previamente tratada) o ambas.

En el presente trabajo, se ha considerado la clasificación de aguas residuales del OEFA, para clasificar el agua proveniente del matadero avícola y analizar con qué normativa es posible comparar los parámetros de estas aguas residuales.

3. Contaminación de aguas

Se define como la alteración del recurso agua por compuestos tóxicos y derrames de fluidos ajenos al cuerpo de agua (río, mar, cuenca, laguna, entre otros), por lo que su calidad con respecto a un propósito se ve afectada (MINAM, 2016).

Según ANA (s.f.), la contaminación de las aguas es la variación de los parámetros (físico, químico y biológico), lo que conlleva a que esta sea apta o no para su utilización, teniendo un origen natural o antropogénico.

En las últimas décadas, los cuerpos de agua naturales han sido utilizados como receptores de aguas residuales provenientes de diferentes actividades antropogénicas, estas aguas son perjudiciales y alteran las propiedades del recurso agua. En efecto, inciden adversamente sobre la biodiversidad acuática y de la misma manera en las aguas subterráneas alterando directamente su calidad (Hernández, 2018).

De acuerdo con Espigares & Pérez (s.f.), las características de las aguas residuales son:

✓ **Malos olores y sabores**

Se generan debido a la variedad de sustancias que se encuentran en él, recalando a los productos de descomposición que sufren, sobre todo en procesos que se dan en un medio anaerobio, debido a que la materia orgánica se descompone y libera metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y óxido nitroso (N_2O). Asimismo, las causas naturales de olores también ocurren debido a la proliferación de microorganismos, procesos de descomposición y flora acuática.

✓ **Acción tóxica**

Es el impacto negativo que recibe la flora, fauna y los seres vivos que habitan en el medio acuático, el cual es propiciado por los residuos que llegan y con el tiempo se van concentrando en mayor cantidad, empeorando la situación. Asimismo, otro impacto que se ve a menudo es el uso de las aguas residuales sin tratamiento previo en el riego de las cosechas, lo que presenta un gran riesgo debido que los contaminantes llegarían directamente al ser humano, generando el desarrollo de enfermedades por microorganismos.

En pocas palabras, los residuos que llegan al cuerpo de agua no son los que intoxican directamente, su descomposición necesita gran cantidad de oxígeno, por lo que la presencia de este elemento en un ecosistema puede determinar directamente el desarrollo o no de los microorganismos.

✓ **Vehículo de infección**

Las aguas residuales actúan de manera directa o indirecta en la propagación de enfermedades; por ejemplo, con algunos animales marinos como los moluscos o peces actúan como parte de la cadena epidemiológica. Estas aguas contribuyen directa o indirectamente en la muerte de peces y mariscos en cualquier ecosistema acuático.

✓ **Acción sobre el entorno**

Una consecuencia quizá tomada sin mucho interés es la psicosocial, la cual, si se investiga a fondo, genera una gran afectación a aquellas personas que dependen de un ecosistema natural; es decir, del sector turístico. La afluencia de personas disminuiría con el tiempo y la economía se vería afectada. Las

aguas residuales afectan el medio en el que se desenvuelve el hombre, cambiando la armonía del paisaje, convirtiéndolo en un lugar inhóspito.

✓ **Polución térmica**

Para que los seres vivos puedan desarrollar sus actividades vitales, es imprescindible que el medio en el que se desarrollan se encuentre en condiciones favorables y un factor que va a convertir al medio en óptimo es la temperatura. Las aguas residuales también llevan consigo agua procedente de procesos de refrigeración industrial, lo que conlleva al aumento de la temperatura de la masa, alterando todo tipo de vida existente, de esta manera se elimina a especies estenotérmicas y da paso a las euritérmicas.

✓ **Eutrofización**

Este problema se da de forma natural o antropogénica, dándose origen por elevadas concentraciones de efluentes (ricos fósforo y nitrógeno), estos se encuentran en detergentes y excretas, así como en agua proveniente de la agricultura, que es rica en fertilizantes. Estos elementos influyen en el crecimiento desmedido de microflora, que alteran los caracteres organolépticos y dificultan el tratamiento de estas aguas.

✓ **Impacto sobre las aguas subterráneas**

Este problema es difícil de detectar y casi imposible eliminar cuando se ha determinado que la contaminación lleva un largo periodo. Esto se da por la infiltración de los residuos líquidos o sólidos, los cuales son resultado de las actividades humanas, estos residuos tienen propiedades físicas y químicas, lo que facilita su infiltración a capas bajas de la tierra.

4. Parámetros de la calidad de las aguas residuales crudas

Los parámetros de los cuerpos de agua son utilizados para evaluar la calidad que posee, algunos de estos son usados en el manejo de procesos de tratamiento donde se realizan mediciones de manera continua; asimismo, la forma de analizar o medir y el tratamiento adecuado a aplicar. Los parámetros se agrupan en físicos, químicos, biológicos y radiológicos (Rigola, 1990).

Es vital conocer las características del agua residual para aplicar un tratamiento adecuado. Estas aguas residuales tienen características físicas, químicas y biológicas (Da Cámara, Hernández, & Paz, s.f) (Tabla 1).

Tabla 1

Características físicas químicas y biológicas del agua residual.

Características	Parámetros
Físicas	Color
	Olor
	Sólidos
	Temperatura
Químicas	Orgánicos (Aceites y grasas, fenoles, proteínas, Carbohidratos, pesticidas)
	Inorgánicos (Alcalinidad, Cloruros, Nitrógeno, pH, Fósforo, Metales pesados y Azufre)
	Gases (Sulfuro de hidrogeno, Metano y Oxígeno)
Biológicos	Procariontas (eubacterias y arqueobacterias)
	Virus
	Parásitos

Fuente: Da Cámara et al. s.f.

5. Tratamiento de aguas residuales

Se define como un grupo de actividades y procesos, donde las actividades son recurrentes para tratar las aguas residuales hasta un nivel óptimo que permita alcanzar los parámetros adecuados para su disposición final o su reutilización (MINAM, 2009).

El tratamiento de aguas residuales es prioritario para prevenir la contaminación ambiental y en el recurso agua, así como para la salud pública. Es imprescindible realizar una evaluación de cuál va a ser el nivel óptimo del tratamiento a aplicar, así como saber cuál es el presupuesto para ver qué tipo de tratamiento se puede aplicar. Lo que se busca con estos procesos es que, mediante el manejo de estas aguas, resulte un efluente reusable o uno que pueda ser vertido a los cuerpos de agua de manera que se asegure que no generara impactos al medio ambiente. El objetivo es disminuir el nivel de microorganismos peligrosos a un nivel de mayor seguridad en el caso de encontrar a exposición (Reynolds, 2002).

El tratamiento de estas aguas tiene una meta, reducir el material los contaminantes, que puedan evidenciarse en forma de partículas en suspensión o partículas disueltas, por lo que el propósito de este proceso es obtener aguas residuales que tengan una calidad adecuada para ser vertidas a los cuerpos de aguas naturales, cumpliendo así la normativa designada o tipo de reutilización. Este objetivo se logrará mediante la implementación de procesos químicos o biológicos y operaciones físicas, cabe resaltar que la elección de estos procesos u operaciones se da dependiendo al tipo de agua residual y de su calidad (Pérez, 2013).

6. Tipos de tratamiento de aguas residuales

Según la INCyTU (2019), existen distintos tipos de depuración en los procesos de eliminación de los principales contaminantes contenidos en las aguas residuales (Tabla 2).

Tabla 2

Niveles de procesamiento de aguas residuales

Nivel	Procesos	Contaminantes removidos
Primario: Asentamiento de sólido	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación • Decantación • Lagunas de estabilización 	<ul style="list-style-type: none"> • Ajusta el pH del agua • Orgánicos e inorgánicos
Secundario: Tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta	<ul style="list-style-type: none"> • Lodos activados • Lagunas aireadas • Filtros biológicos • Reactores anaerobios de flujo ascendente 	<ul style="list-style-type: none"> • Orgánicos coloidales • Orgánicos disueltos
Terciario: Microfiltración y desinfección	<ul style="list-style-type: none"> • Desinfección • Filtración química 	<ul style="list-style-type: none"> • Orgánicos disueltos • Iones, bacterias, virus y parásitos

Fuente: INCyTU (2019).

Como menciona el MINAGRI (2018), actualmente se consideran los siguientes tratamientos:

6.1. Pretratamiento

Su finalidad es remover la mayor cantidad de sólidos que están suspendidos o acondicionar las aguas para un el siguiente tratamiento, en esta etapa los sólidos de mayor tamaño, las grasas flotantes y las arenas son eliminados.

Con el objetivo de lograr este pretratamiento, las cribas y rejas son las encargadas de atrapar los sólidos de mayor tamaño, posteriormente son retirados de forma mecánica o manual y son destruidos por procesos anaeróbicos o por incineración. Finalmente, el pretratamiento llega a su fin cuando pasa por desarenadores, estas son cámaras elaboradas para disminuir la velocidad del agua residual y remover los sólidos como arena u otros, esto sucede a través del proceso de sedimentación.

6.2. Tratamiento primario

En este punto se deja reposar el agua en un estanque con el fin que los residuos flotantes se vayan acumulando para su posterior extracción. De igual manera, los residuos más pesados como los fangos se van acumulando en el fondo del estanque. Lo que se busca con este tratamiento es eliminar los sólidos en suspensión y la materia orgánica.

Con el objetivo de lograr el tratamiento primario los sedimentadores son los encargados de separar los sólidos en suspensión, este método aprovecha la diferencia de pesos entre los sólidos y el agua. Por último, este tratamiento termina con la flotación método que ayuda a los fluidos a separarse por densidad (agua y aceite), el aceite es extraído por rebose y es acelerado por un flujo desde el interior del tanque.

6.3. Tratamiento secundario

Se busca descomponer la materia orgánica sobrante, el efluente del tratamiento anterior atraviesa unas balsas pobladas de bacterias que se alimentan de la materia orgánica sobrante y a su vez elimina los sólidos en suspensión.

Este tratamiento se logra a través de lagunas de estabilización, ellas permiten quitar la materia orgánica, la carga microbiana y los huevos de parásitos. Cabe señalar, que existen tres clases de lagunas de estabilización (aerobios, anaerobias y facultativas), las cuales se diferencian por la forma de estabilizar la materia orgánica mediante el uso del oxígeno.

Existen diferentes sistemas para el tratamiento secundario como:

- **Lodos activados:** Este tratamiento remueve un aproximado de 60% a 80% de materia orgánica soluble. El lodo se encarga de degradar la materia orgánica en el reactor biológico, debido que está compuesto por biomasa y sólidos inorgánicos.
- **Filtros percoladores:** Se procede a aplicar el agua residual sobre el medio filtrante compuesto por material de sintético o grava gruesa. En el material filtrante se cultivarán los microorganismos que degradarán la materia orgánica. Cabe señalar que la efectividad del tratamiento depende del tamaño del filtro percolador y la formación de las biopelículas.
- **Sistemas biológicos rotativos de contacto:** El tratamiento consiste en el cultivo de microorganismos, los cuales están encargados de la descomposición de la materia orgánica y se cultivarán en unos discos de soporte giratorios. En efecto, esta metodología se aplica cuando el efluente tiene bajas concentraciones de aceites y grasas, llegando a tener una efectividad del 70% a 90%.
- **Filtros intermitentes de arena:** Tratamiento aplicable solo cuando los efluentes tienen baja turbiedad, consisten en eliminar los sólidos sedimentables, microorganismos y la materia orgánica.
- **Tratamiento anaerobio de flujo:** Tratamiento con una tecnología fácil de operar, aplicable en climas tropicales, por ende, los microorganismos se desarrollan con

una mejor facilidad en este medio. Su efectividad va desde un 40% a 70% en la eliminación de las partículas sedimentables y la materia orgánica.

El funcionamiento de esta tecnología comienza cuando en el manto de lodo el agua fluye de la parte superior a la inferior, realizando las operaciones de digestión anaerobia, reactor biológico y decantación de lodos en una unidad.

6.4. Tratamiento terciario

Etapa en la que se busca conseguir un efluente de una buena calidad, en este tratamiento se llegan a eliminar sustancias tóxicas y contaminantes específicos.

Las tecnologías que se aplican son las siguientes:

- **Desinfección:** Se utiliza un proceso de oxidación química, se busca con esto eliminar a los microorganismos patógenos que pudieran afectar la salud de los seres vivos. Para finalizar, el tratamiento es aplicado cuando el agua tratada va a estar en contacto con la población.
- **Osmosis inversa:** Se utiliza cuando el efluente se coloca en una membrana adecuada, posterior a ello el fluido con carga más baja de contaminantes se filtra a través de esta. Finalmente, luego de esta separación los contaminantes disueltos quedan en un compartimiento y en el otro queda el agua purificada.
- **Electrodialisis:** Procesos utilizado en la etapa final de un tratamiento de agua residual, consiste en eliminar nutrientes inorgánicos como el nitrógeno y fósforo de los efluentes.
- **Adsorción:** El fin de este tratamiento consiste en eliminar los olores y sabores del agua residual utilizando carbón activado, la metodología consiste en eliminar iones y moléculas presentes en los efluentes.

7. Valores máximos admisibles (VMA)

Valores que reflejan los parámetros óptimos del agua residual a través de la medición de parámetros físico-químicos, concentración de elementos y sustancias. Estos caracterizan un efluente no doméstico que será descargado al alcantarillado. Si estos son excedidos generan un impacto instantáneo a la infraestructura y maquinarias de los sistemas de alcantarillado; asimismo, afectan el tratamiento de estos efluentes (SEDAPAL, 2020).

Los parámetros de los VMA a evaluar son DBO5, DQO, SST, AyG y pH (Tabla 3):

Tabla 3

Valores Máximos Admisibles

Parámetro	Unidad	VMA para descargas al sistema de alcantarillado
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	500
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	1000
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	500
Aceites y grasas (AyG)	mg/L	100
Potencial de Hidrógeno	Unidad	6-9

Fuente: VIVIENDA, 2019.

Finalmente, se definirán los parámetros a analizar:

a) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La DBO es una medida de la cantidad de oxígeno que se consume durante el proceso de oxidación de la materia orgánica por acción de microorganismos; por ende, indica la cantidad de materia orgánica vertida en un cuerpo de agua (Calvo & Mora, 2007).

b) Demanda química de oxígeno (DQO)

En contaminación de aguas, la DQO es un análisis de laboratorio que sirve para determinar químicamente la concentración de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica que se encuentra en una muestra de agua residual (Isaza & Zambrano, 1998).

c) Sólidos suspendidos totales (SST)

Es un importante indicador en lo que respecta a la calidad de agua, son sólidos de la materia orgánica de aquellos desechos industriales y municipales. Se pueden encontrar una gran variedad de sustancias inorgánicas como el cemento, cenizas y residuos sólidos (Paez, Montaña & Bojorquez, 1990).

d) Aceites y grasas (AyG)

Son los compuestos orgánicos que presentan en su composición ácidos grasos de origen vegetal y animal. Estos se clasifican dependiendo de su procedencia:

- Las grasas de los animales que son provenientes del sebo de los ovinos y grasas de cerdo
- Aceites de animales, se puede encontrar en peces, mamíferos marinos, patas de vacunos, ovinos y equinos.
- Aceites vegetales, representan el conjunto más numeroso. Se pueden observar los grupos de uso alimenticio y no alimenticio.

Es importante saber que estos aceites y grasas presentan algunas características como la baja densidad, baja o nula biodegradabilidad y poca solubilidad en el agua (Toapanta, s.f).

Los mataderos producen una gran cantidad de aceites y grasas, las cuales disminuyen la eficiencia de transporte de las aguas residuales en el sistema de alcantarillado, por lo que esta problemática sirvió como iniciativa para poder establecer normas que controlen la emisión de estos parámetros al sistema de alcantarillado. Los AyG generan problemas en el tratamiento, debido que pocas plantas de tratamientos presentan una disponibilidad de poder separarlos (Barba, 2002).

Se agregará el parámetro pH para tener otra referencia más de la calidad del agua residual:

e) pH

De acuerdo con Barba (2002), en soluciones acuosas una medida habitual de la basicidad o acidez es llamado potencial de hidrogeno (pH), se define como una solución de concentración [] de los iones de (H_3O^+).

El pH en los cuerpos de agua naturales varía entre 6 y 9, este parámetro permanecerá constante hasta que la calidad del agua cambie por causas naturales o antropogénicas. Finalmente, es importante saber que la gran mayoría de especies de vida ecológica se ven perjudicadas abruptamente por los cambios de pH; por esa razón, los impactos que generan las aguas residuales deben pasar por un tratamiento previo antes de ser vertidos en los cuerpos de agua natural.

8. Tecnología de los vermifiltros

Es un sistema biológico que se encarga de combinar los mecanismos químicos, físicos, microbiológicos y macrobiológicos para lograr una posterior reducción de las cargas orgánicas y nutrientes de las aguas residuales (Morales, & Bornhardr, 2010).

La tecnología de vermifiltración es muy recomendada en los países en desarrollo, debido que es un método de bajo costo, inodoro y no requiere mucha mano de obra. Posterior al tratamiento, el agua se puede utilizar para riego en parques y jardines; asimismo, se obtiene un biofertilizante conocido como vermicompost. Finalmente, el vermifiltro está compuesto por capas que actúan como un filtro percolador, por lo que lo convierte en una tecnología biológica muy eficiente comparado con otros métodos de tratamiento convencionales (Manyuchi et al., 2013).

La vermifiltración viene siendo una tecnología novedosa que implementa un concepto moderno de diseño ecológico y amplió los márgenes de conocimiento de la cadena de metabolismo microbiano mediante la introducción de lombrices (Yang, Liu, Xing, Lu & Yan, 2013).

La vermifiltración es un método donde se emplea algunas capas con diferentes sustratos y una capa de lombrices, las cuales funcionarán como un biofiltro para posteriormente eliminar la DBO, DQO, SST, sólidos disueltos totales (SDT), turbidez, biodegradación de desechos orgánicos y remoción de metales pesados. En este proceso, las lombrices cumplen un rol importante ya que actúan como filtros biológicos que reducen la carga orgánica en las aguas residuales; por otra parte, las capas en el lecho filtrante que puede ser tierra, arena y partículas de grava, y contribuyen a la filtración y limpieza de las aguas residuales mediante la adsorción (Bhise, & Anaokar, 2015).

Esta tecnología ha demostrado en diversos estudios que es un método muy eficiente de tratamiento de aguas residuales, la lombriz de tierra ha logrado degradar los compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales debido a acciones enzimáticas ya que las lombrices de tierra funcionaron como catalizadores biológicos; por consiguiente, esto da como resultado reacciones bioquímicas más rápidas y produce la eliminación de DBO en un vermifiltro. La reducción de DBO se debe a que las enzimas en el intestino de las lombrices colaboraron con la degradación de las sustancias químicas que no pudieron ser descompuestas por los microorganismos y la eliminación de los SST se debe a que las lombrices ingieren constantemente estos sólidos, esto evita que haya formación de lodos, los cuales causan posteriormente una colmatación de sistema (Manyuchi et al., 2013).

9. Lombrices de tierra

La lombriz de tierra es un organismo biológico, su peso está constituido de un 80% a 90% de agua, tiene una gran variación de colores ya que presenta pigmentos protorfina y ester metílico. Asimismo, la pigmentación que presenta la protege de la radiación de la luz ultravioleta, de acuerdo al tipo de especies las lombrices presentan diferentes tamaños de 5 cm a 30 cm y su diámetro varía entre 5 mm y 25 mm (Pineda, 2006).

Las lombrices de tierra son importantes para el suelo ya que intervienen en la aireación e infiltración y proporcionan materia orgánica para otros organismos del suelo; asimismo, se distribuyen en el área del suelo llamada drilósfera, en la cual interactúan con los microorganismos (Huerta, Rodríguez, Evia, Montejo, De la Cruz & García, 2005). Se han encontrado una variedad de 8000 especies de lombrices de tierra, sin

embargo, solo 2500 han sido clasificadas y un pequeño número han sido domesticadas (Guanche, 2015).

Como detallan Sellés et al. (2006), las lombrices son organismos saprófitos, su alimentación es básicamente de restos orgánicos del suelo, vegetales en descomposición, hojas muertas, animales muertos y heces. Estos organismos integran la mayor cantidad de biomasa de la fauna que está presente en el suelo y sus poblaciones varían desde 10 individuos/m² hasta 2000 individuos/m². Su clasificación depende de su distribución en el suelo (Tabla 4).

Tabla 4

Clasificación de lombrices de tierra

Tipos	Características
Lombrices epígeas	<ul style="list-style-type: none"> • Viven en suelos donde haya gran cantidad de materia orgánica. • Presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas que contribuyen con su supervivencia. • Coloración es roja o vinosa, movimiento constante y una alta tasa de reproducción.
Lombrices endógenas	<ul style="list-style-type: none"> • Carecen de pigmentación cutánea y habitan en el sustrato mineral - orgánico del suelo, a unos 40 cm de profundidad. • Se alimentan de raíces muertas o de materia orgánica que ha sido transportada por agua de lluvia por medio de la filtración.

Lombrices

Anécicas

- Grandes, robustas, coloración café rojizo o pardo, habitan en aproximadamente un 1 m de profundidad.
 - Desarrollan una actividad de mejoramiento de las propiedades físicas de los suelos.
 - Favorecen en la aireación e infiltración del agua y aumentan el contenido de materia orgánica en las capas más profundas del suelo.
-

10. Lombricultura

Se utiliza la de lombriz de tierra como un aliado para el trabajo, esta lombriz se alimenta de todo tipo de materia orgánica y la convierte en un abono natural llamado humus. Del mismo modo, la labor de la lombriz en cualquier medio acelerará la descomposición de sustratos proporcionando micronutrientes y macronutrientes que mejoran el desarrollo de las plantas (Briceño & Pérez, 2017).

Esta actividad es fundamental para la agricultura y horticultura. La exigencia de nutrientes en la horticultura es fundamental a través de la materia orgánica; por ende, tener un abastecimiento permanente de la misma es necesario y este rol lo puede desarrollar sin duda la lombricultura (Guanche, 2015).

El humus que es obtenido a través de esta actividad ayuda a las características del suelo, ya que mejora la contextura e incrementa la formación de agregados y el contenido de materia orgánica del suelo, facilitando así la disponibilidad de nutrientes para las plantas (García, 2005).

Según Díaz (2002), la lombricultura presenta diversos factores que afectan su desarrollo:

10.1. Temperatura

Por lo general, las lombrices mueren cuando las temperaturas del medio suelen ser bajas, llegando a congelar su protoplasma. Se suele proteger a la lombriz de este factor enterrándola más en las distintas capas del proceso. Las temperaturas adecuadas para las lombrices suelen ser 15-18 °C, cabe resaltar que necesitan mayores temperaturas en los lugares tienen una mayor humedad (Tabla 5).

Tabla 5

Tabla de temperaturas óptimas para las distintas especies

Espece	Temperatura óptima (°C)
<i>Eisenia fetida</i>	25
<i>Dendrobaena rubra</i>	18-20
<i>Lumbricus terrestres</i>	15-18
<i>Allolobophora rosea</i>	12

Fuente: Díaz (2002).

10.2. Humedad

Debe tener la humedad inicial del 70% hasta llegar a un 40%, lo que ayudará a su adecuada alimentación y desplazamiento de las lombrices a través del material. Se debe evitar en todo momento llegar a niveles de estancamiento, lo cual genera la muerte de las lombrices debido que se produce fermentación anaeróbica; asimismo, se recomienda que el alimento que se otorga sea poroso y húmedo. Es importante estar siempre al pendiente de las estaciones del año,

ya que la temperatura se eleva demasiado y se puede llegar a paralizar la reproducción.

10.3. Aireación

Las lombrices pueden sobrevivir con escaso oxígeno y elevados niveles de CO₂. En condiciones anaerobias, pueden aparecer sustancias tóxicas en el medio; por consiguiente, es obligatorio que tenga una correcta aireación que permita que la lombriz tenga una adecuada respiración consiguiendo así su adecuado funcionamiento para el vermicompostaje.

10.4. Acidez – alcalinidad

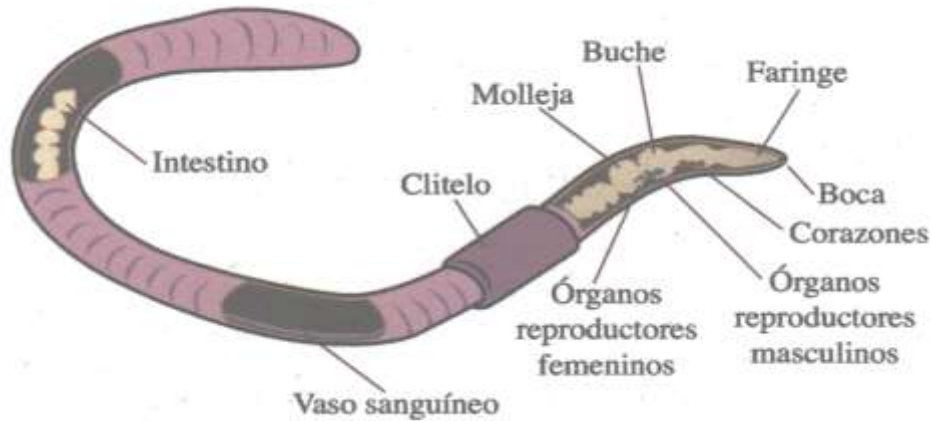
Su pH ideal de sobrevivencia varía de 4 a 8, por lo que es adecuado que los residuos utilizados tengan un pH neutro, pero hay ciertas excepciones en los residuos domiciliarios, ya que tienen reacción ácida. Se recomienda siempre llevar el pH a neutro para un adecuado desarrollo.

Finalmente, solo 3500 especies de lombrices han sido estudiadas y clasificadas, de estas variedades solo algunas pocas han sido adaptadas y domesticadas para realizar la función de lombricultura; una de las especies más utilizadas y estudiadas es la *Eisenia fetida*, la cual se encuentra en los más importantes criaderos de lombrices en Japón, Estados Unidos y Europa (Agroflor, s.f).

11. Eisenia fétida

Figura 2

Lombriz Eisenia fetida



La *E. fetida* es comúnmente llamada lombriz roja californiana, debido que en EE. UU fue donde se instalaron los primeros criaderos de las lombrices y se desarrollaron sus propiedades en un ecosistema (Briceño & Pérez, 2017; citado por Permacultura, 2008). Presenta una clasificación taxonómica resumida en la Tabla 6.

Tabla 6

Clasificación sistemática de E. fétida

TAXONOMÍA	
Reino	Animal
Phylum	Anélida
Clase	Oligoqueto
Orden	Onistoro
Familia	Lumbricidae
Género	Eisenia
Especie	<i>E. fetida</i>

Fuente: Juaréz, 2010

11.1. Sistema circulatorio

Está constituido por vasos longitudinales, con la función de irrigar la sangre que está compuesta por plasma líquido. Asimismo, los vasos sanguíneos están ubicados en la parte central de la lombriz, el vaso dorsal está conectado al aparato digestivo y el vaso ventral que, juntos, tienen la función de hacer circular la sangre por todo el cuerpo del individuo (Velecela, 2019).

11.2. Sistema respiratorio

El sistema respiratorio presenta una red de capilares que absorben oxígeno y CO₂. Cabe señalar que la lombriz respira por medio de su piel, por lo que siempre debe estar en ambientes húmedos (Somarriba & Guzmán, 2004). Por otro lado, los capilares también se mantienen húmedos por las secreciones de las células epidérmicas y el movimiento de la lombriz ayuda a que el intercambio gaseoso sea renovado (Velecela, 2019).

11.3. Sistema nervioso

Presenta un aparato neurosensorial, el cual les ayuda a sentir la humedad y la temperatura determinada de un medio, carece de ojos, pero presenta una piel fotosensible, la cual le ayuda a sentir la luz solar. Contiene nervios especializados a la reacción al pH. Asimismo, pueden distinguir el tipo de alimento a través de sus órganos gustativos (Somarriba & Guzmán, 2004).

11.4. Reproducción

La reproducción de *E. fetida* se efectúa por un órgano conocido como clitelo, este se encuentra en el primer tercio del cuerpo, este órgano es fundamental para el

apareamiento de las lombrices. Posteriormente, luego de la copulación expulsan una secreción, la cual se endurece y forma una especie de capullo; esto quiere decir que se realizó la fecundación de los huevecillos (Alas & Alvarenga, 2002).

Desde los tres meses de edad, están en constante apareamiento cada 7 días y se adaptan a un rango de temperatura óptima de 22 °C, los niveles más críticos de temperatura que puede tolerar son de 0 °C a 42 °C. Si se mantiene la lombriz en un medio en el cual se pueda desarrollar correctamente, favorecerá su reproducción y su desarrollo (Díaz et al., 2008).

11.5. Características específicas

La lombriz *E. fetida* llega a medir entre 3 a 10 cm, tienen un diámetro entre 3 a 5 mm y su peso es de aproximadamente 1 gramo. El crecimiento depende en muchos casos de su adecuada alimentación, los alimentos más usados son estiércol de cerdo, estiércol de ganado vacuno, estiércol de caballo y finalmente el estiércol de aves de corral. Cada lombriz tiene un grado de alimentación similar a su peso, ya que el 60% lo transmite en humus y el 40% restante lo utiliza para su propio metabolismo. Finalmente, la característica del humus que es emitido por las lombrices tiene 7 veces más fósforo, 5 veces más nitrógeno, 2 veces más calcio y 5 veces más potasio que el alimento ingerido (Alas & Alvarenga, 2002).

III. OBJETIVOS

12. Objetivo general

- Evaluar la eficiencia del vermifiltro con respecto al filtro control en la reducción de los parámetros físico-químicos de las aguas residuales provenientes de un matadero avícola.

13. Objetivos específicos

- Caracterizar los parámetros físico-químicos de las aguas residuales provenientes del matadero avícola.
- Determinar si los vermifiltros permiten cumplir los Valores Máximos Admisibles (VMA), aprobados por Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, para pH, DBO, DQO, SST, AyG.
- Determinar el efecto de *E. fetida* sobre la eficiencia del vermifiltro

IV. METODOLOGÍA

14. Materiales, químicos y equipos

14.1. Materiales

- 39 frascos vidrio ámbar 500 mL boca ancha
- 39 frascos PVC ¼ L Blanco Viajero
- 39 frascos de 120 ml modelo alcohólico
- 39 frascos PVC 1 L boca ancha
- Uso de guantes
- Uso de mandiles
- Uso de mascarilla quirúrgica
- 4 toneles de plástico de 100 L
- 1 tanque de agua Rotoplas 250 L
- 1 tanque de agua de 10 L
- 2 llaves de paso de agua
- 2 caños que regulan la frecuencia de riego
- 1 módulo controlador PWM 6-28 DC 3amp
- 2 tubos de aluminio (26 cm de largo y 0,5 cm de diámetro)
- 1 motor de DC 12V 37x57mm.
- 2 mangueras de paso de agua orificio ¼
- 60 kg de grava pequeña
- 60 kg de grava grande
- 60 arena
- 60 kg tierra
- 184.96 g de lombrices *E. fetida*

- 2 mallas de acero inoxidable de 2 m x 2 m
- 2 caños instalados en toneles de plástico
- Motor 0.5 Hp
- Tubos de PVC de ¾
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Botas de jebe

14.2. Insumos químicos y reactivos

- H₂SO₄ (98%)

15. Métodos

El diseño de la investigación fue experimental y tiene un nivel explicativo (anexo 18).

Figura 3

Esquematización metodológica para la presente investigación



15.1. Ubicación de los tratamientos

El vermifiltro (VF) y filtro control (FC) estuvieron ubicados en la Av. Brasil 910 (Lima), en un terreno propio. La dirección indicada presenta las siguientes coordenadas geográficas 12° 4'5.65"S y 77° 2'54.27"O (Figura 3).

Figura 4

Ubicación del Vermifiltro y Filtro Control



Fuente: Modificado de Google Earth (2021).

15.2. Recolección del agua residual

El agua residual tratada en la investigación se tomó de un matadero avícola ubicado en el distrito de SMP, provincia y departamento de Lima, cuya ubicación está determinada por las siguientes coordenadas geográficas, 12°02'05.0"S 77°02'32.6"W (Figura 4).

La cantidad de muestra a recolectada fue de 210 L cada dos semanas en función a la necesidad del proyecto. Durante el muestreo se tomó en cuenta los protocolos de bioseguridad que se describen más adelante. Cabe mencionar que el presente matadero avícola no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Figura 5

Ubicación del matadero avícola (Recolección de la muestra)



Fuente: Modificado de Google Earth (2021).

15.3. Protocolos de bioseguridad

Durante la recolección del agua residual en la avícola se tomaron las siguientes medidas de bioseguridad:

- ✓ Uso de guantes.
- ✓ Uso de mandiles.
- ✓ Uso de mascarilla protectora.
- ✓ Lentes de seguridad.
- ✓ Casco de seguridad.
- ✓ Botas de jebe.

Finalmente, es propio mencionar que se tomaron las mismas medidas de bioseguridad para el muestreo de agua tratada en las semanas 2, 4, 6, 8, 10 y 12.

15.4. Transporte y almacenamiento del agua residual

El transporte se llevó a cabo en momentos de poca afluencia vehicular a través de un vehículo personal, en el cual se trasladó el agua residual del matadero avícola ubicado en el distrito del San Martín de Porres hacia la Av. Brasil 910.

- Medidas a tomadas en el transporte del agua residual:

Se recolectó en dos toneles de plástico de 100 L, el mismo que se encontraba debidamente rotulado y sellado. Con respecto al traslado, una vez recolectada el agua residual de la avícola se procedió a colocar los toneles en una base de madera instalada en el vehículo de transporte personal a fin de evitar posibles derrames debido a los efectos de las vibraciones durante el transporte.

15.5. Ensayos experimentales

Las diferentes capas de tratamiento en los VF y FC se colocaron dentro de toneles de plástico de 100 L, con un caño en la parte inferior por el cual se recolectó el agua tratada.

El agua residual proveniente del matadero avícola se trasladó al tanque rotoplas de capacidad de 250 L con la ayuda del motor 0.5 Hp, la distribución de agua residual fue por medio de gravedad. Esta agua residual se trasladó del tanque rotoplas hacia el tanque de 10 L, el cual cumple la función de regular el agua. Finalmente, el tanque de 10 L tuvo 2 válvulas de paso de agua y 2 caños los cuales regulaban el sistema de riego al caudal deseado.

Los VF y FC se vieron abastecidos a través de los caños instalados y de un sistema de riego de creación propia. El sistema de riego se colocó en la parte

superior del VF, el cual estuvo conformado por un módulo controlador PWM 6-28 DC 3 amp (controlador de velocidad de giro), tubos de aluminio con orificios de 2 mm en la parte inferior y un motor de DC 12V 37x57mm. Este motor fue controlado con el módulo PWM y funcionó junto con los tubos de aluminio como una hélice, esta acción distribuyó el caudal de riego en toda la circunferencia de VF.

El sistema de riego estuvo instalado 10 cm por encima de la capa de tierra con lombrices, esto para garantizar una distribución óptima y uniforme de las aguas residuales.

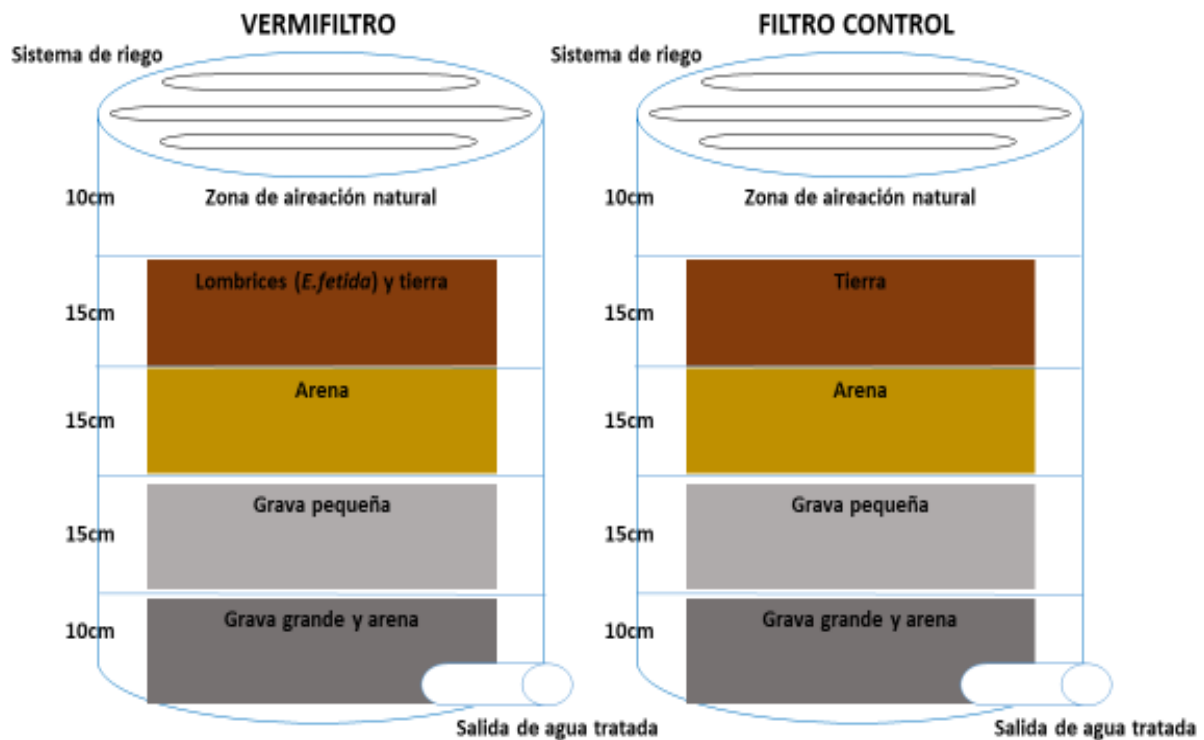
15.6. Estratificación de los tratamientos

Los VF y FC estuvo compuesto de diferentes estratos distribuidos en cuatro capas que ayudaron como un lecho filtrante. La capa superior del VF estuvo compuesta de tierra y lombrices (*E. fetida*), en comparación con la capa superior del FC que solo tuvo tierra.

Para la formación de las capas se usó la metodología planteada por Arora et al. (2014), quienes dieron las siguientes medidas al reactor vermifiltro, 65 cm de largo, 40 cm de diámetro y el lecho filtrante de 55 cm, finalmente se dejará 10 cm libres en la capa superior para tener una adecuada aireación natural (Figura 5).

Figura 6

Composición del Vermifiltro (VF) y Filtro Control (FC).



La clasificación del tamaño de partícula de los sustratos empleado en los VF y FC se realizaron por medio de tamizado. Esta es una técnica sencilla para la clasificación granulométrica en el laboratorio y se basa en pasar el material (tierra, arena, grava pequeña y grava grande) por tamices (UNAM, s.f). Cabe recalcar que el tamizado se realizó a través mallas alambre, esto simulando el sistema de tamizado antes mencionado y de esta forma se obtuvieron los tamaños de partículas deseados (anexo 01).

El tamaño de partícula de los estratos que se usaron en los tratamientos fueron los siguientes (Tablas 7 y 8).

Tabla 7.

Descripción de las capas del lecho filtrante.

Sustratos	Lecho Filtrante	Tamaño de Partícula
1	Tierra	600 – 800 μm
2	Arena	1 – 2 mm
3	Grava pequeña	6 – 8 mm
4	Grava grande	10 – 12 mm

Fuente: Adaptado de Arora et al. (2014).

Tabla 8

Composición del Vermifiltro y Filtro Control

Vermifiltro / Filtro control	Capas	Distribución capa 4
Vermifiltro	<ul style="list-style-type: none"> • 15 cm Tierra y lombrices • 15 cm Arena • 15 cm Grava pequeña • 10 cm Grava grande y arena 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Capa 4</u>: 5 cm Grava grande y 5 cm arena
Filtro control	<ul style="list-style-type: none"> • 15 cm Tierra • 15 cm Arena • 15 cm Grava pequeña • 10 cm Grava grande y arena 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Capa 4</u>: 5 cm Grava grande y 5 cm arena

15.7. Peso de lombriz (*E. fetida*)

Para determinar el número de lombrices que pueden entrar en el vermifiltro fueron tomadas según la relación del estudio de Velasco (2015), quien hizo una comparación de las lombrices de 10 kg lombrices/m³ de suelo (Ecuación 1).

$$V = \pi r^2 h \text{ (Ecuación 1)}$$

$$V = \pi (0.20\text{m})^2 (0.15\text{m})$$

$$V = 0,01884955592 \text{ m}^3$$

Dónde: V: volumen (m³), r: radio del cilindro (m), h: altura del sustrato (m), Lombrices (g).

Se tomó esta fórmula para la introducción de la lombriz *E. fetida* en el vermifiltro y se llegó al siguiente resultado (Ecuación 2):

$$\text{Lombrices (g)} = V \times 10\text{kg/m}^3 \text{ (Ecuación 2)}$$

$$\text{Lombrices (g)} = 0,01884955592 \text{ m}^3 \times 10\text{kg/m}^3 \times 1\text{kg}/1000\text{g}$$

$$\text{Lombrices (g)} = 184.96 \text{ g}$$

Obtenido el peso de las lombrices de la especie *E. fetida*, se procedió a limpiarlas para remover las partículas de tierra para evitar la alteración del peso final y buscar obtener un peso con el menor margen de error.

Finalmente, terminadas las 12 semanas de análisis se realizó una medición del peso total de lombrices en el VF para comparar con el peso inicial y conocer el aumento de la población en el periodo de ejecución del proyecto.

15.8. Caudal de riego

Una vez construido los VF y FC, se pasó a la siembra de aguas residuales (15L durante 24h), esto se da para la aclimatación de las lombrices, colonización y proliferación de microorganismos en el lecho filtrante. El caudal de riego fue 10.42 mL/min (Ecuación 3), el cual permanecerá constante durante las 24 h del día.

$$Q = \text{mL/min (Ecuación 3)}$$

$$Q = 15\text{L} / 24 \text{ hr} = 0.625 \text{ L/h}$$

$$Q = 0.625 \text{ L} / \text{h} \times 1000 \text{ mL} / 1\text{L} \times 1\text{hr} / 60 \text{ min}$$

$$Q = 0.625 \times 1000 \text{ mL} \times 1 \\ 1 \times 60 \text{ min}$$

$$Q = 10.42 \text{ mL/min}$$

15.9. Caracterización físico-química del agua residual proveniente del matadero avícola

Se realizó un análisis de los parámetros físico-químicos del agua residual proveniente del matadero avícola, para poder trazar una línea base al estudio. Los parámetros analizados fueron pH, DBO, DQO, SST y AyG. Los cuales se analizaron en el laboratorio SGS Callao.

Los análisis de los parámetros físicos-químicos se dieron durante las 12 semanas que duró el proyecto; asimismo, estos análisis fueron de la siguiente manera:

- ✓ El agua proveniente del matadero avícola fue analizada antes de empezar el tratamiento para certificar el no cumplimiento de los parámetros físico-químicos comparados con el D.S 010-2019-VIVIENDA.
- ✓ Al respecto, desde un inicio el agua residual a tratar se llenó cada 2 semanas (200 L) en el tanque Rotoplas. Cabe señalar que el agua residual ingresada solo se le tomó una muestra (Tabla 9).
- ✓ Finalizando la segunda semana de tratamiento se recolectó las muestras del agua residual tratada en los puntos de tratamiento (VF y FC), ubicado en la Av. Brasil 910 (Lima). Posterior a ello, las muestras tomadas fueron llevadas al laboratorio para su posterior análisis y conocimiento de los parámetros físico-químicos.

Tabla 9

Parámetros analizados durante el proyecto y repeticiones de cada punto

Semanas	Puntos de toma de muestra	Repeticiones por Punto de muestreo
Semana 2	Agua que ingresa sin tratamiento	1
	VF	3
	FC	3
Semana 4	Agua que ingresa sin tratamiento	1
	VF	3
	FC	3
Semana 6	Agua que ingresa sin tratamiento	1
	VF	3
	FC	3

Semana 8	Agua que ingresa sin tratamiento	1
	VF	3
	FC	3
Semana 10	Agua que ingresa sin tratamiento	1
	VF	3
	FC	3
Semana 12	Agua que ingresa sin tratamiento	1
	VF	3
	FC	3

15.10. Toma de muestra

La toma de muestra para medir los parámetros a analizarse se realizó siguiendo los pasos de la Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI-DM que aprueba “los Protocolos de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Emisiones Atmosféricas de las actividades industriales manufactureras” (El Peruano, 2000), el cual indica lo siguiente:

Sólidos suspendidos totales (SST):

- Frasco de PVC 1L boca ancha (transparente) y debidamente rotulado.
- Tamaño mínimo de muestra 1000 mL.
- Una vez tomada la muestra se deberá llenar el frasco y tapar.
- La muestra se deberá almacenar entre 0° C a 4° C.

Demando Biológica de Oxígeno (DBO):

- Frasco de PVC ¼ L blanco viajero y debidamente rotulado.
- Tamaño mínimo de muestra 250 mL.
- Se deberá llenar el frasco completamente, sin dejar burbujas de aire.
- La muestra se deberá almacenar entre 0° C a 6° C.

Demanda química de oxígeno (DQO):

- Frasco de PVC 120 mL modelo alcoholero con tapa, tapón y debidamente rotulado.
- Tamaño de muestra mínimo 100 mL.
- Se llenará el frasco y se adicionará H₂SO₄ hasta pH ≤2 (Añadir 0.5ml o 10 gotas de H₂SO₄).
- La muestra se deberá almacenar entre 0° C a 6° C.

Aceites y grasas:

- Frasco de vidrio ámbar 500 mL boca ancha y debidamente rotulado.
- Tamaño de muestra mínimo 500 mL.
- Se llenará el frasco y se adicionará 2.5 mL de H₂SO₄ hasta un pH <2.

Tabla 10

Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

Parámetros	Recipiente	Condición de Almacenamiento	Tiempo máximo de almacenamiento
Demanda bioquímica de oxígeno	PVC 1/4 L	<ul style="list-style-type: none"> • Blanco viajero. • Almacenar entre >0° C a 6° C 	48 h

Parámetros	Recipiente	Condición de Almacenamiento	Tiempo máximo de almacenamiento
Demanda química de oxígeno	PVC 120 ml	<ul style="list-style-type: none"> Modelo alcoholero con tapa y tapon. Almacenar entre >0° C a 6° C 	28 días
Sólidos suspendidos totales	PVC 1 L	<ul style="list-style-type: none"> Transparente de boca ancha Almacenar entre >0° C a 4° C 	7 días
Aceites y grasas	Vidrio 500ml	<ul style="list-style-type: none"> Frasco ámbar 	28 días
pH	-	Analizar <i>in situ</i>	-

Fuente: Adaptado de Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI/DM

15.11. Transporte y almacenamiento de las muestras

Según la RM N° 026-2000-ITINCI-DM, los cuidados a tener en cuenta para las muestras recolectadas fueron en el transporte de los envases, los cuales estuvieron debidamente rotulados y fueron transportados en un cooler de 34L con material refrigerante. Finalmente, se llevaron las muestras al laboratorio de una manera segura dentro del vehículo evitando posibles derrames durante el transporte y respetando los tiempos establecidos en la normativa previamente mencionada (tabla10); cabe recalcar que, las muestras fueron recolectadas e inmediatamente llevadas al laboratorio SGS Callao y el tiempo de traslado de muestras fue 1 hora.

15.12. Disposición de los materiales finalizado el estudio

Según la Norma Técnica Peruana de Colores NTP 900.058.2019 sobre gestión de residuos y otros (El Peruano, 2019), se clasifica por códigos de colores para su almacenamiento y posterior disposición. Debido a lo antes mencionado, finalizado el estudio se dispuso de la siguiente manera los materiales usados:

- El laboratorio encargado de los análisis (SGS) se encargó de la disposición final de los frascos y reactivos utilizados en la toma de muestra. Asimismo, de la disposición final del agua tratada.
- Los materiales utilizados se dispusieron como residuos no peligrosos:
 - ✓ Las tuberías de aluminio y la malla regular fueron dispuestos al servicio municipal.
 - ✓ Los toneles de plásticos de 100 L se desinfectaron y fueron reutilizados para uso propio de almacenamiento de agua.
 - ✓ El tanque Rotoplas fue desinfectado y vendido finalizando el proyecto.
 - ✓ Los materiales como la arena y grava fueron donados para la actividad de construcción.
 - ✓ Las lombrices y la tierra usadas durante el proyecto fueron donados a un vivero.

V. Resultados

16. Análisis del agua residual proveniente del matadero avícola

Para trazar una línea base al estudio se analizaron los parámetros físico-químicos del agua residual proveniente del matadero avícola, los resultados del agua sin tratamiento ingresados en la semana 0 fueron los siguientes (tabla 11):

Tabla 11

Agua residual proveniente del matadero avícola

Parámetros	Resultado	VMA
1. Demanda química de oxígeno (mgO ₂ /L)	6,898.92 ± 407.65	1000
2. Aceites y grasas (mg/L)	37.4 ± 4.0	100
3. Sólidos suspendidos totales (mg/L)	748.33 ± 47.08	500
4. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	2,287.35 ± 153.47	500
5. pH	8.2 ± 0.3	6-9

Se observó el no cumplimiento de la normativa en tres de los cuatro parámetros analizados y el único parámetro que cumplió con la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA (Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado) fue Aceites y grasas (Figura 11-Anexo 05).

16.1. Análisis de la semana 2

El resumen del análisis de la semana 2 se encuentra en la Tabla 12.

Tabla 12

Resultados del Agua residual tratada VF y FC

Parámetros	Resultado VF	Resultado FC	VMA
1. Demanda química de oxígeno (mgO ₂ /L)	2,237.83 ± 383.55	1,041.33 ± 280.43	1000
2. Aceites y grasas (mg/L)	<0.4	0.60 ± 0.2	100
3. Sólidos suspendidos totales (mg/L)	64 ± 22.54	75 ± 25.24	500
4. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	127.10 ± 96.63	47.37 ± 8.03	500
5. pH	6.3 ± 0.1	6.67 ± 0.1	6-9

- Se observa en el comportamiento del VF que, luego de dos semanas de tratamiento, uno de los cuatro parámetros analizados no cumple con la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA y el parámetro fue Demanda química de oxígeno (Figura 12-Anexo 05).
- Se observa en el comportamiento del FC que, luego de dos semanas de tratamiento, los cuatro parámetros analizados cumplen con la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA y que en comparación con el VF el FC fue más eficiente (Figura 13-Anexo 05).

16.2. Análisis de la semana 4

El resumen del análisis de la semana 4 se encuentra en la Tabla 13.

Tabla 13

Resultados del Agua residual tratada VF y FC

Parámetros	Resultado VF	Resultado FC	VMA
1. Demanda química de oxígeno (mgO ₂ /L)	949.60 ± 108.63	405.33 ± 48.14	1000
2. Aceites y grasas (mg/L)	4.40 ± 1.37	0.97 ± 0.25	100
3. Sólidos suspendidos totales (mg/L)	23 ± 0	33.67 ± 10.07	500
4. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	330.27 ± 27.08	193.63 ± 4.00	500
5. pH	6.4 ± 0.1	6.7 ± 0.1	6-9

- Se observa en el VF que, luego de cuatro semanas de tratamiento, los cuatro parámetros analizados cumplen con la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA (Figura 15-Anexo 05).
- Se observa en el FC que, luego de cuatro semanas de tratamiento, los cuatro parámetros analizados cumplen con mayor efectividad con la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA; sin embargo, en tres de los cuatro parámetros analizados resulta ser más efectivo que el VF (Figura 16-Anexo 05).

16.3. Análisis de la semana 6

El resumen del análisis de la semana 6 se encuentra en la Tabla 14.

Tabla 14

Resultados del Agua residual tratada VF Y FC

Parámetros	Resultado VF	Resultado FC	VMA
1. Demanda química de oxígeno (mgO ₂ /L)	480.40 ± 71.84	495.23 ± 4.90	1000
2. Aceites y grasas (mg/L)	1.07 ± 1.15	<0.4	100
3. Sólidos suspendidos totales (mg/L)	5.33 ± 2.52	2.67 ± 0.58	500
4. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	14.87 ± 0.55	5.87 ± 0.65	500
5. pH	6.47 ± 0.1	6.7 ± 0.1	6-9

- Se observa en el VF que, luego de seis semanas de tratamiento, los cuatro parámetros analizados cumplen con la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA; de igual manera, en comparación con las semanas 2 y 4, la semana 6 se nota con un grado mayor de eficiencia en el tratamiento (Figura 18-Anexo 05).
- Se observa en del FC que, luego de seis semanas de tratamiento, los cuatro parámetros analizados siguen cumpliendo con la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA. Es importante mencionar que el FC viene siendo tan efectivo como en la semana 4; sin embargo, ya no se nota una diferencia notoria entre ambos tratamientos VF y FC (Figura 19-Anexo 05).

16.4. Análisis de la semana 8

El resumen del análisis de la semana 8 se encuentra en la Tabla 15.

Tabla 15

Resultados del Agua residual tratada VF Y FC

Parámetros	Resultado VF	Resultado FC	VMA
1. Demanda química de oxígeno (mgO ₂ /L)	130.27 ± 13.99	519.57 ± 48.97	1000
2. Aceites y grasas (mg/L)	0.4 ± 0.06	0.4 ± 0.06	100
3. Sólidos suspendidos totales (mg/L)	3.33 ± 0.58	16.33 ± 2.52	500
4. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	40.4 ± 3.54	148.33 ± 7.86	500
5. pH	6.53 ± 0.1	6.57 ± 0.1	6-9

- Se observa en el VF que, luego de ocho semanas de tratamiento, los cuatro parámetros analizados cumplen con la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA; por otro lado, en comparación con las semanas anteriores se nota un grado mayor de eficiencia en este tratamiento (Figura 21-Anexo 05).
- Se observa en el FC que, luego de ocho semanas de tratamiento, los cuatro parámetros analizados siguen cumpliendo con la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA. Es importante mencionar que el FC viene siendo tan efectivo como en las semanas anteriores; sin embargo, se puede observar que el VF cada vez aumenta más su eficiencia VF y FC (Figura 22-Anexo 05).

16.5. Análisis de la semana 10

El resumen del análisis de la semana 10 se encuentra en la Tabla 16.

Tabla 16

Resultados del Agua residual tratada VF Y FC

Parámetros	Resultado VF	Resultado FC	VMA
1. Demanda química de oxígeno (mgO ₂ /L)	381.2 ± 10.66	519.17 ± 22.18	1000
2. Aceites y grasas (mg/L)	3.8 ± 0.36	3.57 ± 0.65	100
3. Sólidos suspendidos totales (mg/L)	3.33 ± 0.58	4.7 ± 0.52	500
4. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	4.4 ± 0.4	4.13 ± 0.06	500
5. pH	6.73 ± 0.1	6.5 ± 0.1	6-9

- Se observa en el VF que, luego de 10 semanas de tratamiento, los cuatro parámetros analizados cumplen con la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA; por otro lado, en comparación con la semana 8 se visualiza una menor eficiencia en el tratamiento Demanda química de oxígeno (Figura 24-Anexo 05).
- Se observa en el FC que, luego de 10 semanas de tratamiento, los cuatro parámetros analizados siguen cumpliendo con la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA. Es importante mencionar que el FC viene siendo tan efectivo como en las semanas anteriores (Figura 25-Anexo 05).

16.6. Análisis de la semana 12

El resumen del análisis de la semana 12 se encuentra en la Tabla 17.

Tabla 17

Resultados del Agua residual tratada VF Y FC

Parámetros	Resultado VF	Resultado FC	VMA
1. Demanda química de oxígeno (mgO ₂ /L)	265.77 ± 32.95	565.33 ± 11.88	1000
2. Aceites y grasas (mg/L)	0.47 ± 0.06	2.9 ± 0.15	100
3. Sólidos suspendidos totales (mg/L)	3.17 ± 0.29	5.67 ± 0.58	500
4. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	3.83 ± 0.30	5.47 ± 0.35	500
5. pH	6.83 ± 0.1	6.47 ± 0.1	6-9

- Se observa en el VF que, luego de 12 semanas de tratamiento, los cuatro parámetros analizados cumplen con la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA; por otro lado, en comparación con la semana 10 se visualiza un incremento en la eficiencia del tratamiento en el parámetro Demanda química de oxígeno (Figura 27-Anexo 05).
- Se observa en el FC que, luego de 12 semanas de tratamiento, los cuatro parámetros analizados siguen cumpliendo con la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA. Es importante mencionar que el FC viene siendo tan efectivo como en las semanas anteriores; sin embargo, se puede observar una diferencia notoria entre ambos tratamientos VF y FC (Figura 28-Anexo 05).

VI. DISCUSIONES

17. Caracterización

Las aguas residuales provenientes del matadero avícola presentaron valores por encima de la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA, en los parámetros de DBO, SST, DBO y pH; sin embargo, en el parámetro de AyG se pudo observar que el valor obtenido estaba por debajo de valor permitido.

17.1. Semanas 2 y 4 de tratamiento

En los análisis obtenidos en la segunda semana de tratamiento, se observó una eficiencia en el VF del 67.56% en la DQO, 98.93% en AyG, 91.45% en SST, 94.44% en DBO y el pH en un rango de 6.3 (ligeramente ácido).

Por otro lado, el análisis de los resultados del FC mostró que la eficiencia es del 84.91% en la DQO, 98.40% en AyG, 89.98% en SST, 97.93% en DBO y el pH en un rango de 6.67 (ligeramente ácido).

Como resultado de ambos tratamientos, se notó una menor eficiencia en el VF. Este comportamiento, según Arora et al. (2014), se debe al proceso de aclimatación y colonización de la lombriz *E. fetida*, que dura aproximadamente 2 semanas.

De igual manera, la población de la lombriz *E. fetida* influye directamente en el periodo inicial del tratamiento, el desarrollo de esta especie es un proceso continuo (en días y semanas) y su accionar es gradualmente en fases, mientras que su población sigue reproduciéndose para ir intensificando con el tiempo el proceso de tratamiento. El trabajo de las lombrices es instantáneo, esto sucede cuando las aguas a tratar fluyen por su cuerpo degradando e ingiriendo los

sólidos. Por esta razón, mientras las aguas residuales se encuentren retenidas una mayor parte de tiempo en el lecho velmifiltro, se logrará un mejor tratamiento (Sinha et al., 2008). Asimismo, en este periodo de tiempo las condiciones ambientales como la temperatura y el pH son sumamente importantes para la supervivencia, crecimiento y reproducción de las lombrices, siendo los rangos óptimos de la temperatura 25-27 °C y pH de 6.2 a 9.0 (Arora & Saraswat, 2021).

Con respecto al FC, la formación y el nacimiento de las comunidades microbianas son directamente influidas por el lecho filtrante, por lo que este lecho ayuda al desarrollo de las mismas (Arora & Saraswat, 2021). Como menciona Pramanik (2010), la diferencia con respecto al VF en este punto se debe a la población microbiana, las lombrices se alimentan de la materia orgánica como primer paso; posterior a ello, se observan modificaciones que suceden en la materia orgánica durante este periodo de alimentación (adición de azúcares, modificación de la diversidad y actividad microbiana). De igual modo, Kundan et al. (2018) menciona que las sustancias excretoras como el moco intestinal estimulan rápidamente la actividad microbiana y promueve el desarrollo de las mismas. Por esta razón, se puede mencionar que en las semanas 2 y 4 de tratamiento los filtros (VF y FC) se están adaptando a las comunidades microbianas respectivas.

17.2. Semana 6 de tratamiento

Según los análisis obtenidos en la semana 6 de tratamiento, se observó una eficiencia en el VF de DQO, AyG, SST, DBO y pH (93.04%, 97.15%, 99.29%, 99.35% y 6.47, respectivamente), además se observó que el resultado del FC presentó una eficiencia en la misma semana de DQO, AyG, SST, DBO y pH

(92.82%, 98.93%, 99.60%, 99.74% y 6.70, respectivamente). En esta semana no se notó una diferencia entre ambos tratamientos, esto se puede atribuir a la conformación y estabilización de las comunidades microbianas en ambos filtros.

Confirmando esta idea, Samal et al. (2018) comentan que la eficiencia de reducción de contaminantes orgánicos en el VF aumenta gradualmente a partir del día 35 de operación, posterior a ello alcanza un estado estable durante un par de semanas, por lo que, después de un periodo, las lombrices y los microorganismos se adaptan al microambiente del lecho filtrante y degradan los contaminantes de manera más efectiva.

Conforme con Vivas et al. (2009), otra razón por la que el VF incrementó su eficiencia se debe a que las lombrices de tierra van creando condiciones aeróbicas debido a su acción de excavación, ayudando así al oxígeno a penetrar a través de las capas del lecho filtrante y aumentando la eficiencia del tratamiento durante las semanas.

Comportamientos similares se evidenciaron en Arora et al. (2014), ya que la presencia de las lombrices en las dos primeras capas del VF fueron fundamentales debido que brinda una mayor diversidad microbiana y aumenta la eficiencia del tratamiento; asimismo, la segunda capa compuesta por arena ofrece una mayor capacidad de protección a la diversidad microbiana al brindar un medio adsorbente para la adhesión de los microorganismos. Como última observación, se encontró que la diversidad de microbiana fue más diversa en el VF a comparación del FC.

17.3. Semanas 8 y 10 de tratamiento

En las semanas 8 y 10 se observó el aumento de eficiencia en el VF, a diferencia del FC que se mantiene con los mismos parámetros. Arora y Saraswat (2021) señalan que una de las estaciones del año donde el VF funciona mejor es la primavera, debido que el sistema se mantiene en un rango de temperatura óptimo para las lombrices de tierra. Por ejemplo, un aumento de temperatura que no sea óptimo puede decrecer la eficiencia del tratamiento de los parámetros de DBO y DQO. Los autores también concluyeron que, a medida que aumenta la temperatura en el medio filtrante del VF, el crecimiento y las funciones metabólicas de las lombrices y los microorganismos aumentarían hasta lograr un rango óptimo de temperatura.

De igual manera, la temperatura actúa directamente en la velocidad de las biorreacciones, solubilidad del oxígeno en el agua, la porosidad del medio filtrante y la biodegradación de la materia orgánica (Krzeminski et al., 2012). Además, los microorganismos tienen su propio entorno ambiental óptimo, esto varía dependiendo del tipo mesófilo es un organismo que crece mejor a temperaturas de 20 a 45°C y los termófilos contienen enzimas que puede funcionar a altas temperaturas (Pelczar et al., 2008, como se citó en Arora y Saraswat, 2021).

17.4. Semana 12 de tratamiento

Finalmente, los resultados del VF de la semana 12 fueron DQO, AyG, SST, DBO y pH (96.15%, 98.75%, 99.58%, 99.83% y 6.83, respectivamente). Habría que decir también, el FC presentó una eficiencia en la misma semana de DQO, AyG, SST, DBO y pH (91.81%, 92.16%, 99.24%, 99.76% y 6.47, respectivamente).

Un comportamiento similar se obtuvo en Arora et al. (2014), ya que luego de 120 días, la eficiencia del FC comienza a descender por la obstrucción del medio filtrante, debido a la formación de lodos, colonias bacterianas y hongos. En cambio, el VF comenzó a aumentar la eficiencia en su tratamiento y esto ocurrió por varios factores tales como los medios filtrantes como la grava y arena, que tienen la capacidad amortiguadora de resistir variaciones bruscas de temperatura; por ende, proporcionan una mejor resistencia cuando las lombrices comienzan a sentir un cambio brusco en las condiciones climáticas. De acuerdo con Sinha et al. (2008), otro factor importante en el VF es la no acumulación de lodos, debido que las lombrices consumen constantemente estos sólidos y no permiten que el sistema se colmate (las lombrices se alimentan de estos sólidos mejorando las propiedades de adsorción del sistema geológico).

El contenido de humedad en el VF es un parámetro importante para crecimiento de la lombriz *Eisenia fetida*, debido que el cuerpo de la lombriz de tierra contiene un aproximado de 80% a 85% de agua (Arora y Kazmi, 2015).

El crecimiento poblacional de las lombrices es otro factor determinante en la eficiencia del VF. Como se detalla en Kumar et al. (2013), la densidad poblacional durante el periodo de operación fue aumentando y se observó una eficiencia creciente en el tratamiento mientras transcurría más tiempo. Además, Lourenco y Nunes (2016) concluyeron que el aumento de la población de lombrices contribuyó con una mayor eficiencia en el tratamiento, dado que mejoran la permeabilidad de filtro, aumentando así la degradación de los sólidos presentes.

17.5. Demanda química de oxígeno (DQO) y Aceites y grasas (AyG)

La reducción final del VF de AyG fue del 98.75%, en comparación con el FC que su eficiencia parece estar reduciéndose al 92.16% en la semana 12 de tratamiento. Cabe mencionar que este parámetro no excedió la normativa D.S 010-2019-VIVIENDA.

La reducción final del VF llega de ser del 96.15%, en comparación con el FC que su eficiencia parece estar reduciéndose al 91.81% en la semana 12 de tratamiento. Arora y Kazmi (2015) obtuvieron una reducción de más de 74% de DQO en el sistema VF, la reducción de este parámetro se atribuye a la actividad simbiótica de las lombrices de tierra, su microflora y la actividad enzimática que ayuda en la degradación de sustancias químicas orgánicas. Por otro lado, la eficiencia de remoción de DQO en el FC fue del 60%, ya que el sistema microbiano logra una eficiencia significativa; sin embargo, el FC no funciona durante más tiempo debido que se ahoga por la formación de lodos y colonias de hongos. Cabe recalcar que esta investigación duró un año de tratamiento.

Wang et al. (2014) tuvieron una eficiencia de remoción DQO 91.3% durante nueve meses de tratamiento, este filtro tenía una medida de 80 cm de largo y se detallaba que mientras el agua residual este más tiempo en contacto con los lechos del VF mayor era su eficiencia. Asimismo, el contenido de oxígeno disuelto en el VF es otro factor importante en la remoción de DQO, debido que está estrechamente relacionado con la eliminación de la materia orgánica; es importante mencionar que los aceites y grasas se van degradando junto con la materia orgánica. Otro factor importante en la eliminación de DQO es la tasa de

crecimiento poblacional de las lombrices, así como en número de hongos y actinomicetos. En este estudio solo se usó el sistema de VF.

17.6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La reducción final del VF llega de ser del 99.83%, en comparación con el FC que su eficiencia parece estar reduciéndose al 99.76% en la semana 12 de tratamiento. La eficiencia de remoción es similar al estudio hecho por Sinha et al. (2008), en el que se vio una eficiencia de remoción del 98%, mientras que en el sistema FC la eficiencia de remoción es del 77% DBO. Esta notable diferencia se debe a las lombrices de tierra que a través de las acciones enzimáticas (catalizadores biológicos que aceleran las reacciones bioquímicas y esta es la razón de la alta eliminación del DBO en el VF) degradan los compuestos orgánicos.

Kumar et al. (2013) lograron tener una eficiencia de remoción de DBO del 96% y en el FC del 70%. En esta investigación afianza la idea anterior que, mientras haya una actividad simbiótica de las lombrices de tierra y los microorganismos aeróbicos en el VF, se acelerará y mejorará la descomposición de la materia orgánica.

17.7. Sólidos suspendidos totales (SST)

La reducción final del VF llega de ser del 99.58%, en comparación con el FC que su eficiencia parece estar reduciéndose al 99.24% en la semana 12 de tratamiento. Kumar et al. (2014) mostraron una remoción de TSS del 90% en el VF y en del 79% en el FC durante 90 días de tratamiento, por lo que se considera como un agente de reducción significativo a la lombriz de tierra, la cual ingiere sólidos orgánicos e inorgánicas presentes en el medio y estos son excretados

como partículas más finas, para que finalmente queden atrapadas en el lecho del VF.

En el proceso del VF, se detectan diversas reacciones físicas, químicas y biológicas; que incluyen la adsorción de moléculas e iones, degradación de los sólidos orgánicos, el comportamiento de las lombrices y sus efectos sinérgicos con los microorganismos del sistema.

En el VF y FC no se notaron diferencias significativas con respecto al tratamiento de SST, esto debe a que los principales procesos involucrados para la reducción de SST fueron sedimentación y filtración, que no son procesos dependientes de la temperatura (Arora y Kazmi, 2015).

Según Singh et al. (2019), la eliminación del 98,3% SST en el VF se debe principalmente a las lombrices de tierra, las cuales devoran los sólidos y los excretan en forma de excreta. Los sólidos disueltos restantes que no logran ser devorados por las lombrices se degradan biológicamente debido a las acciones de los microorganismos. Sin embargo, con los cambios estacionales sí existe una diferencia en la remoción de sólidos y esto se debería a la reducción de las actividades de la lombriz de tierra y las actividades metabólicas. Para concluir, la actividad de la lombriz sobre los sólidos ayuda a la no conformación de lodos en el VF, a comparación del FC, que no tiene lombrices.

17.8. Potencial de hidrógeno (pH)

El VF alcanza un nivel de pH 6.83 (ligeramente ácido), en comparación con el FC que su eficiencia parece estar reduciéndose al llegar a 6.47 (ligeramente ácido) en la semana 12 de tratamiento. Samal et al. (2018) describe que la lombriz de tierra es un agente importante en neutralizar el pH en los diferentes

procesos; asimismo, los resultados arrojaron un pH ligeramente ácido y dieron como explicación a la degradación microbiana activa de las sustancias orgánicas depositadas en la zona de la lombriz en los primeros días del proceso del VF, mientras que el amoníaco se acumuló en el reactor debido a la amonificación del nitrógeno orgánico y al bajo desarrollo de las bacterias que oxidan el amoníaco. Por lo cual, la etapa final del proceso de neutralización viene en el momento de la conversión de nutrientes en nitratos y ortofosfatos.

Wang et al. (2014) obtuvieron un pH neutro luego del tratamiento con el VF para diferentes tamaños. El cambio en el comportamiento del pH se debe a la reducción en el nivel de material alcalino (amoníaco) y aumento de las sustancias ácidas en las aguas residuales del VF. Cabe recalcar que los cambios del pH dependen de factores químicos disueltos como, por ejemplo: gases disueltos, ácidos orgánicos, fracciones húmicas y sales inorgánicas; además, de la mineralización de las lombrices de tierra.

Finalmente, Singh et al. (2019) detalla la importancia de la lombriz de tierra en el pH, ya que el tubo digestivo posee capacidades de neutralización debido a la expulsión de calcio de su cultivo, que ayuda a neutralizar el pH. Se debe agregar que el pH inicial del agua residual sin tratamiento controla los procesos bioquímicos al permitir la supervivencia y el desarrollo de una especie de microorganismos, que posteriormente ayudarán en el proceso de tratamiento.

VII. CONCLUSIONES

- Las aguas residuales provenientes del matadero avícola se caracterizaron a través de la medición de los parámetros físico-químicos como: DQO, AyG, SST, DBO y pH, teniendo como resultado que tres de los cinco parámetros analizados excedían los VMA. Por esta razón, el tratamiento de estas aguas de origen industrial es importante debido a la gran carga orgánica que poseen.
- El vermifiltro obtuvo una eficiencia significativa desde la semana cuatro de tratamiento; por lo tanto, cuando comparamos los parámetros físico-químicos analizados con los VMA, se observa que las aguas residuales tratadas cumplen ampliamente con la norma nacional.
- El vermifiltro demostró durante el transcurso de las semanas ir incrementando su eficiencia de remoción de los parámetros físico-químicos; lo que indica que la lombriz de tierra *Eisenia fetida* influye directamente en la eficiencia del vermifiltro, a través de sus diferentes características significativas.
- El uso del vermifiltro es un tratamiento alternativo que, por sus bajos costos de mantenimiento y ventajas ecológicas, puede ser utilizado en diferentes mataderos avícolas, dado que las características de estas aguas residuales poseen una gran carga orgánica, la cual es un gran alimento para la lombriz *Eisenia fetida*.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, una vez que comience a operar el vermifiltro, se monitoree regularmente la temperatura de la capa superior (lecho de lombrices).
- Se recomienda el análisis de los microorganismos que están presentes en el lecho filtrante del vermifiltro en posteriores investigaciones.
- Se recomienda el uso de capas filtrantes como grava o arena, porque es importante para la proliferación de los microorganismos dentro del vermifiltro.
- Se recomienda controlar la reproducción exponencial de la lombriz de tierra *E. fetida*.
- Se recomienda filtrar el agua residual proveniente del matadero avícola con mallas de acero inoxidable para que los sólidos (plumas, coágulos de sangre, uñas, entre otros) queden atrapados en esta malla.
- Para evaluar cómo se aplicaría validez externa teniendo en cuenta población objetiva, entorno, medición, tiempo y validez ecológica, es necesario entender que este proyecto se llevó a cabo para evaluar la eficiencia de las lombrices en un filtro con diferentes capas y compararlo con uno sin lombrices. Por ello, para saber si el proyecto funcionaría en otro tipo de avícola (mayor población de lombrices o un diferente caudal) es necesario que el proyecto sea llevado a cabo; sin embargo, según Durán y Henríquez (2009), la adaptabilidad de la lombriz *E. fétida* es un punto a favor por las siguientes características: temperaturas óptimas (15-35°C), tasa de reproducción alta y capacidad de vivir en poblaciones de 40-50 mil individuos/m²; por esta razón, si se usa la lombriz *E. fétida* en otro medio donde se tenga un mayor caudal de tratamiento o un filtro con mayor volumen es muy probable que la lombriz se adapte.

Por otro lado, como menciona Arora et al. (2014), la lombriz necesita un tiempo de aclimatación de 2 semanas en un nuevo entorno, por ello su eficiencia se

comienzan a percibir posterior a este tiempo. Además, las condiciones operacionales no son complicadas ni requiere mantenimientos periódicos, debido que este sistema de tratamiento no produce lodos, por lo cual se traduce que el sistema no se colmata y se puede mantener operativo el tiempo que se desee. Finalmente, se tiene que recalcar en la presente tesis no se llegó a la saturación del filtro.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, A. (2017). *Evaluación del potencial de un sistema de vermifiltración mediante el uso de lombrices de tierra (Eisenia fétida) para el tratamiento de aguas residuales a escala de laboratorio* [Tesis de maestría]. Archivo digital. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62816>

Agroflor. (s.f). Manual Lombricultura. <http://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manual%20de%20Lombricultura.pdf>

Alas, R. & Alvarenga, A. (2002). *Evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de humus y carne de lombriz (Eisenia foetida)*. [Tesis de pregrado, Universidad del Salvador]. Archivo digital. <http://ri.ues.edu.sv/1609/1/13101300.pdf>

Anusha, V. & Sham, K.M. (2015). Application of Vermifiltration in Domestic Wastewater Treatment. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 4 (8), 7301 - 7304. https://www.ijirset.com/upload/2015/august/110_Application.pdf

Arce, A. Calderón, C. & Tomasini, A. (s.f). *Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua*. http://cetis125.edu.mx/programasestudio/labquimico/fundamentos_tecnicos.pdf

Arora, S. & Kazmi, A. (2015). The effect of seasonal temperature on pathogen removal efficacy of vermifilter for wastewater treatment. *Water Research*, 74, 88-99. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135415000743>

Arora, S. & Saraswat. S. (2021). Vermifiltration as a natural, sustainable and green technology for environmental remediation: A new paradigm for wastewater

treatment process. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4, 100061. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666086521000084>

Arora, S. Rajpal, A. Bhargava, R. Pruthi, V. Bhatia, A. & Kazmi, A.A. (2014). Antibacterial and enzymatic activity of microbial community during wastewater treatment by pilot scale vermifiltration system. *Bioresource Technology*, 166. 132–141. [_https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852414007007](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852414007007)

Autoridad Nacional del Agua (ANA). (s.f). *Sobre la autoridad nacional del agua*. http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/archivos/gestioncompartida/listado_general_de_preguntas_ana.pdf

Barba, L. (2002). *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición*. <https://docplayer.es/5213737-Universidad-del-valle.html>

Bhise, H. & Anaokar, G. (2015). Design and Suitability of Modular Vermifilter for Domestic Sewage Treatment. *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, 3(4), 44-51. <http://www.ijeert.org/pdf/v3-i4/7.pdf>

Briceño, A. & Pérez, A. (2017). *Utilización del humus Lombriz Roja Californiana (EISENIA FOETIDA) como alternativa amigable al medio ambiente para el cultivo del café, finca Santa Dolores, Municipio el Crucero, enero-junio 2016* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Archivo digital. <https://core.ac.uk/download/pdf/84460624.pdf>

Calvo, G. & Mora, J. (2007). Evaluación y clasificación preliminar de la calidad de agua de la cuenca del río Tárcoles y el Reventazón. *Tecnologías en Marcha*, 20(4), 59-67. http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/452/380

- Cardoso, L. Ramírez, E. & Garzón, M. (2013). Evaluación de un vermifiltro piloto para el tratamiento de aguas residuales. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*, 33-44. <https://revistas.chapingo.mx/inagbi/revista/articulos/r.inagbi.2013.10.003.pdf>
- Da Cámara, L. Hernández, M. & Paz, L. (s.f). *Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias*. https://www.academia.edu/35569956/MANUAL_DE_DISE%C3%91O_PARA_PLANTAS_DE_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_ALIMENTICIAS
- Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA (2019,11 de marzo). Presidencia de la Republica. Diario El Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/272120-010-2019-vivienda>
- Díaz, D. Cova, L. Castro, A. García, D. & Perea, F. (2009). Dinámica del crecimiento y producción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* sav.) en cuatro sustratos a base de estiércol bovino. *Agricultura andina*, 15, 39-55. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29378/1/articulo3.pdf>
- Díaz, E. (2002). *Guía de Lombricultura una Alternativa de Producción*. ADEX. <https://biblioteca.org.ar/libros/88761.pdf>
- Díaz, E. Alvarado, A. & Camacho, K. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya México. *Quivera*, 14(1), 78-97. <https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>
- Durán, L. & Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 30 (2), 275-281. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43613279011.pdf>

El peruano. (2011). Reglamento Sanitario y de Inspección Veterinaria de Establecimientos de sacrificio y procesadores de aves. <http://www.senasa.go.cr/senasa/sitio/files/240212072620.pdf>

Espigares, M & Pérez, j. (s.f). *Aguas Residuales Composición*. http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

García, M. (2005). *Cría de la lombriz de tierra una alternativa ecológica y rentable*. Fundación Hogares Juveniles Campesinos. https://books.google.com.pe/books?id=uHIB89_Y_P0C&pg=PA8&lpg=PA8&dq=lombriz+de+tierra+%2B+usada+%2B+ambientalmente&source=bl&ots=O_F09cnvIW&sig=hdZiO3H0WTjR_a_76d5jLLYUrgg&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiAp-TU557ZAhXSmVkkHeylAvIQ6AEINDAF#v=onepage&q=lombriz%20de%20tierra%20%2B%20usada%20%2B%20ambientalmente&f=false

Guanche, A. (2015). *Información Técnica las Lombrices y la Agricultura*. Agrocabildo. https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_562_lombrices%20y%20la%20agricultura2.pdf

Hernández, S. (2018). *ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN EN LA CONTAMINACIÓN DE ARROYOS URBANOS EN LA MICROCUENCA EL RÍÍTO EN TONALÁ CHIAPAS, MÉXICO* [Tesis de maestría]. Archivo digital. <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2018/10/TESIS-Hern%C3%A1ndez-Solorzano-Sergio.pdf>

Huerta, E. Rodríguez, J. Evia, I. Montejo, E. De la Cruz, M. & García, R. (2005). La diversidad de lombrices de tierra (annelida, oligochaeta) en el Estado de Tabasco, Mexico. *Universidad y Ciencia*, 21 (42), 75-85. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15404203>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2019). Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2019.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1704/libro.pdf

Juaréz, R. (2010). *Reciclaje de lodos residuales de la industria del papel mediante lombricultura utilizando la especie “Lombriz roja californiana” Eisenia foétida* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Archivo digital. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1658/CIA%2020-34-TM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Krzeminski, P. Iglesias, A. Madebo, G. Garrido, J. & Van der Graaf, J. (2012). Impact of temperature on raw wastewater composition and activated sludge filterability in full-scale MBR systems for municipal sewage treatment. *Journal of Membrane Science*, 423, 348-361. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037673881200631X>

Kumar, T. Rajpal, A. Bhargava, R. & Prasad, H. (2013). Performance evaluation of vermifilter at different hydraulic loading rate using river bed material. *Ecological Engineering*, 62, 77-82. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857413004527>

Loureco, N. & Nunes, L. (2016). Optimization of a vermifiltration process for treating urban wastewater. *Ecological Engineering*, 100, 138-146. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857416307145>

Manyuchi, M. Kadzungura, L. & Boka, S. (2013). Vermifiltration of Sewage Wastewater for Potential Use in Irrigation Purposes Using *Eisenia fetida* Earthworms. *Engineering and Technology*, 78, 538-542.

https://www.academia.edu/4425600/Vermifiltration_of_Sewage_Wastewater_for_Potential_Use_in_Irrigation_Purposes_Using_Eisenia_Fetida_Earthworms

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2018). *Panorama de la Comercialización de aves en Lima Metropolitana y Callao*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/419809/comercializacion-de-aves-en-lima-y-callao-2018.pdf>

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2018). *Tratamiento de aguas residuales para la remoción de contaminantes potenciales*.
<https://iwrnzarumilla.iwlearn.org/resolveuid/84705284-8040-43c2-b5d4-31746847dd02>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2009). *Manual para Municipios Ecoeficientes*. Sistema Nacional de Información Ambiental.
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/manual-municipios-ecoeeficientes>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio*. MIMAM.
<http://www.minam.gob.pe/educacion/wpcontent/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-3.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-3.pdf>

Morales, E & Bornhardt, C. (2010). Thesis project: Study of factors related to the emerging vermifiltration biotechnology for cattle slurry treatment and valorization as organic fertilizer. *Advances in Sciences and Technology of Natural Resources*, 40.
<http://www.aoxlab.com/wp-content/uploads/2009-2010/Memorias-li--International-Workshop-Pucon-Chile-2010-Changes-In-The-Chemical-Composition-And-Antioxidant-Activity.pdf>

Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión. (2019).

Tratamiento de aguas residuales. Foro consultivo científico y tecnológico. https://www.foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_19-028.pdf

Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2014). *Fiscalización*

Ambiental en Aguas Residuales. OEFA. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

(2017). *Las aguas residuales, una oportunidad desaprovechada.* <https://www.fao.org/news/story/es/item/853653/icode/>

Paez, F. Montaña, Y. & Bojorquez, H. (1990). Intercambio de agua, fosforo y material

suspendido entre el sistema lagunar del puerto de mazatlan y las aguas costeras adyacentes. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 6, 19-32. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/21106/0>

Pérez, R. (2013). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales*

municipales. PRONATURA. http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia_Aguas_Residuales.pdf

Pineda. (2006). *Lombricultura.*

<http://www.asocam.org/biblioteca/files/original/4f3fb0677a7ef918a55bf4c44abd958c.pdf>

Pramanik, P. (2010). Changes in microbial properties and nutrient dynamics in

bagasse and coir during vermicomposting: Quantification of fungal biomass through ergosterol estimation in vermicompost. *Waste Management*, 30, 787-791. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X09005601>

Resolución Directoral N° 003-2019-INACAL/DN (2019, 20 de marzo). Presidencia de la Republica. Diario El Peruano.

<https://busquedas.elperuano.pe/download/url/aprueban-normas-tecnicas-peruanas-sobre-turismo-gestion-de-resolucion-directoral-no-003-2019-inacaldn-1752935-1>

Resolución Ministerial N° 026-2000- ITINCI-DM. (2000, 23 de febrero). Presidencia de la Republica. Diario El Peruano. <https://pdfcoffee.com/resolucion-ministerial-026-2000-itinci-dm-6-pdf-free.html>

Reynolds, K. (2002). *Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica*. Agua.org. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2007/10/Tratamiento-aguas-residuales-Latinoamerica.pdf>

Rigola, M. (1990). *Tratamiento de aguas industriales: Agua de procesos y residuales*. Marcombo Boixareu Editores. <https://books.google.com.pe/books?id=fQcXUq9WFC8C&pg=PA27&dq=que+son+los+parametros+de+calidad+de+agua&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwinwruGp5rZAhUGyFkKHWUwAqMQ6AEINjAD#v=onepage&q&f=true>.

Saavedra, M. (2016, junio 22). “Las avícolas apuntamos a ser una industria de clase mundial” *El comercio*. <https://elcomercio.pe/economia/negocios/avicolas-apuntamos-industria-clase-mundial-225020>

Samal, K. Roshan, R. & Bhunia, P. (2018). A comparative study of macrophytes influence on performance of hybrid vermifilter for dairy wastewater treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6, 4714-4726. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221334371830397X>

- Seclén. (2017). *Impactos residuales avícolas en el ambiente*. Engormix.
<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/impactos-residuales-avicolas-ambiente-t40936.htm>
- SEDAPAL. (2020). *Valores Máximos Admisibles (VMA)*. SEDAPAL.
<https://www.sedapal.com.pe/paginas/valores-maximos-admisibles-vma>
- Sellés, G. Ferreyra, R. Ahumada, R. Santelices, M. García, J. & Ruiz, R. (2006). *Lombrices de tierra como agentes mejoradores de las propiedades físicas del suelo en huertos frutales*. <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/145524>
- Sheng Li, Y. Qun Xiao, Y. Ping Qiu, J. Qi Dai, Y & Robin, P. (2009). Continuous village sewage treatment by vermifiltration and activated sludge process. *Water Science & Technology*, 60 (11), 3001 - 3010. <https://iwaponline.com/wst/article-abstract/60/11/3001/16104/Continuous-village-sewage-treatment-by>
- Singh, R. Samal, K. Roshan, R. Bhunia, P. (2019). Vermifiltration as a sustainable natural treatment technology for the treatment and reuse of wastewater: A review. *Journal of Environmental Management*, 247 (2019), 140-151.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719308771>
- Sinha, R. Bharambe, G. & Chaudhari, U. (2008). Sewage treatment by vermifiltration with synchronous treatment of sludge by earthworms: a low-cost sustainable technology over conventional systems with potential for decentralization. *Environmentalist*, 28, 409–420. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10669-008-9162-8>
- Somarriba, R. & Guzmán, G. (2004). *Análisis de la influencia de la cachaza de caña y estiércol bovino como sustrato de la Lombriz roja californiana para producción de*

humus. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria Facultad de Desarrollo Rural]. Archivo digital. <http://repositorio.una.edu.ni/775/1/tnf04s693.pdf>

Toapanta, M. (s.f). *Grasas y Aceites*. DSpace en ESPOL. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/8/GRASASYACEITES.pdf>

UNAM. (s.f). *Procesos de separación*. <http://depa.fquim.unam.mx/procesos/PDF/ProcesosI.pdf>

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. (2017). *Aguas residuales el recurso desaprovechado*. UNESDOC. <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647s.pdf>

Velasco, Y. (2015). *Vermifiltros para el tratamiento de aguas residuales* [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas]. Archivo digital. <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4470/1/UDLA-EC-TIAM-2015-17.pdf>

Veleceta, S. (2019). *PRETRATAMIENTO DE ESTIÉRCOL VACUNO PARA PRODUCCIÓN DE HUMUS SUPRESOR A TRAVÉS DE LA INTERRELACIÓN DE Eisenia foetida Y MICROORGANISMOS BENÉFICOS* [Tesis de doctoral, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Archivo digital. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3979/veleceta-abambari-silvia-geovanna.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vivas, A. Moreno, B. Garcia, S. & Benitez, E. (2009). Assessing the impact of composting and vermicomposting on bacterial community size and structure, and microbial functional diversity of an olive-mill waste. *Bioresource Technology*, 100, 1319-1326. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852408007>

Wang, L. Guo, F. Zheng, Z. Luo, X. & Zhang, J. (2011). Enhancement of rural domestic sewage treatment performance, and assessment of microbial community diversity and structure using tower vermifiltration. *Bioresource Technology*, 102 (2011), 9462-9470.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852411010364>

Wang, L. Guo, Z. Che, Y. Yang, F. Chao, J. Gao, Y. Zhang, Y. (2014). The effect of vermifiltration height and wet:dry time ratio on nutrient removal performance and biological features, and their influence on nutrient removal efficiencies. *Ecological Engineering*, 71, 165-172.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857414003085>

Yang, J. Liu, J. Xing, M. Lu, Z. & Yan, Q. (2013). Effect of earthworms on the biochemical characterization of biofilms in vermifiltration treatment of excess sludge. *Bioresource Technology*, 143, 10-17.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852413008675>

Zambrano, D. & Isaza, J. (1998). *Demanda química de oxígeno y nitrógeno total, de los subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo del café.*

[https://www.cenicafe.org/es/publications/arc049\(04\)279-289.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc049(04)279-289.pdf)

X. ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico

Figura 7

Tamizado de Grava



Figura 8

Instalación del VF Y FC



Figura 9

Llenado del tanque Rotoplas con el agua sin tratamiento



Figura 10

Toma de muestra del Agua residual sin tratamiento



Figura 11

Toma de muestra del Agua tratada



Anexo 2. Resolución directoral de aprobación del proyecto de tesis



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°155-2019-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 31 de octubre del 2019

VISTO:
El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: **Tratamiento de aguas residuales provenientes de un matadero avícola con la tecnología de los vermifiltros**, presentado por:

- **Wilfredo Enrique Moscoso Palomares**

CONSIDERANDO:
Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniera Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:
Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: **Tratamiento de aguas residuales provenientes de un matadero avícola con la tecnología de los vermifiltros** con N° de registro: **350-2019-PRE11**, y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **Betty Peña Orocaja** como asesora para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,



Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

Anexo 3. Constancia del Comité de Ética

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD



Constancia N° 58-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2019

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado**.

Código de registro: **350-2018-PRE11**
 Título: **Tratamiento de aguas residuales provenientes de un matadero avícola con la tecnología de los vermifiltros**
 Investigador(a): **Wilfredo Enrique Moscoso Palomares**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-AB-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 22 de noviembre del 2020**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 23 de mayo de 2019



Méd. Vet. Gianmarco Paolo Rojas Moreno
 Presidente
 Comité Institucional de Ética en Investigación
 con Animales y Biodiversidad



Anexo 4. Constancia de ampliación de plazo entrega de tesis

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°114-2021-DACIA-DAFCA-U.CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima, 28 de abril del 2021

VISTO:

La solicitud presentada por: **Moscoso Palomares Wilfredo Enrique** con el fin de extender la fecha de aprobación del proyecto de tesis titulado: **Tratamiento de aguas residuales provenientes de un matadero avícola con la tecnología de los vermifiltros**, previamente fijada el día: 28 de Abril de 2021.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a lo dispuesto en los reglamentos de pre y posgrado de la Universidad Científica del Sur (artículos 93 y 46, respectivamente) el tesista tiene como máximo un (1) año para la ejecución y sustentación de la tesis, pudiendo solicitar una prórroga a la Dirección Académica de Carrera hasta por seis (6) meses, previa justificación".

Que, recibida la justificación del tesista en donde indica los motivos que sustentan su solicitud a la extensión del plazo para la sustentación de tesis.

SE RESUELVE:

Aprobar la solicitud para la extensión del plazo de la aprobación del proyecto de tesis titulada: **Tratamiento de aguas residuales provenientes de un matadero avícola con la tecnología de los vermifiltros**, indicando como fecha final para la presentación del informe final de tesis el día: **30 de Octubre de 2021**.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental

Anexo 5. Resultados análisis de los parámetros Físico – Químicos (SGS)

Figura 12

Resultados del Agua Residual sin Tratamiento Semana 0



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2121385 Rev. 0**

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910
ENV / LB-349851-002
PROCEDENCIA : AV. BRASIL 910 DPTO 202

Fecha de Recepción SGS : 22-07-2021
Fecha de Ejecución : Del 22-07-2021 al 27-07-2021
Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
WMP-001
WMP-003
WMP-004
WMP-005



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2121385 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					WMP-001	WMP-003
FECHA DE MUESTREO					000000.BN / 276776-0E 22/07/2021	000000.BN / 276776-0E 22/07/2021
HORA DE MUESTREO					10:05:00	10:10:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB-CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHAS2200	mgO2/L	1.8	4.5		8.113.5 ± 305.7
Acidez y Alcalinidad	EW_ACTMD0021	mg/L	0.2	0.4	30.2 ± 0.6	

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					WMP-004	WMP-005
FECHA DE MUESTREO					000000.BN / 276776-0E 22/07/2021	000000.BN / 276776-0E 22/07/2021
HORA DE MUESTREO					10:13:00	10:18:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB-CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHAS0480	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3		780 ± 173
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHAS2100	mg/L	1.0	2.0	2.060.0 ± 432.6	

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 13

Resultados del Agua Residual Tratada Semana 2 (VF)



Figura 14

Resultados del Agua Residual Tratada Semana 2 (FC)

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA212861 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910
ENV / LB-34808-008
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 OPTO 202

Fecha de Recepción: 02/08/2021
Fecha de Emisión: 04/08/2021 a 11/08/2021
Muestra Analizada Por: CLARIT

Estado de Muestra: **IMP-06**

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA212861 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE MUESTREO: 02/08/2021
HORA DE MUESTREO: 09:00:00
CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB-CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado e Incertidumbre
Resultados Solicitados					
Sólidos Totales en Suspensión	EN_APH42402	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	32 ± 10
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH42108	mg/l	1.0	2.0	45.4 ± 3.2
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH42201	mg/l	1.0	4.0	95.1 ± 9.3
Acidez y Alcalinidad	EN_A1750301	mg/l	0.2	0.4	0.0 ± 0.1

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA212857 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910
ENV / LB-34808-007
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 OPTO 202

Fecha de Recepción: 02/08/2021
Fecha de Emisión: 04/08/2021 a 11/08/2021
Muestra Analizada Por: CLARIT

Estado de Muestra: **IMP-05**

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA212857 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE MUESTREO: 02/08/2021
HORA DE MUESTREO: 09:00:00
CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB-CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado e Incertidumbre
Resultados Solicitados					
Sólidos Totales en Suspensión	EN_APH42402	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	47 ± 11
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH42108	mg/l	1.0	2.0	48.3 ± 3.2
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH42201	mg/l	1.0	4.0	97.4 ± 9.3
Acidez y Alcalinidad	EN_A1750301	mg/l	0.2	0.4	0.1 ± 0.1

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA212856 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910
ENV / LB-34808-006
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 OPTO 202

Fecha de Recepción: 02/08/2021
Fecha de Emisión: 04/08/2021 a 11/08/2021
Muestra Analizada Por: CLARIT

Estado de Muestra: **IMP-04**

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA212856 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE MUESTREO: 02/08/2021
HORA DE MUESTREO: 09:00:00
CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB-CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado e Incertidumbre
Resultados Solicitados					
Sólidos Totales en Suspensión	EN_APH42402	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	36 ± 20
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH42108	mg/l	1.0	2.0	38.2 ± 11.8
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH42201	mg/l	1.0	4.0	138.0 ± 18.2
Acidez y Alcalinidad	EN_A1750301	mg/l	0.2	0.4	0.0 ± 0.2

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 15

Resultados del Agua Residual sin Tratamiento Semana 2



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2122852 Rev. 0**

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE

Av Brasil 910

ENV / LB-349902-002


PROCEDENCIA : AV. BRASIL 910 DPTO 202

Fecha de Recepción SGS : 05-08-2021


Fecha de Ejecución : Del 05-08-2021 al 11-08-2021

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
WMP-030



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2122852 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	WMP-030
FECHA DE MUESTREO	05/08/2021
HORA DE MUESTREO	10:05:00
CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL
SUB-CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APH425400	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	660 ± 155
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APH452105	mg/L	1.0	2.6	2,362.5 ± 496.1
Demanda Química de Oxígeno	EW_APH462200	mgO ₂ /L	1.8	4.5	7,133.5 ± 356.7
Acidos y Grasas	EW_A51903921	mg/L	0.2	0.4	38.6 ± 4.4

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 16

Resultados del Agua Residual Tratada Semana 4 (VF)

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2124684 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910
ENV / LB-34893-005
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 OPTO 202

Fecha de Recepción: 05 / 24/08/2021
Fecha de Emisión: 04/28/08/2021 a 24/08/2021
Muestra Recibida Por: C.2576

Etiquetas de Muestras
MMP-07

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2124684 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

FECHA DE MUESTREO	05/24/08/2021
HORA DE MUESTREO	10:30:00
CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LE	Resultado y Incertidumbre
Parámetros Solicitados					
Sólidos Totales en Suspensión	EN_APH42340	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	20 ± 0
Demanda Biológica de Oxígeno	EN_APH42338	mg/L	1.0	1.0	30.0 ± 0.3
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH42337	mg/L	1.0	1.0	130.0 ± 0.3
Acidez y Alcalinidad	EN_APH42336	mg/L	1.0	1.0	1.0 ± 0.1

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2124683 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910
ENV / LB-34893-005
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 OPTO 202

Fecha de Recepción: 05 / 24/08/2021
Fecha de Emisión: 04/28/08/2021 a 24/08/2021
Muestra Recibida Por: C.2576

Etiquetas de Muestras
MMP-08

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2124683 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

FECHA DE MUESTREO	05/24/08/2021
HORA DE MUESTREO	10:30:00
CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LE	Resultado y Incertidumbre
Parámetros Solicitados					
Sólidos Totales en Suspensión	EN_APH42340	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	20 ± 0
Demanda Biológica de Oxígeno	EN_APH42338	mg/L	1.0	1.0	30.0 ± 0.3
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH42337	mg/L	1.0	1.0	130.0 ± 0.3
Acidez y Alcalinidad	EN_APH42336	mg/L	1.0	1.0	1.0 ± 0.1

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2124682 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910
ENV / LB-34893-004
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 OPTO 202

Fecha de Recepción: 05 / 24/08/2021
Fecha de Emisión: 04/28/08/2021 a 24/08/2021
Muestra Recibida Por: C.2576

Etiquetas de Muestras
MMP-09

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2124682 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

FECHA DE MUESTREO	05/24/08/2021
HORA DE MUESTREO	11:12:00
CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LE	Resultado y Incertidumbre
Parámetros Solicitados					
Sólidos Totales en Suspensión	EN_APH42340	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	20 ± 0
Demanda Biológica de Oxígeno	EN_APH42338	mg/L	1.0	1.0	30.0 ± 0.3
Demanda Química de Oxígeno	EN_APH42337	mg/L	1.0	1.0	130.0 ± 0.3
Acidez y Alcalinidad	EN_APH42336	mg/L	1.0	1.0	1.0 ± 0.1

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 17

Resultados del Agua Residual Tratada Semana 4 (FC)

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2124686 Rev. 0

MOSCO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910
ENV/18-34883-008
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 DPTO 202

Fecha de Emisión: 02 / 24/08/2021
Fecha de Ejecución: 01/24/08/2021 a 01/24/08/2021
Muestra recibida por: C2871

Etiquetas de Muestras: MAP 016

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2124686 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:
NOMBRE DE MUESTRO: 000000001 / 210719-02
NOMBRE DE MUESTRO: 00000001
CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL
SUB-CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	U.L.	L.L.	Resultado ± Incertidumbre
Medidas Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	ENV_APM24640	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	40 ± 10
Demanda Bioquímica de Oxígeno	ENV_APM246108	mg/l	1.0	2.0	184.7 ± 40.0
Demanda Química de Oxígeno	ENV_APM246220	mg/l	1.0	4.0	460.0 ± 40.0
Acidez y Alcalinidad	ENV_APM246302	mg/l	0.2	0.4	1.2 ± 0.2

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2124685 Rev. 0

MOSCO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910
ENV/18-34883-007
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 DPTO 202

Fecha de Emisión: 02 / 24/08/2021
Fecha de Ejecución: 01/24/08/2021 a 01/24/08/2021
Muestra recibida por: C2871

Etiquetas de Muestras: MAP 015

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2124685 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:
NOMBRE DE MUESTRO: 00000001 / 210719-02
NOMBRE DE MUESTRO: 00000001
CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL
SUB-CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	U.L.	L.L.	Resultado ± Incertidumbre
Medidas Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	ENV_APM24640	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	20 ± 5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	ENV_APM246108	mg/l	1.0	2.0	101.0 ± 41.4
Demanda Química de Oxígeno	ENV_APM246220	mg/l	1.0	4.0	390.0 ± 39.0
Acidez y Alcalinidad	ENV_APM246302	mg/l	0.2	0.4	0.7 ± 0.2

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2124687 Rev. 0

MOSCO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910
ENV/18-34883-009
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 DPTO 202

Fecha de Emisión: 02 / 24/08/2021
Fecha de Ejecución: 01/24/08/2021 a 01/24/08/2021
Muestra recibida por: C2871

Etiquetas de Muestras: MAP 018

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2124687 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:
NOMBRE DE MUESTRO: 00000001 / 210719-02
NOMBRE DE MUESTRO: 00000001
CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL
SUB-CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	U.L.	L.L.	Resultado ± Incertidumbre
Medidas Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	ENV_APM24640	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	30 ± 5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	ENV_APM246108	mg/l	1.0	2.0	180.2 ± 41.0
Demanda Química de Oxígeno	ENV_APM246220	mg/l	1.0	4.0	388.7 ± 38.7
Acidez y Alcalinidad	ENV_APM246302	mg/l	0.2	0.4	1.0 ± 0.4

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 18

Resultados del Agua Residual sin Tratamiento Semana 4



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2124681 Rev. 0**

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE

Av Brasil 910

ENV / LB-349953-003

PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 DPTO 202

Fecha de Recepción SGS : 20-08-2021

Fecha de Ejecución : Del 20-08-2021 al 26-08-2021

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
WMP-040



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2124681 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					WMP-040
FECHA DE MUESTREO					08/20/2021
HORA DE MUESTREO					11:27:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Químicos					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHAS400	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	710 ± 182
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHAS2106	mg/L	1.0	2.8	2,171.7 ± 438.4
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHAS2200	mg/L	1.8	4.5	6,857.4 ± 328.3
Acidez y Grasa	EW_ASTMO3921	mg/L	0.2	0.4	35.9 ± 5.2

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 19

Resultados del Agua Residual Tratada Semana 6 (VF)

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2126742 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 910

ENV 118-20802-007

PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 DPTO. 202

Fecha de Recepción: 02/09/2021
Fecha de Emisión: 04/09/2021 al 04/09/2021
Muestra recibida por: C. J. J. J.

Etiquetas de Muestras
VF-01

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2126742 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

FECHA DE MUESTREO:	02/09/2021	IMP-02
HORA DE MUESTREO:	08:00:00	02/09/2021
CATEGORÍA:	AGUA RESIDUAL	02/09/2021
SUB CATEGORÍA:	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	02/09/2021

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Incertidumbre
Pruebas Solicitadas						
Bioóxido de Azufre	EN APHA5400	mg Sulfuro Totales en Sulfuro	1	3	0	± 1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN APHA5200	mg/L	1.0	2.0	14.1	± 1.0
Demanda Química de Oxígeno	EN APHA1200	mg/L	1.0	4.0	40.0	± 4.0
Acidez y Alcalinidad	EN APHA3100	mg/L	0.2	0.4	0.4	± 0.1

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2126740 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 910

ENV 118-20802-008

PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 DPTO. 202

Fecha de Recepción: 02/09/2021
Fecha de Emisión: 04/09/2021 al 04/09/2021
Muestra recibida por: C. J. J. J.

Etiquetas de Muestras
VF-02

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2126740 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

FECHA DE MUESTREO:	02/09/2021	IMP-02
HORA DE MUESTREO:	08:00:00	02/09/2021
CATEGORÍA:	AGUA RESIDUAL	02/09/2021
SUB CATEGORÍA:	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	02/09/2021

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Incertidumbre
Pruebas Solicitadas						
Bioóxido de Azufre	EN APHA5400	mg Sulfuro Totales en Sulfuro	1	3	0	± 2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN APHA5200	mg/L	1.0	2.0	11.4	± 1.1
Demanda Química de Oxígeno	EN APHA1200	mg/L	1.0	4.0	54.0	± 5.4
Acidez y Alcalinidad	EN APHA3100	mg/L	0.2	0.4	0.4	± 0.1

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2126738 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 910

ENV 118-20802-004

PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 DPTO. 202

Fecha de Recepción: 02/09/2021
Fecha de Emisión: 04/09/2021 al 04/09/2021
Muestra recibida por: C. J. J. J.

Etiquetas de Muestras
VF-03

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2126738 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

FECHA DE MUESTREO:	02/09/2021	IMP-02
HORA DE MUESTREO:	08:00:00	02/09/2021
CATEGORÍA:	AGUA RESIDUAL	02/09/2021
SUB CATEGORÍA:	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	02/09/2021

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Incertidumbre
Pruebas Solicitadas						
Bioóxido de Azufre	EN APHA5400	mg Sulfuro Totales en Sulfuro	1	3	0	± 2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN APHA5200	mg/L	1.0	2.0	10.9	± 1.1
Demanda Química de Oxígeno	EN APHA1200	mg/L	1.0	4.0	40.0	± 4.0
Acidez y Alcalinidad	EN APHA3100	mg/L	0.2	0.4	0.4	± 0.1

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 20

Resultados del Agua Residual Tratada Semana 6 (FC)

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2126743 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910

ENV / US-30002-008

PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 OPTO 202

Fecha de Recepción SGS: 03-09-2023
Fecha de Emisión: 04-09-2023 a 04-09-2023
Número Analítico An: 02897

Etiquetas de Muestras
IMP-04

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2126743 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
FECHA DE MUESTREO: 03/09/2023
HORA DE MUESTREO: 09:45:00
CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB-CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Incertidumbre
Parámetros Esenciales						
Sólidos Totales en Suspensión	EN_4542/2002	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	<0	
Demanda Biológica de Oxígeno	EN_4542/2002	mg/l	1.0	2.0	0.0 ± 1.0	
Demanda Química de Oxígeno	EN_4542/2002	mg/l	1.0	4.0	49.4 ± 48.0	
Acidez y Alcalinidad	EN_4542/2002	mg/l	0.2	0.4	<0.4	

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2126739 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910

ENV / LB-20002-008

PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 OPTO 202

Fecha de Recepción SGS: 03-09-2023
Fecha de Emisión: 04-09-2023 a 04-09-2023
Número Analítico An: 02897

Etiquetas de Muestras
IMP-04

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2126739 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
FECHA DE MUESTREO: 03/09/2023
HORA DE MUESTREO: 10:00:00
CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB-CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Incertidumbre
Parámetros Esenciales						
Sólidos Totales en Suspensión	EN_4542/2002	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	<0	
Demanda Biológica de Oxígeno	EN_4542/2002	mg/l	1.0	2.0	0.0 ± 1.0	
Demanda Química de Oxígeno	EN_4542/2002	mg/l	1.0	4.0	33.5 ± 32.0	
Acidez y Alcalinidad	EN_4542/2002	mg/l	0.2	0.4	<0.4	

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2126744 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910

ENV / US-30002-008

PROCEDENCIA: AV. BRASIL 910 OPTO 202

Fecha de Recepción SGS: 03-09-2023
Fecha de Emisión: 04-09-2023 a 04-09-2023
Número Analítico An: 02897

Etiquetas de Muestras
IMP-04

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2126744 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
FECHA DE MUESTREO: 03/09/2023
HORA DE MUESTREO: 09:45:00
CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB-CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Incertidumbre
Parámetros Esenciales						
Sólidos Totales en Suspensión	EN_4542/2002	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	<0	
Demanda Biológica de Oxígeno	EN_4542/2002	mg/l	1.0	2.0	0.0 ± 1.0	
Demanda Química de Oxígeno	EN_4542/2002	mg/l	1.0	4.0	49.0 ± 47.5	
Acidez y Alcalinidad	EN_4542/2002	mg/l	0.2	0.4	<0.4	

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 21

Resultados del Agua Residual sin Tratamiento Semana 6

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

**INFORME DE ENSAYO
MA2126737 Rev. 0**

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE

Av Brasil 910

ENV / LB-350002-003

PROCEDENCIA : AV. BRASIL 910 DPTO 202

Fecha de Recepción SGS : 02-09-2021

Fecha de Ejecución : Del 02-09-2021 al 10-09-2021

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
WMP-047

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

**INFORME DE ENSAYO
MA2126737 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					WMP-047
FECHA DE MUESTREO					8998068.BN / 276779.BE
HORA DE MUESTREO					02/09/2021
CATEGORIA					10:00:00
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado \pm Incertidumbre
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APH429400	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	760 \pm 194
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APH431108	mg/L	1.0	2.0	2477.2 \pm 452.7
Demanda Química de Oxígeno	EW_APH432200	mgO ₂ /L	1.8	4.5	7189.6 \pm 349.8
Acidos y Grasas	EW_A31MD3821	mg/L	0.2	0.4	38.8 \pm 4.8

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 22

Resultados del Agua Residual Tratada Semana 8 (VF)

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2129021 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 912
ENV-15-00008-002
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 912

Fecha de Recepción: 02 - 23-08-2022
Fecha de Emisión: 02-24-08-2022 a 23-08-2022
Número de Pedido: 02092

Sección de Muestra: **VF-02**

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2129021 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO	08/08/2022	IMP-021
HORA DE MUESTREO	08:00	08/08/2022
CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL	08/08/2022
SUB-CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	08/08/2022

Parámetro	Referencia	Unidad	UE	LE	Resultado	Observaciones
Pruebas Solicitadas						
Óxidos Totales en Suspensión	EN APN42042	mg Oxígeno Totales en Suspensión/l	1	2	<1	
Demanda Biológica de Oxígeno	EN APN42118	mg/l	1.0	2.0	0.2 ± 0.1	
Demanda Química de Oxígeno	EN APN42205	mg/l	1.0	4.0	10.9 ± 1.0	
Acidez y Alcalinidad	EN APN42041	mg/l	0.2	0.4	0.0 ± 0.1	

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2129022 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 912
ENV-15-00008-002
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 912

Fecha de Recepción: 02 - 23-08-2022
Fecha de Emisión: 02-23-08-2022 a 23-08-2022
Número de Pedido: 02092

Sección de Muestra: **VF-02**

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2129022 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO	08/08/2022	IMP-022
HORA DE MUESTREO	08:00	08/08/2022
CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL	08/08/2022
SUB-CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	08/08/2022

Parámetro	Referencia	Unidad	UE	LE	Resultado	Observaciones
Pruebas Solicitadas						
Óxidos Totales en Suspensión	EN APN42042	mg Oxígeno Totales en Suspensión/l	1	2	4 ± 1	
Demanda Biológica de Oxígeno	EN APN42118	mg/l	1.0	2.0	0.2 ± 0.1	
Demanda Química de Oxígeno	EN APN42205	mg/l	1.0	4.0	10.2 ± 1.0	
Acidez y Alcalinidad	EN APN42041	mg/l	0.2	0.4	0.0	

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2129023 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 912
ENV-15-00008-002
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 912

Fecha de Recepción: 02 - 23-08-2022
Fecha de Emisión: 02-23-08-2022 a 23-08-2022
Número de Pedido: 02092

Sección de Muestra: **VF-02**

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2129023 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO	08/08/2022	IMP-023
HORA DE MUESTREO	08:00	08/08/2022
CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL	08/08/2022
SUB-CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	08/08/2022

Parámetro	Referencia	Unidad	UE	LE	Resultado	Observaciones
Pruebas Solicitadas						
Óxidos Totales en Suspensión	EN APN42042	mg Oxígeno Totales en Suspensión/l	1	3	<1	
Demanda Biológica de Oxígeno	EN APN42118	mg/l	1.0	2.0	0.2 ± 0.1	
Demanda Química de Oxígeno	EN APN42205	mg/l	1.0	4.0	10.9 ± 1.0	
Acidez y Alcalinidad	EN APN42041	mg/l	0.2	0.4	0.0	

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 23

Resultados del Agua Residual Tratada Semana 8 (FC)

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2129019 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910

ENVI/LS-20008-002

PROCEDENCIA: AV BRASIL 910

Fecha de Recepción M3 : 04-09-2021
Fecha de Emisión : 04-15-09-2021 a 15-09-2021
Número Informe Pre : 02897

Estado de Muestra: **IMP-04**

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2129019 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

FECHA DE MUESTREO	IMP-04
HORA DE MUESTREO	08:00:00
CATEGORÍA	06-00-00
SUB-CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	U1	U2	Resultado y Incertidumbre
Medidas Espectrométricas					
Índice Total de Suspendidos	EN 84542:08	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	18 ± 4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN 84542:08	mg/l	1.0	2.0	160 ± 20
Demanda Química de Oxígeno	EN 84542:08	mg/2h	1.0	4.0	450 ± 40
Acidez y Alcalinidad	EN 84542:08	mg/l	0.2	0.4	0.0

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplir con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2129020 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910

ENVI/LS-20008-002

PROCEDENCIA: AV BRASIL 910

Fecha de Recepción M3 : 04-09-2021
Fecha de Emisión : 04-15-09-2021 a 15-09-2021
Número Informe Pre : 02897

Estado de Muestra: **IMP-04**

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2129020 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

FECHA DE MUESTREO	IMP-04
HORA DE MUESTREO	08:00:00
CATEGORÍA	06-00-00
SUB-CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	U1	U2	Resultado y Incertidumbre
Medidas Espectrométricas					
Índice Total de Suspendidos	EN 84542:08	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	18 ± 4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN 84542:08	mg/l	1.0	2.0	160 ± 20
Demanda Química de Oxígeno	EN 84542:08	mg/2h	1.0	4.0	450 ± 40
Acidez y Alcalinidad	EN 84542:08	mg/l	0.2	0.4	0.0 ± 0.1

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplir con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2129018 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910

ENVI/LS-20008-002

PROCEDENCIA: AV BRASIL 910

Fecha de Recepción M3 : 15-09-2021
Fecha de Emisión : 04-15-09-2021 a 15-09-2021
Número Informe Pre : 02897

Estado de Muestra: **IMP-04**

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2129018 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

FECHA DE MUESTREO	IMP-04
HORA DE MUESTREO	08:00:00
CATEGORÍA	06-00-00
SUB-CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	U1	U2	Resultado y Incertidumbre
Medidas Espectrométricas					
Índice Total de Suspendidos	EN 84542:08	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	14 ± 4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN 84542:08	mg/l	1.0	2.0	160 ± 20
Demanda Química de Oxígeno	EN 84542:08	mg/2h	1.0	4.0	390 ± 40
Acidez y Alcalinidad	EN 84542:08	mg/l	0.2	0.4	0.0

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplir con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 24

Resultados del Agua Residual sin Tratamiento Semana 8

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

**INFORME DE ENSAYO
MA2129024 Rev. 0**

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 910
ENV / LB-350008-002
PROCEDENCIA : AV. BRASIL 910

Fecha de Recepción SGS : 15-09-2021
Fecha de Ejecución : Del 15-09-2021 al 25-09-2021
Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
WMP-054

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

**INFORME DE ENSAYO
MA2129024 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					WMP-054 866086N / 276779E 15/09/2021 08:59:00 AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
FECHA DE MUESTREO					
HORA DE MUESTREO					
CATEGORÍA					
SUB CATEGORÍA					
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APH02540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	780 ± 163
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APH02108	mg/L	1.0	2.6	2352 ± 411.6
Demanda Química de Oxígeno	EW_APH02200	mg2OCL/L	1.8	4.5	6357.9 ± 379.3
Acidos y Grasas	EW_AS1M03621	mg/L	0.2	0.4	38.2 ± 4.8

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 25

Resultados del Agua Residual Tratada Semana 10 (VF)

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2130478 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 310
DNI / LA-20049-002
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 310 OPTO 202

Fecha de Recepción: 03/09/2021
Fecha de Emisión: 04/09/2021 a 04/09/2021
Número de Pedido: 02807

Etiqueta de Muestra: WVF-01

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2130478 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO	20/09/2021
NOMBRE DE MUESTREO	07/04/01
CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL
SUB-CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LE	Resultado ± Incertidumbre
Resultados Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EN_47442402	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	< 0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN_47442408	mg/l	1.0	2.0	0.0 ± 0.0
Demanda Química de Oxígeno	EN_47442409	mg/l	1.0	4.0	30.0 ± 0.0
Azúcar y Almidón	EN_40706001	mg/l	0.2	0.4	0.1 ± 0.0

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2130479 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 310
DNI / LA-20049-002
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 310 OPTO 202

Fecha de Recepción: 03/09/2021
Fecha de Emisión: 04/09/2021 a 04/09/2021
Número de Pedido: 02807

Etiqueta de Muestra: WVF-02

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2130479 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO	20/09/2021
NOMBRE DE MUESTREO	07/04/01
CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL
SUB-CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LE	Resultado ± Incertidumbre
Resultados Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EN_47442402	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	0 ± 0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN_47442408	mg/l	1.0	2.0	0.0 ± 0.0
Demanda Química de Oxígeno	EN_47442409	mg/l	1.0	4.0	175.3 ± 0.0
Azúcar y Almidón	EN_40706001	mg/l	0.2	0.4	0.0 ± 0.0

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2130480 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 310
DNI / LA-20049-002
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 310 OPTO 202

Fecha de Recepción: 03/09/2021
Fecha de Emisión: 04/09/2021 a 04/09/2021
Número de Pedido: 02807

Etiqueta de Muestra: WVF-03

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2130480 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO	20/09/2021
NOMBRE DE MUESTREO	07/04/01
CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL
SUB-CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LE	Resultado ± Incertidumbre
Resultados Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EN_47442402	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	0 ± 0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN_47442408	mg/l	1.0	2.0	0.0 ± 0.0
Demanda Química de Oxígeno	EN_47442409	mg/l	1.0	4.0	30.0 ± 0.0
Azúcar y Almidón	EN_40706001	mg/l	0.2	0.4	0.0 ± 0.0

Nota:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 26

Resultados del Agua Residual Tratada Semana 10 (FC)

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2130476 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 810
ENI / LS-30040-003
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 810 OPTO 302

Fecha de Recepción S/S : 24-09-2021
Fecha de Emisión : Del 24-09-2021 al 04-10-2021
Número Realizado Por : 028975

Etiqueta de Muestra: WRP-026

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2130476 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO	24/09/2021
HORA DE MUESTREO	07:30:00
CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB-CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LP	LE	Resultado e Incertidumbre
Resultados Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EN APH42402	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	4 ± 1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN APH42108	mg/l	1.0	2.0	0.1 ± 0.0
Demanda Química de Oxígeno	EN APH42100	mg/l	1.0	4.0	488.8 ± 40.0
Cloruro y Sulfuro	EN APH42007	mg/l	0.2	0.4	0.2 ± 0.0

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2130477 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 810
ENI / LS-30040-003
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 810 OPTO 302

Fecha de Recepción S/S : 24-09-2021
Fecha de Emisión : Del 24-09-2021 al 04-10-2021
Número Realizado Por : 028975

Etiqueta de Muestra: WRP-027

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2130477 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO	24/09/2021
HORA DE MUESTREO	07:30:00
CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB-CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LP	LE	Resultado e Incertidumbre
Resultados Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EN APH42402	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	5 ± 1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN APH42108	mg/l	1.0	2.0	0.2 ± 0.0
Demanda Química de Oxígeno	EN APH42100	mg/l	1.0	4.0	342.0 ± 34.3
Cloruro y Sulfuro	EN APH42007	mg/l	0.2	0.4	0.0 ± 0.0

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2130475 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av Brasil 810
ENI / LS-30040-003
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 810 OPTO 302

Fecha de Recepción S/S : 24-09-2021
Fecha de Emisión : Del 24-09-2021 al 04-10-2021
Número Realizado Por : 028975

Etiqueta de Muestra: WRP-027

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2130475 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO	24/09/2021
HORA DE MUESTREO	07:30:00
CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB-CATEGORÍA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LP	LE	Resultado e Incertidumbre
Resultados Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EN APH42402	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	3	0 ± 1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN APH42108	mg/l	1.0	2.0	0.1 ± 0.0
Demanda Química de Oxígeno	EN APH42100	mg/l	1.0	4.0	310.0 ± 31.7
Nitrato y Nitrito	EN APH42007	mg/l	0.2	0.4	0.0 ± 0.0

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 27

Resultados del Agua Residual sin Tratamiento Semana 10

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

**INFORME DE ENSAYO
MA2130481 Rev. 0**

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE

Av Brasil 910

ENV / LB-350049-003

PROCEDENCIA : AV. BRASIL 910 DPTO 202

Fecha de Recepción SGS : 29-09-2021

Fecha de Ejecución : Del 29-09-2021 al 04-10-2021

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
WMP-061

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**

**INFORME DE ENSAYO
MA2130481 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					WMP-061
FECHA DE MUESTREO					29/09/2021
HORA DE MUESTREO					06:20:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	810 ± 185
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHAS210B	mg/L	1.0	2.6	2.389.5 ± 471.2
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHAS220D	mgO ₂ /L	1.8	4.5	7.241.6 ± 401.7
Aceites y Grasas	EW_ASTMD3921	mg/L	0.2	0.4	41.8 ± 5.9

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 28

Resultados del Agua Residual Tratada Semana 12 (VF)

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2147312 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 516
ENVI (LB-20005-02)
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 516

Fecha de Recepción (E): 19-03-2021
Fecha de Emisión: 26-04-2021 a 19-03-2021
Número de Informe (E): 02875

Estado de Muestra
IMP-02

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2147312 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
FECHA DE MUESTREO: 14/03/2021
NOMBRE DE MUESTREO: CA-2020-02
SUBCATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LE	Resultado y Incertidumbre
Resultados					
Óxidos Totales en Suspensión	EN APACHADO	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	03 ± 1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN APACHADO	mg/l	1.0	0.0	01 ± 0.0
Demanda Química de Oxígeno	EN APACHADO	mg/l	1.0	0.0	201.0 ± 20.0
Acidez y Alcalinidad	EN APACHADO	mg/l	0.1	0.0	0.0

Nota:
El reporte de tiempo se realizó en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2147313 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 516
ENVI (LB-20005-02)
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 516

Fecha de Recepción (E): 24-03-2021
Fecha de Emisión: 26-04-2021 a 19-03-2021
Número de Informe (E): 02875

Estado de Muestra
IMP-01

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2147313 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
FECHA DE MUESTREO: 14/03/2021
NOMBRE DE MUESTREO: CA-2020-02
SUBCATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LE	Resultado y Incertidumbre
Resultados					
Óxidos Totales en Suspensión	EN APACHADO	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	<1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN APACHADO	mg/l	1.0	0.0	0.0 ± 0.0
Demanda Química de Oxígeno	EN APACHADO	mg/l	1.0	0.0	217.0 ± 21.0
Acidez y Alcalinidad	EN APACHADO	mg/l	0.2	0.0	0.0 ± 0.1

Nota:
El reporte de tiempo se realizó en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2147311 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 516
ENVI (LB-20005-02)
PROCEDENCIA: AV. BRASIL 516

Fecha de Recepción (E): 19-03-2021
Fecha de Emisión: 26-04-2021 a 19-03-2021
Número de Informe (E): 02875

Estado de Muestra
IMP-02

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2147311 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
FECHA DE MUESTREO: 14/03/2021
NOMBRE DE MUESTREO: CA-2020-02
SUBCATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LE	Resultado y Incertidumbre
Resultados					
Óxidos Totales en Suspensión	EN APACHADO	mg Sólidos Totales en Suspensión/l	1	0	<1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EN APACHADO	mg/l	1.0	0.0	0.0 ± 0.0
Demanda Química de Oxígeno	EN APACHADO	mg/l	1.0	0.0	202.0 ± 20.0
Acidez y Alcalinidad	EN APACHADO	mg/l	0.2	0.0	0.0 ± 0.1

Nota:
El reporte de tiempo se realizó en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Figura 29

Resultados del Agua Residual Tratada Semana 12 (FC)

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2147314 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 910
ENI 124-00000-002
PROCEDENCIA: AJ BRASL 910

Fecha de Recepción: 14/10/2021
Fecha de Emisión: 14/10/2021 a 14/10/2021
Número Referencial: CUBTE

Etiquetas de Muestras: 14/10/21

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2147314 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE MUESTREO: 14/10/2021
NOMBRE DE MUESTRO: 30.03.00
CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB-CATEGORÍA: INDUSTRIAL

Parámetro	Unidad	UF	LF	UF	LF	Resultado	Unidad
Ácidos Clorhídrico							
Ácido Totales en Suspensión	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/l	1.0	2.0	5.0	10.0	0.0	0.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1.0	4.0	10.0	20.0	0.0	0.0
Alcalinidad y Acidez	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplir con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2147315 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 910
ENI 124-00000-002
PROCEDENCIA: AJ BRASL 910

Fecha de Recepción: 14/10/2021
Fecha de Emisión: 14/10/2021 a 14/10/2021
Número Referencial: CUBTE

Etiquetas de Muestras: 14/10/21

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2147315 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE MUESTREO: 14/10/2021
NOMBRE DE MUESTRO: 30.03.00
CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB-CATEGORÍA: INDUSTRIAL

Parámetro	Unidad	UF	LF	UF	LF	Resultado	Unidad
Ácidos Clorhídrico							
Ácido Totales en Suspensión	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/l	1.0	2.0	5.0	10.0	0.0	0.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1.0	4.0	10.0	20.0	0.0	0.0
Alcalinidad y Acidez	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplir con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2147316 Rev. 0

MOSCOSO PALOMARES WILFREDO ENRIQUE
Av. Brasil 910
ENI 124-00000-002
PROCEDENCIA: AJ BRASL 910

Fecha de Recepción: 14/10/2021
Fecha de Emisión: 14/10/2021 a 14/10/2021
Número Referencial: CUBTE

Etiquetas de Muestras: 14/10/21

SGS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002

INFORME DE ENSAYO
MA2147316 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE MUESTREO: 14/10/2021
NOMBRE DE MUESTRO: 30.03.00
CATEGORÍA: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
SUB-CATEGORÍA: INDUSTRIAL

Parámetro	Unidad	UF	LF	UF	LF	Resultado	Unidad
Ácidos Clorhídrico							
Ácido Totales en Suspensión	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/l	1.0	2.0	5.0	10.0	0.0	0.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1.0	4.0	10.0	20.0	0.0	0.0
Alcalinidad y Acidez	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Notas:
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
Las muestras recibidas cumplir con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Anexo 6. Resultados de los parámetros Físico – Químicos (3 Repeticiones)

Tabla 18

Evaluación de Efectividad del Tratamiento

Semana	Tratamientos	Repeticiones	DQO	A & G	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	DBO	pH
Semana 2	VF	1	2152.7	0.4	52	106.7	7.8
		2	2656.8	0.4	90	42.3	7.7
		3	1904	0.4	50	232.3	7.8
	FC	1	862.1	0.6	82	45.4	7.2
		2	897.4	0.4	47	40.5	7.3
		3	1364.5	0.8	96	56.2	7.3
Semana 4	VF	1	1055.8	2.9	23	359.3	7.7
		2	838.7	5.6	23	305.7	7.7
		3	954.3	4.7	23	325.8	7.6
	FC	1	460	1.2	43	194.7	7.2
		2	369.3	0.7	23	197	7.2
		3	386.7	1	35	189.2	7.1
Semana 6	VF	1	401	2.4	3	14.3	7.6
		2	540.9	0.4	8	15.4	7.5
		3	499.3	0.4	5	14.9	7.5
	FC	1	494.4	0.4	3	6.5	7.2
		2	500.5	0.4	3	5.9	7.2
		3	490.8	0.4	3	5.2	7

Semana 8	VF	1	117.8	0.5	3	44.2	7.2
		2	145.4	0.4	4	37.2	7.1
		3	127.6	0.4	3	39.8	7.2
	FC	1	570	0.4	16	140.3	7.3
		2	472.2	0.5	19	156	7.2
		3	516.5	0.4	14	148.7	7.4
Semana 10	VF	1	391.6	4.1	3	4.4	7.1
		2	370.3	3.9	3	4	7.2
		3	381.7	3.4	4.8	4	7.1
	FC	1	498.8	4.2	4	4.1	7.5
		2	542.8	3.6	5	4.2	7.5
		3	515.9	2.9	5	4.1	7.6
Semana 12	VF	1	295.6	0.4	3.5	4.1	7
		2	271.3	0.5	3	3.5	7.1
		3	230.4	0.5	3	3.9	7
	FC	1	560.3	2.9	5	5.1	7.6
		2	556.8	3.1	6	5.5	7.5
		3	578.9	2.8	6	5.8	7.4

Anexo 7. Evaluación del efecto del tratamiento en DQO

Tabla 19

Análisis detallado de la evaluación del efecto del Tratamiento en DQO

Semana	Tratamientos	Repeticiones	CI	CF	% Remoción	Media	Desviación Estandar
Semana 2 - DQO	VF	1	6898.92	2152.7	68.80	67.56	5.56
		2	6898.92	2656.8	61.49		
		3	6898.92	1904	72.40		
	FC	1	6898.92	862.1	87.50	84.91	4.06
		2	6898.92	897.4	86.99		
		3	6898.92	1364.5	80.22		
Semana 4 - DQO	VF	1	6898.92	1055.8	84.70	86.24	1.57
		2	6898.92	838.7	87.84		
		3	6898.92	954.3	86.17		
	FC	1	6898.92	460	93.33	94.12	0.70
		2	6898.92	369.3	94.65		
		3	6898.92	386.7	94.39		
Semana 6 - DQO	VF	1	6898.92	401	94.19	93.04	1.04
		2	6898.92	540.9	92.16		
		3	6898.92	499.3	92.76		
	FC	1	6898.92	494.4	92.83	92.82	0.07
		2	6898.92	500.5	92.75		
		3	6898.92	490.8	92.89		

		1	6898.92	117.8	98.29		
	VF	2	6898.92	145.4	97.89	98.11	0.20
		3	6898.92	127.6	98.15		
Semana 8 - DQO		1	6898.92	570	91.74		
	FC	2	6898.92	472.2	93.16	92.47	0.71
		3	6898.92	516.5	92.51		
		1	6898.92	391.6	94.32		
	VF	2	6898.92	370.3	94.63	94.47	0.15
		3	6898.92	381.7	94.47		
Semana 10 - DQO		1	6898.92	498.8	92.77		
	FC	2	6898.92	542.8	92.13	92.47	0.32
		3	6898.92	515.9	92.52		
		1	6898.92	295.6	95.72		
	VF	2	6898.92	271.3	96.07	96.15	0.48
		3	6898.92	230.4	96.66		
Semana 12 - DQO		1	6898.92	560.3	91.88		
	FC	2	6898.92	556.8	91.93	91.81	0.17
		3	6898.92	578.9	91.61		

Anexo 8. Evaluación del efecto del tratamiento en A y G

Tabla 20

Análisis detallado de la evaluación del efecto del Tratamiento en A y G

Semana	Tratamientos	Repeticiones	CI	CF	% Remoción	Media	Desviación Estandar
Semana 2 - A & G	VF	1	37.4	0.4	98.93	98.93	0.00
		2	37.4	0.4	98.93		
		3	37.4	0.4	98.93		
	FC	1	37.4	0.6	98.40	98.40	0.53
		2	37.4	0.4	98.93		
		3	37.4	0.8	97.86		
Semana 4 - A & G	VF	1	37.4	2.9	92.25	88.24	3.68
		2	37.4	5.6	85.03		
		3	37.4	4.7	87.43		
	FC	1	37.4	1.2	96.79	97.42	0.67
		2	37.4	0.7	98.13		
		3	37.4	1	97.33		
Semana 6 - A & G	VF	1	37.4	2.4	93.58	97.15	3.09
		2	37.4	0.4	98.93		
		3	37.4	0.4	98.93		
	FC	1	37.4	0.4	98.93	98.93	0.00
		2	37.4	0.4	98.93		
		3	37.4	0.4	98.93		

Semana 8 - A & G	VF	1	37.4	0.5	98.66	98.84	0.15
		2	37.4	0.4	98.93		
		3	37.4	0.4	98.93		
	FC	1	37.4	0.4	98.93	98.84	0.15
		2	37.4	0.5	98.66		
		3	37.4	0.4	98.93		
Semana 10 - A & G	VF	1	37.4	4.1	89.04	89.84	0.96
		2	37.4	3.9	89.57		
		3	37.4	3.4	90.91		
	FC	1	37.4	4.2	88.77	90.46	1.74
		2	37.4	3.6	90.37		
		3	37.4	2.9	92.25		
Semana 12 - A & G	VF	1	37.4	0.4	98.93	98.75	0.15
		2	37.4	0.5	98.66		
		3	37.4	0.5	98.66		
	FC	1	37.4	2.9	92.25	92.16	0.41
		2	37.4	3.1	91.71		
		3	37.4	2.8	92.51		

Anexo 9. Evaluación del efecto del tratamiento en SST

Tabla 21

Análisis detallado de la evaluación del efecto del Tratamiento en SST

Semana	Tratamientos	Repeticiones	CI	CF	% Remoción	Media	Desviación Estandar
Semana 2 - SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	VF	1	748.33	52	93.05	91.45	3.01
		2	748.33	90	87.97		
		3	748.33	50	93.32		
	FC	1	748.33	82	89.04	89.98	3.37
		2	748.33	47	93.72		
		3	748.33	96	87.17		
Semana 4 - SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	VF	1	748.33	23	96.93	96.93	0.00
		2	748.33	23	96.93		
		3	748.33	23	96.93		
	FC	1	748.33	43	94.25	95.50	1.35
		2	748.33	23	96.93		
		3	748.33	35	95.32		
Semana 6 - SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	VF	1	748.33	3	99.60	99.29	0.34
		2	748.33	8	98.93		
		3	748.33	5	99.33		
	FC	1	748.33	3	99.60	99.60	0.00
		2	748.33	3	99.60		
		3	748.33	3	99.60		

Semana 8 - SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	VF	1	748.33	3	99.60	99.55	0.08
		2	748.33	4	99.47		
		3	748.33	3	99.60		
	FC	1	748.33	16	97.86	97.82	0.34
		2	748.33	19	97.46		
		3	748.33	14	98.13		
Semana 10 - SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	VF	1	748.33	3	99.60	99.52	0.14
		2	748.33	3	99.60		
		3	748.33	4.8	99.36		
	FC	1	748.33	4	99.47	99.38	0.08
		2	748.33	5	99.33		
		3	748.33	5	99.33		
Semana 12 - SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	VF	1	748.33	3.5	99.53	99.58	0.04
		2	748.33	3	99.60		
		3	748.33	3	99.60		
	FC	1	748.33	5	99.33	99.24	0.08
		2	748.33	6	99.20		
		3	748.33	6	99.20		

Anexo 10. Evaluación del efecto del tratamiento en DBO

Tabla 22

Análisis detallado de la evaluación del efecto del Tratamiento en DBO

Semana	Tratamientos	Repeticiones	CI	CF	% Remoción	Media	Desviación Estandar
Semana 2 - DBO	VF	1	2287.35	106.7	95.34	94.44	4.22
		2	2287.35	42.3	98.15		
		3	2287.35	232.3	89.84		
	FC	1	2287.35	45.4	98.02	97.93	0.35
		2	2287.35	40.5	98.23		
		3	2287.35	56.2	97.54		
Semana 4 - DBO	VF	1	2287.35	359.3	84.29	85.56	1.18
		2	2287.35	305.7	86.64		
		3	2287.35	325.8	85.76		
	FC	1	2287.35	194.7	91.49	91.53	0.18
		2	2287.35	197	91.39		
		3	2287.35	189.2	91.73		
Semana 6 - DBO	VF	1	2287.35	14.3	99.37	99.35	0.02
		2	2287.35	15.4	99.33		
		3	2287.35	14.9	99.35		
	FC	1	2287.35	6.5	99.72	99.74	0.03
		2	2287.35	5.9	99.74		
		3	2287.35	5.2	99.77		

Semana 8 - DBO	VF	1	2287.35	44.2	98.07	98.23	0.15
		2	2287.35	37.2	98.37		
		3	2287.35	39.8	98.26		
	FC	1	2287.35	140.3	93.87	93.52	0.34
		2	2287.35	156	93.18		
		3	2287.35	148.7	93.50		
Semana 10 - DBO	VF	1	2287.35	4.4	99.81	99.82	0.01
		2	2287.35	4	99.83		
		3	2287.35	4	99.83		
	FC	1	2287.35	4.1	99.82	99.82	0.00
		2	2287.35	4.2	99.82		
		3	2287.35	4.1	99.82		
Semana 12 - DBO	VF	1	2287.35	4.1	99.82	99.83	0.01
		2	2287.35	3.5	99.85		
		3	2287.35	3.9	99.83		
	FC	1	2287.35	5.1	99.78	99.76	0.02
		2	2287.35	5.5	99.76		
		3	2287.35	5.8	99.75		

Anexo 11. Evaluación del efecto del tratamiento en pH

Tabla 23

Análisis detallado de la evaluación del efecto del Tratamiento en pH

Semana	Tratamientos	Repeticiones	CI	CF	Media	Desviación Estandar
Semana 2 - pH	VF	1	8.2	7.8	7.77	0.06
		2	8.2	7.7		
		3	8.2	7.8		
	FC	1	8.2	7.2	7.27	0.06
		2	8.2	7.3		
		3	8.2	7.3		
Semana 4 - pH	VF	1	8.2	7.7	7.67	0.06
		2	8.2	7.7		
		3	8.2	7.6		
	FC	1	8.2	7.2	7.17	0.06
		2	8.2	7.2		
		3	8.2	7.1		
Semana 6 - pH	VF	1	8.2	7.6	7.53	0.06
		2	8.2	7.5		
		3	8.2	7.5		
	FC	1	8.2	7.2	7.13	0.12
		2	8.2	7.2		
		3	8.2	7		

Semana 8 - pH	VF	1	8.2	7.2	7.17	0.06
		2	8.2	7.1		
		3	8.2	7.2		
	FC	1	8.2	7.3	7.30	0.10
		2	8.2	7.2		
		3	8.2	7.4		
Semana 10 - pH	VF	1	8.2	7.1	7.13	0.06
		2	8.2	7.2		
		3	8.2	7.1		
	FC	1	8.2	7.5	7.53	0.06
		2	8.2	7.5		
		3	8.2	7.6		
Semana 12 - pH	VF	1	8.2	7	7.03	0.06
		2	8.2	7.1		
		3	8.2	7		
	FC	1	8.2	7.6	7.50	0.10
		2	8.2	7.5		
		3	8.2	7.4		

Anexo 12. Media Final de Todos los tratamientos en el Vermifiltro

Tabla 24

Media de las semanas analizadas del VF

Semana	MEDIA DQO	MEDIA A & G	MEDIA SÓLIDOS	MEDIA DBO	MEDIA pH
Semana 2	67.56	98.93	91.45	94.44	7.77
Semana 4	86.24	88.24	96.93	85.56	7.67
Semana 6	93.04	97.15	99.29	99.35	7.53
Semana 8	98.11	98.84	99.55	98.23	7.17
Semana 10	94.47	89.84	99.52	99.82	7.13
Semana 12	96.15	98.75	99.58	99.83	7.03

Anexo 13. Media Final de Todos los tratamientos en el Filtro Control

Tabla 25

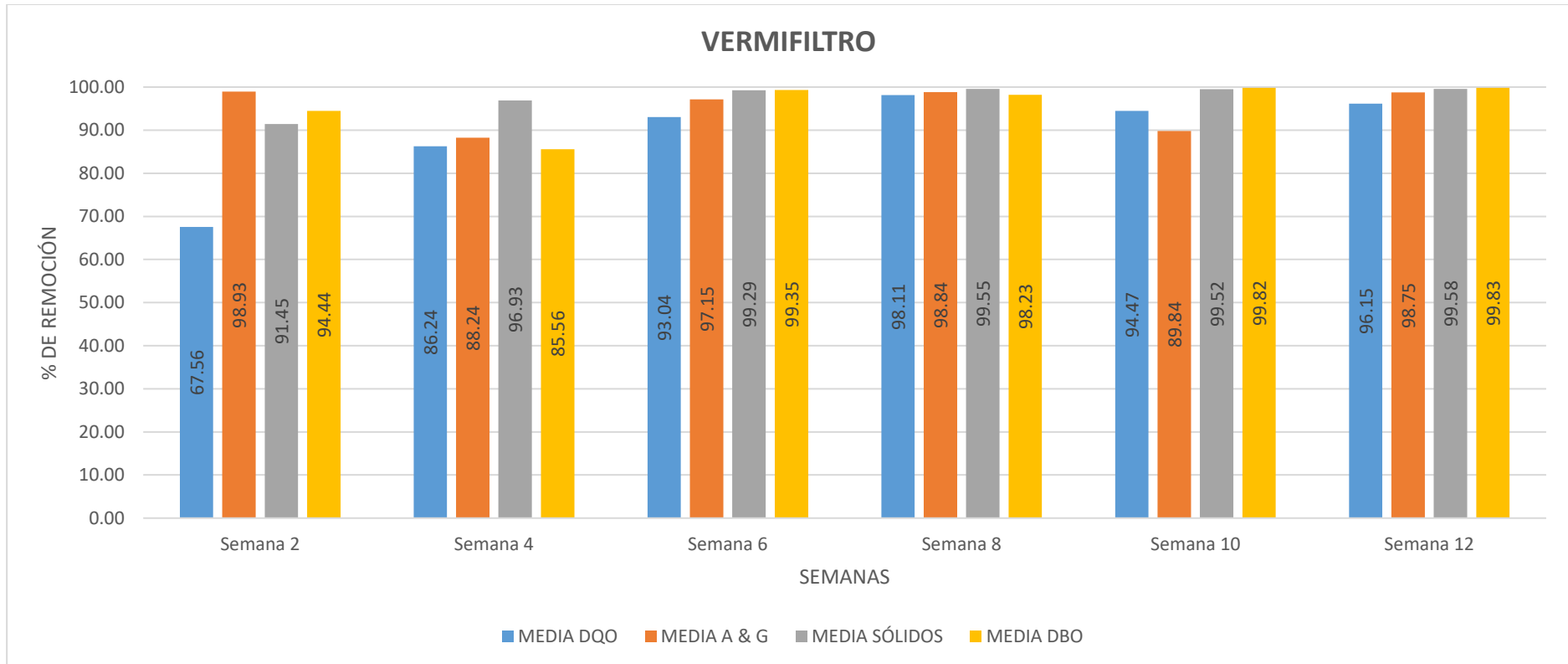
Media de las semanas analizadas del FC

Semana	MEDIA DQO	MEDIA A & G	MEDIA SÓLIDOS	MEDIA DBO	MEDIA pH
Semana 2	84.91	98.40	89.98	97.93	7.27
Semana 4	94.12	97.42	95.50	91.53	7.17
Semana 6	92.82	98.93	99.60	99.74	7.13
Semana 8	92.47	98.84	97.82	93.52	7.30
Semana 10	92.47	90.46	99.38	99.82	7.53
Semana 12	91.81	92.16	99.24	99.76	7.50

Anexo 14. Gráfico de la eficiencia del tratamiento a través de las semanas Vermifiltro

Figura 30

VF Media de las semanas analizadas parámetros (DQO, A y G, SST, DBO)

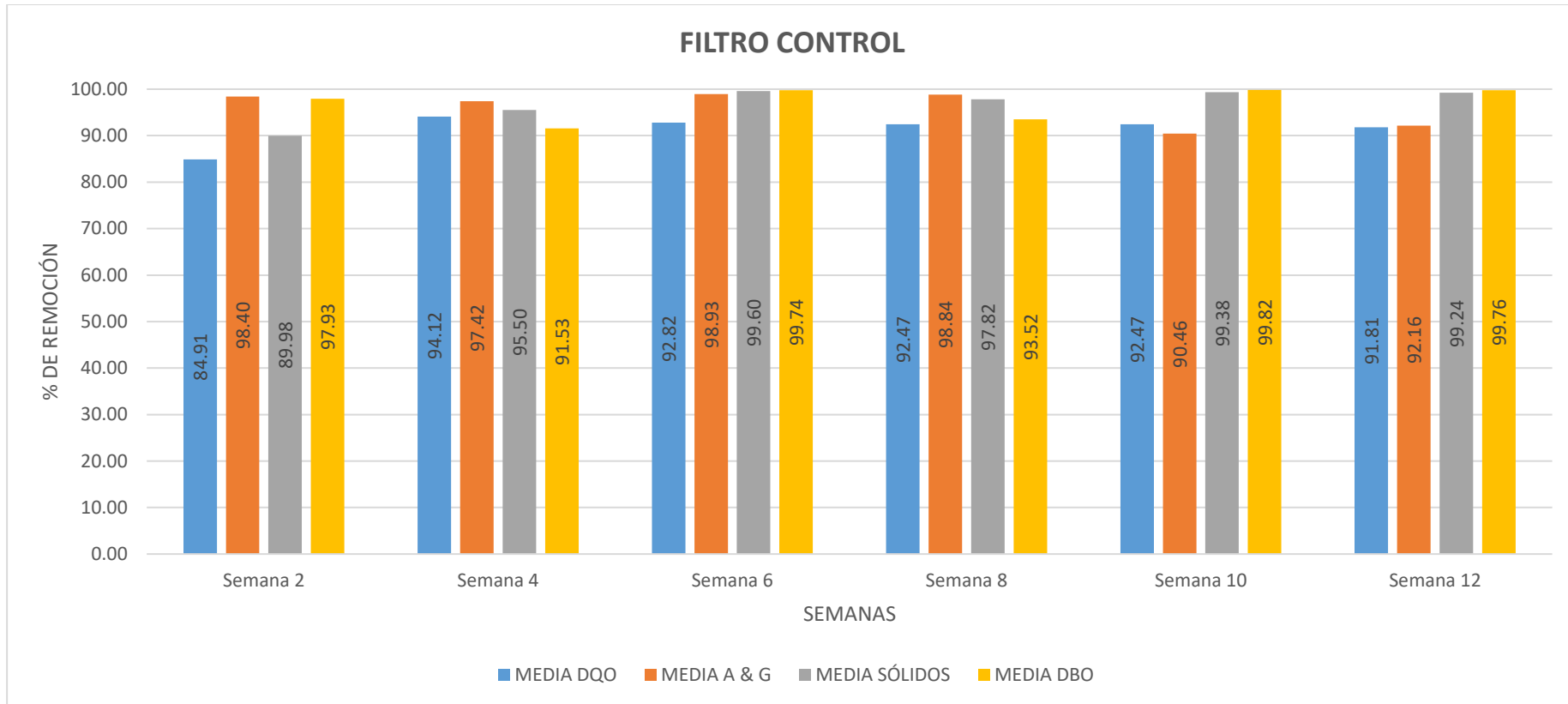


Se observa en el VF que, luego de doce semanas de tratamiento, la eficiencia ha ido aumentando en comparación con la semana dos; por otro lado, se visualiza un incremento notorio del tratamiento en los parámetros DQO, SST y DBO.

Anexo 15. Gráfico de la eficiencia del tratamiento a través de las semanas Filtro Control

Figura 31

FC Media de las semanas analizadas parámetros (DQO, A y G, SST, DBO)

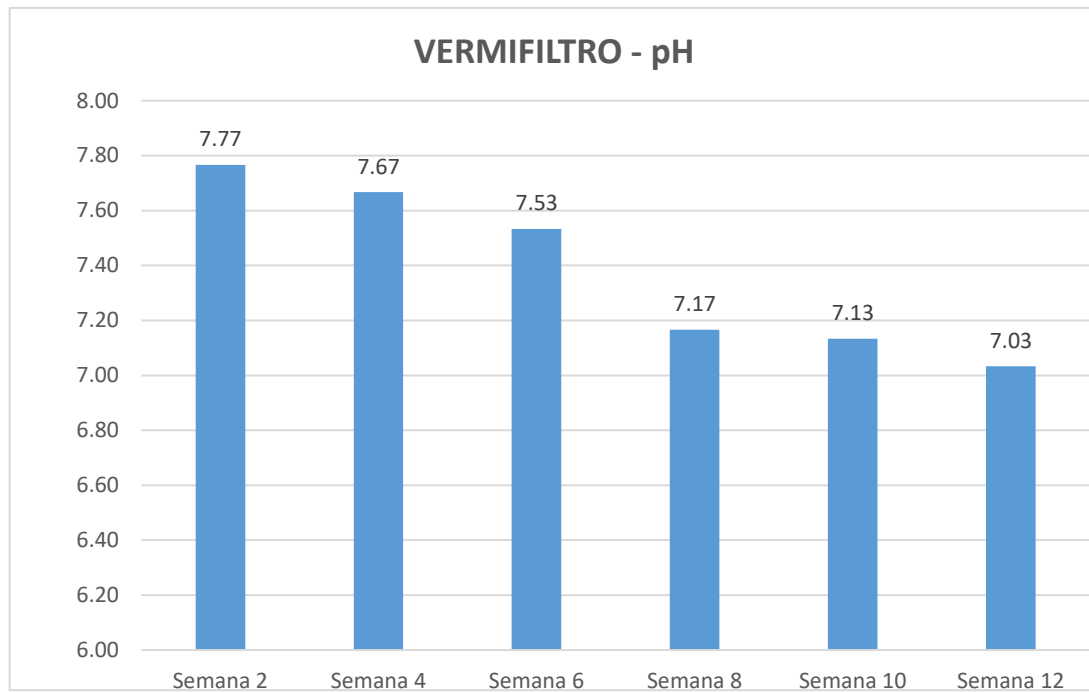


Se observa en el FC que, luego de doce semanas de tratamiento, la eficiencia ha ido disminuyendo en comparación con la semana seis; por otro lado, se visualiza un decrecimiento en el tratamiento de los parámetros DQO, AyG y DBO.

Anexo 16. Gráfico de la eficiencia del tratamiento del pH

Figura 32

VF media de las semanas analizadas pH

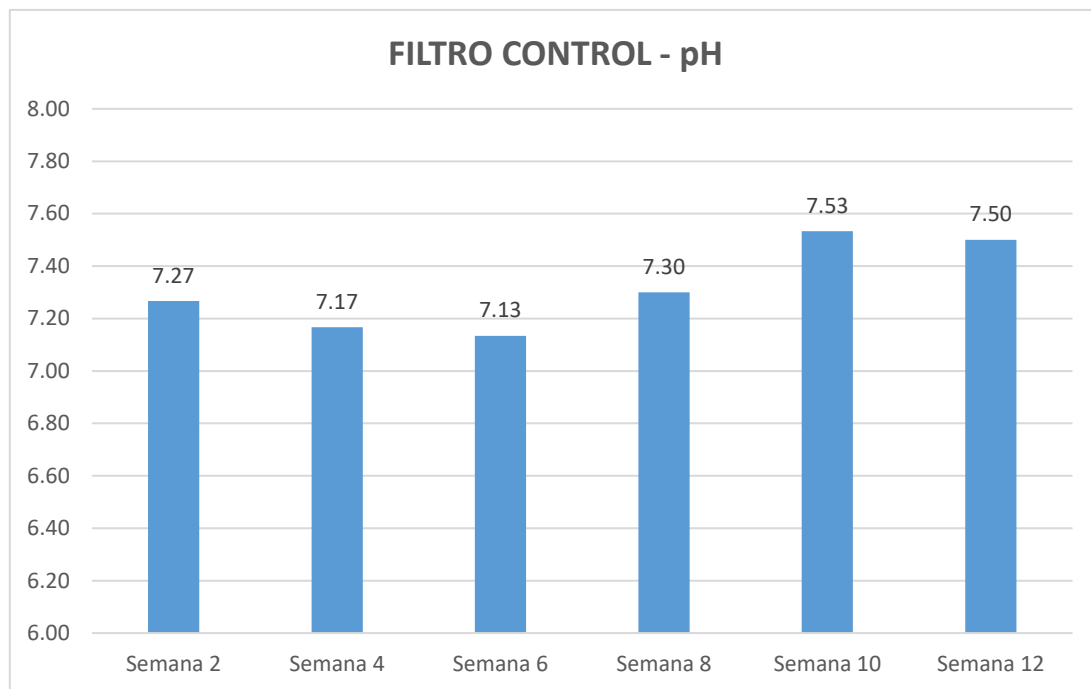


Se observa en el VF que, luego de doce semanas de tratamiento, el pH tiende a neutralizarse esto se debe a que la lombriz es un agente importante en neutralizar el pH en los diferentes procesos del vermicompostaje.

Anexo 17. Gráfico de la eficiencia del tratamiento del pH

Figura 33

FC media de las semanas analizadas pH



Se observa en el FC que, luego de doce semanas de tratamiento, el pH tiende a alcalinizarse esto se debe a la no presencia de las lombrices, las cuales son importante en la neutralización del pH.

Anexo 18. Análisis estadístico

Para lograr un correcto análisis estadístico se realizó la toma de muestra con 3 repeticiones en ambos tratamientos (VF y VC) cada 2 semanas desde el inicio del proyecto. Se realizó la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (Levene) para determinar el uso de pruebas paramétricas o no paramétricas. Para los parámetros de DBO, DQO, SST, A y G, pH, se optó por la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Tabla 26

Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis

Hipótesis nula	Sig	Contraste
La distribución de la Demanda Química de Oxígeno (mgO ₂ /L) es la misma entre las categorías de Semanas Analizadas.	,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Aceites y Grasas (mg/L) es la misma entre las categorías de Semanas Analizadas.	,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Sólidos Suspendidos Totales (mg/L) es la misma entre las categorías de Semanas Analizadas.	,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) es la misma entre las categorías de Semanas Analizadas.	,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución del Potencial de Hidrogeno es la misma entre las categorías de Semanas Analizadas	,000	Rechazar la hipótesis nula

Según la tabla 31, con un NVL SG 5% (nivel de significación del 5%), se concluye que existen diferencias significativas en los parámetros analizados para todas las categorías de semanas ($\text{sig} < 0.05$), Posteriormente, se ejecutaron las comparaciones por parejas para determinar entre que grupos de la categoría existían diferencias significativas.

Figura 34

Comparaciones en parejas para el parámetro DQO (mgO_2/L)

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
Semana 8 VF-Semana 0	37,500	8,675	4,323	,000	,001
Semana 12 VF-Semana 0	34,500	8,675	3,977	,000	,005
Semana 10 VF-Semana 0	30,167	8,675	3,478	,001	,039

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.
Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es ,05.

Según la figura 33, con un NVL SG 5%, se concluye que existen diferencias significativas entre la semana 0 del agua residual sin tratamiento y los tratamientos de las semanas 8, 10 y 12 del VF.

Figura 35

Comparaciones en parejas para el parámetro A y G (mg/L)

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
Semana 6 FC-Semana 0	32,000	8,508	3,761	,000	,013
Semana 2 VF-Semana 0	32,000	8,508	3,761	,000	,013

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.
Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es ,05.

Según la figura 34, con un NVL SG 5%, se concluye que existen diferencias significativas entre la semana 0 del agua residual sin tratamiento y los tratamientos del VF semana (2) y FC semana (6).

Figura 36

Comparaciones en parejas para el parámetro SST (mg/L)

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
Semana 6 FC-Semana 0	34,000	8,609	3,949	,000	,006
Semana 12 VF-Semana 0	32,167	8,609	3,737	,000	,015
Semana 8 VF-Semana 0	31,667	8,609	3,678	,000	,018
Semana 10 VF-Semana 0	31,167	8,609	3,620	,000	,023

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.

Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es ,05.

Según la figura 35, con un NVL SG 5%, se concluye que existen diferencias significativas entre la semana 0 del agua residual sin tratamiento y los tratamientos del VF semanas (8,10 y 12) y FC semana (6).

Figura 37

Comparaciones en parejas para el parámetro DBO (mg/L)

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
Semana 12 VF-Semana 0	36,500	8,673	4,209	,000	,002
Semana 10 VF-Semana 0	34,167	8,673	3,939	,000	,006
Semana 10 FC-Semana 0	32,833	8,673	3,786	,000	,012

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.

Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es ,05.

Según la figura 36, con un NVL SG 5%, se concluye que existen diferencias significativas entre la semana 0 del agua residual sin tratamiento y los tratamientos del VF semanas (10 y 12) y FC semana (10).

Figura 38

Comparaciones en parejas para el parámetro pH

Muestra1-Muestra2	Prueba estadística	Error típico	Desv. Prueba estadística	Sig.	Sig. ady.
Semana 12 VF-Semana 0	36,167	8,609	4,201	,000	,002
Semana 10 VF-Semana 0	31,167	8,609	3,620	,000	,023
Semana 6 FC-Semana 0	30,167	8,609	3,504	,000	,036

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas.
Se muestran las significancias asintóticas (pruebas de 2 caras). El nivel de significancia es ,05.

Según la figura 37, con un NVL SG 5%, se concluye que existen diferencias significativas entre la semana 0 del agua residual sin tratamiento y los tratamientos del VF semanas (10 y 12) y FC semana (6).

Tabla 27

Matriz de consistencia

Objetivo	Variables	Parámetros
O.G Evaluar la eficiencia del vermifiltro con respecto al filtro Control en la reducción de los parámetros físico – químicos de las aguas residuales provenientes de un matadero avícola	Independiente Uso del Vermifiltro y Filtro control	INDICADORES Densidad de almacenamiento de lombrices (g) Medios filtrantes (%)
O.E Caracterizar los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales provenientes del matadero avícola	Dependiente Calidad de las aguas residuales	Parámetros INDICADORES Físico – químicos DBO : mg/L DQO : mg/L Solidos suspendidos: mg/L pH A&G
Determinar si los vermifiltros permiten cumplir los Valores Máximos Admisibles (VMA), aprobados por Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, para pH, DBO, DQO, SST, AyG		
Determinar el efecto de E. fetida sobre la eficiencia del vermifiltro		

Tabla 28

Operacionalización de variables

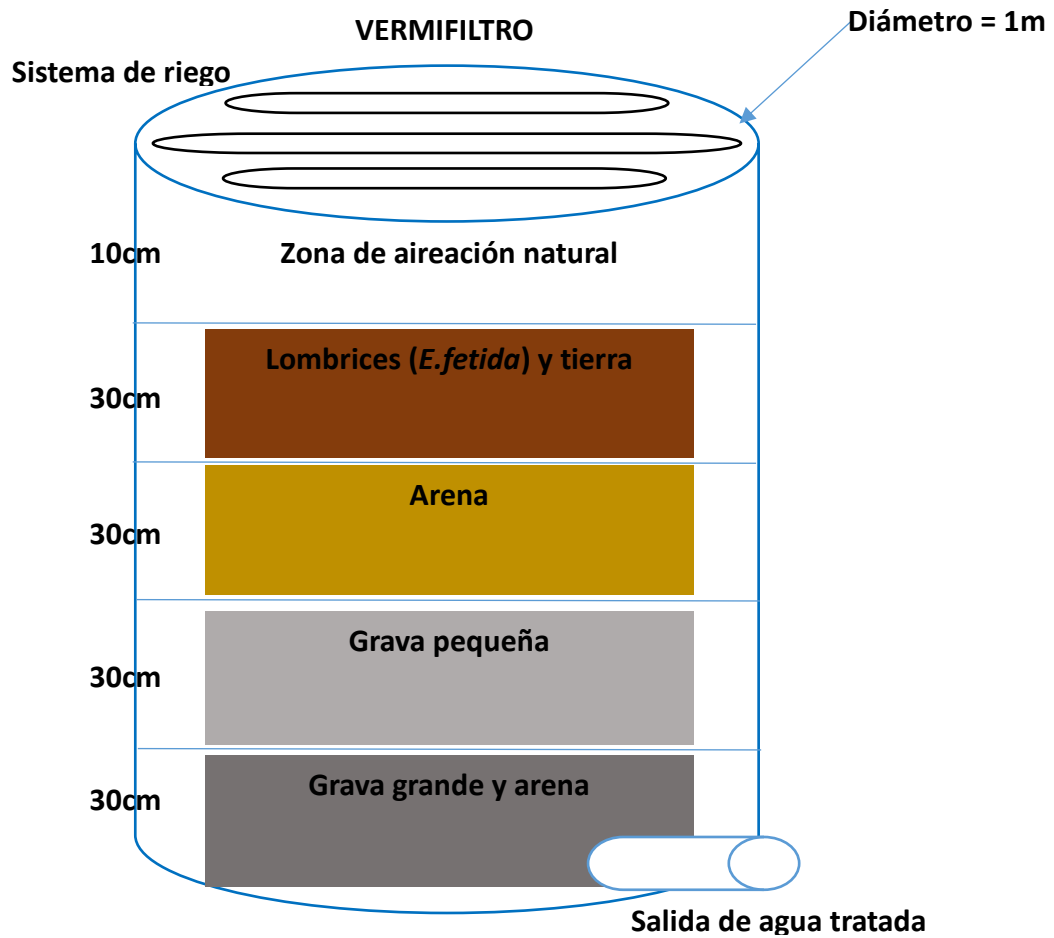
Variables	Definición Conceptual	Operacionalización	
		Indicadores	Escala de medición
Uso del Vermifiltro y Filtro control	Estructuras de bajo costo y sustentables aplicada al tratamiento de efluentes agroindustriales. Son sistemas de percolación con un medio filtrante (lombrices, microorganismos y capas).	Densidad de almacenamiento de lombrices (g) Medios filtrantes (%)	Escalar
Calidad de las aguas residuales	Se define al conjunto ponderado de parámetros o indicadores, que tienen el fin de ser utilizados como una herramienta útil para la evaluación de la afectación calidad del agua provocada por los diferentes contaminantes que la acompañan.	Físico – químicos	
		DBO : mg/L	Escalar
		DQO : mg/L	Escalar
		Solidos suspendidos: mg/L	Escalar
		pH	Escalar
		A&G	Escalar

Anexo 19. Extrapolación planta de tratamiento

Los mataderos avícolas funcionan en el horario de 4 am a 7 am, teniendo un rango de operación de 3 horas.

Sheng et al. (2009), diseñaron un vermifiltro con 1m de altura el cual estaba compuesto por diferentes capas de lecho filtrante. Se procedió a tomar las medidas del vermifiltro y darle una estratificación similar, pero con los materiales de este proyecto de tesis.

a) Diseño de vermifiltro



b) **Peso de lombriz (*E. fetida*)**

Para determinar el número de lombrices que pueden entrar en el vermifiltro fueron tomadas según la relación del estudio de Velasco (2015), quien hizo una comparación de las lombrices de 10 kg lombrices/m³ de suelo (Ecuación 1).

$$V = \pi r^2 h \text{ (Ecuación 1)}$$

$$V = \pi (0.50\text{m})^2 (1.3\text{m})$$

$$V = 1.02 \text{ m}^3$$

Dónde: V: volumen (m³), r: radio del cilindro (m), h: altura del sustrato (m), Lombrices (g).

Se tomó esta fórmula para la introducción de la lombriz *E. fetida* en el vermifiltro y se llegó al siguiente resultado (Ecuación 2):

$$\text{Lombrices (g)} = V \times 10 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\text{Lombrices (g)} = 1.02 \text{ m}^3 \times 10 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ kg}/1000 \text{ g}$$

$$\text{Lombrices (g)} = 10200 \text{ g}$$

c) Materiales

- 90 kg de grava pequeña
- 90 kg de grava grande
- 90 arena
- 90 kg tierra
- 1 motor de DC 60V 37x57mm.
- 1 módulo controlador PWM 6-28 DC 3amp
- 2 tubos de aluminio (52 cm de largo y 1.5 cm de diámetro)

d) Caudal de riego

$$Q = \text{mL/min} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$Q = 1500 \text{ L} / 24 \text{ hr} = 62.5 \text{ L/h}$$

$$Q = 62.5 \text{ L} / \text{h} \times 1000 \text{ mL} / 1 \text{ L} \times 1 \text{ hr} / 60 \text{ min}$$

$$Q = 62.5 \times 1000 \text{ mL} \times 1$$

$$1 \times 60 \text{ min}$$

$$Q = 1040.66 \text{ mL/min}$$