UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

“RELACION DE LOS PARÁMETROS FISICO - QUIMICOS DEL AGUA RESIDUAL Y LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (METANO (CH_4), OXIDO NITROSO (N_2O) y DIOXIDO DE CARBONO (CO_2)) DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “OMO”, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, REGION MOQUEGUA 2020”

TESIS PRESENTADO POR:

LOURDES MAMANI MAMANI

Para optar por el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

MOQUEGUA – PERÚ

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Folio Nº 056

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]
Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]
Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:

Resolución de Facultad Nº 167-2024-FACIA-UNAM

Fecha: 05 de Setiembre del 2024.

III. El jurado ha dictaminado la (el) Tesis, TITULADO:

Relación de los parámetros físico químicos del agua residual y los gases de efecto invernadero metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y dióxido de carbono (CO_2) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Bachiller: Loudes Mamani Mamani DNI, Provincia Mariscal Nieto Región Moquegua 2022

Asesor Principal: Dr. Jose Antonio Valeriano Zapana

Co-Asesor: .....

IV. Se dictamina:

Como: Aprobado por unanimidad la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: Trece (13) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Siendo las 13:16 horas, del 09 de Setiembre del año 2024 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

D.Sc. René Germán Sosa Vilca
Presidente

M.Sc. Rodolfo Sánchez Valencia
Primer Miembro

M.Sc. Mario Román Flores Roque
Segundo Miembro

Bachiller

DEDICATORIA

A Dios, por darme salud y permitir la realización del presente trabajo. A mi madre Cecilia por ser una mujer fuerte y sacar adelante a sus hijos.

A todos lo que confiaron en mí, que con sus palabras me motivaron a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua, por brindarme una formación profesional.

A todos los docentes que fueron los actores principales en mi desarrollo académico. A Marcela que me brindo su acompañamiento en las diferentes gestiones necesarios académicos, a mi jurado de tesis M.Sc Rodolfo Sánchez, M.Sc Mario Flores y Dr Rene Sosa, por las sugerencias y consejos, que me motivo para el logro de esta investigación

A mi asesor. Dr. José Antonio Valeriano Zapana, por su tiempo y asesoramiento en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi familia, a Sebastian cuyo apoyo inquebrantable ha sido fundamental en este proceso.

Y a todas aquellas personas que involuntariamente omita y que, de alguna manera, me apoyaron desinteresadamente al logro de trabajo.

RESUMEN

La disposición en el tratamiento de aguas residuales es uno de los principales contribuyentes a la emisión de GEI a través de los procesos de descomposición de la materia orgánica contaminante y de las actividades de tratamiento asociadas (Noyola et al., 2016). Así, durante el tratamiento de agua residual, la materia orgánica al disolverse en el agua consume oxígeno y libera gases producto de la actividad química y de microorganismos. Si la carga orgánica vertida es alta, el contenido de oxígeno disuelto puede agotarse, lo que provoca condiciones anaerobias y la liberación de metano en mayor cantidad, además, el óxido nitroso que se produce a través de la nitrificación y desnitrificación durante el proceso de eliminación biológica de nutrientes. Por lo mismo, se ha demostrado que en concordancia las variaciones en los parámetros del proceso (como la temperatura, concentración de afluente de materia orgánica (DQO- DBO) y pH) afecta los niveles de rendimiento de los procesos biológicos (Meneses et al., 2015).

En este trabajo se evaluó la emisión de los gases de efecto invernadero de alto potencial de calentamiento global CO_2, N_2O y CH_4, con el propósito de comprender su emisión en relación de los parámetros físico – químicos de agua residual mediante la metodología de cámaras estáticas realizadas in situ pudiendo tener la concentración de GEI de acuerdo a las condiciones de la PTAR Omo. Los resultados obtenidos durante los monitoreos y que tuvieron mayor resultado fueron los de 9 días de captación en las cámaras estáticas teniendo un promedio de 3.6 ppm de CH_4, 3 ppm de N_2O y 1.5 ppm de CO_2 en la laguna anaeróbica; 2.5 ppm de CH_4, 1.667 ppm de N_2O y 1 ppm de CO_2 en la laguna facultativa; finalmente con 1.35 ppm de CH_4, 1.4 ppm de N_2O y 1 ppm de CO_2 en la laguna de tratamiento. Mientras que los resultados de parámetros físico químicos fueron la temperatura desde los 18°C a 26 °C y pH desde 4.5 a 8 y los resultados de DQO 165 a 870 (mg/lt) y DBO 50 a 300(mgO2/l). En cuanto a la relación de concentraciones de GEI con los parámetros físico-químicos resulto que la temperatura y pH tiene cierta incidencia con el metano mientras que el dióxido de carbono y óxido nitroso no tuvieron el mismo efecto, el DQO y DBO tuvieron una mínima relación con la emisión de GEI.

Palabra clave: Gases de efecto Invernadero (GEI), Potencial de calentamiento global (GWP), parámetros físico - químicos, metano, óxido nitroso y dióxido de carbono.

ABSTRACT

The disposal of wastewater treatment is one of the main contributors to GHG emissions through the decomposition processes of contaminating organic matter and associated treatment activities (Noyola et al., 2016). Thus, during wastewater treatment, the organic matter, upon dissolving in the water, consumes oxygen and releases gases due to chemical activity and microorganisms. If the organic load discharged is high, the dissolved oxygen content can be depleted, which causes anaerobic conditions and the release of methane in greater quantities and we have nitrous oxide that is produced through nitrification and denitrification during the biological removal process. of nutrients. For the same reason, variations in process parameters (such as temperature, influent concentration of organic matter (COD-BOD) and pH) have been shown to affect the performance levels of biological processes (Meneses et al., 2015).

In this work, the emission of greenhouse gases with high global warming potential CO2, N2O and CH4 was evaluated, with the purpose of understanding their emission in relation to the physical - chemical parameters of wastewater through the methodology of static chambers carried out. in situ, being able to have the GHG concentration according to the conditions of the Omo WWTP. The results obtained during the monitoring and that had the greatest results were those of 9 days of capture in the static chambers having an average of 3.6 ppm of CH4, 3 ppm of N2O and 1.5 ppm of CO2 in the anaerobic lagoon; 2.5 ppm of CH4, 1,667 of N2O and 1 ppm of CO2 in the facultative lagoon; finally with 1.35 ppm of CH4, 1.4 ppm of N2O and 1 ppm of CO2 in the treatment lagoon. While the results of physical and chemical parameters were temperature from 18°C to 26°C and pH from 4.5 to 8 and the results of COD 165 to 870 (mg/lt) and BOD 50 to 300 (mgO2/l). Regarding the relationship of GHG concentrations with the physical-chemical parameters, it turned out that temperature and pH have a certain impact on methane while carbon dioxide and nitrous oxide did not have the same effect, COD and BOD had a minimal relationship. with the emission of GHG.

Keyword: Greenhouse gases (GHG), Global Warming Potential (GWP), physical - chemical parameters, methane, nitrous oxide and carbon dioxide.

INDICE DE CONTENIDO

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
1.1. Descripción y formulación del problema 1
1.1.1. Formulación del problema 2
1.2. Objetivos 2
1.2.1. Objetivo general 2
1.2.2. Objetivo especifico 2
1.3. Justificación 3
1.4. Hipótesis 4
1.5. Variables 4
1.5.1. Variable independiente 4
1.5.2. Variable dependiente 4
II. MARCO TEORICO 5
2.1 Antecedentes del estudio 5
2.3. Bases teóricas 8
2.3.1. Gases de efecto invernadero 8
2.3.2. Impactos de los gases de efecto invernadero 9
2.3.3. Cambio climático y el tratamiento de agua residual 10
2.3.4. Planta de tratamiento de aguas residuales 11
2.3.6. Emisión de metano 14
2.3.7. Emisión de dióxido de carbono 16
2.3.8. Emisión de óxido nitroso 17
2.3.9. Diseño de la Cámara Estática 19
2.3.10. Parámetros Físico – Químicos de agua residual 19
2.3.11. Planta De Tratamiento De Aguas Residuales – OMO 22
2.4. Definición de términos 25
2.4.1. Anaerobio. 25

2.4.2. Aguas Servidas. 25
2.4.3. Cámara estática. 25
2.4.4. Contaminación. 25
2.4.5. Demanda Biológica de Oxigeno 26
2.4.6. Demanda química de oxigeno 26
2.4.7. Ecosistema. 26
2.4.8. Factor de Emisión. 26
2.4.9. Facultativo 26
2.4.10. Impacto Ambiental. 26
2.4.11. Lagunas aireadas. 26
2.4.12. Lagunas de estabilización. 26
2.4.13. Materia orgánica entrante. 27
2.4.14. Medio Ambiente 27
2.4.15. Metano. 27
2.4.16. Monitoreo 27
2.4.17. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 27
2.4.18. Proceso Biológico 27
2.4.19. Tiempo de retención hidráulica. 28
2.4.21. Reactor biológico. 28
III. CAPITULO III 28
III. METODOLOGIA 28
3.1. Tipo y nivel de investigación 28
3.2. Ámbito temporal y espacial 28
3.2.1. Ámbito temporal 28
3.3. Población y muestra 31
3.3.1. Población 31
3.3.2. Muestra 31
3.4. Instrumentos 31
3.4.1. Equipos 31

3.4.2. Instrumentos utilizados en campo 31
3.4.3. Indumentaria de Protección 31
3.4.4. Reactivos 31
3.5. Procedimientos 33
3.5.1. Desarrollo 33
3.5.2. Ubicación 33
3.5.3. Muestreo de agua residual 33
3.5.4. Medición de flujos de GEI (CO_2, N_2O Y CH_4) 34
3.5.5. Muestreo de gases de efecto invernadero 34
3.5.6. Análisis de datos 35
IV. RESULTADOS 37
4.1. Resultado de la concentración de GEI (CH_4, N_2O y CO_2) en las lagunas de la PTAR "OMO" 37
4.1.1. Resultado de concentración de GEI en la laguna facultativa 39
4.1.2. Resultado de concentración de GEI en la laguna terciaria 40
4.2. Resultado del monitoreo de parámetros físico - químicos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual "OMO" 43
4.2.1. Resultado de monitoreo de temperatura de la PTAR OMO 43
4.2.2. Resultado de monitoreo de pH de la PTAR OMO 44
4.2.2. Resultado de Demanda Química de Oxígeno (DQO) de la PTAR OMO . 45
4.2.3. Resultado de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de la PTAR Omo 46
4.3. Análisis estadístico descriptivo de las concentraciones de los GEI en las lagunas de tratamiento de agua residual Omo 47
4.3.1. Prueba de normalidad para las concentraciones de GEI en las diferentes lagunas 52
4.3.2. Prueba de normalidad de la Laguna anaeróbica 53
4.3.3. Análisis de varianza (ANOVA) de concentraciones de GEI laguna anaeróbica 53
4.3.4. Prueba de normalidad Laguna Facultativa 54

4.3.5. Análisis de varianza (ANOVA) de concentraciones de GEI Laguna Facultativa 55

4.3.6. Prueba de normalidad Laguna de Tratamiento 56

4.3.7. Análisis de varianza (ANOVA) de concentraciones de GEI Laguna de Tratamiento 57

4.4. Relación de los parámetros físico-químicos y los gases de efecto invernadero 58

4.4.1. Relación de los parámetros físico - químicos y metano (CH_4) 58

4.4.3. Relación de los parámetros físico - químicos y Óxido Nitroso (N_2O) 62

4.4.4. Relación de los parámetros físico - químicos y Dióxido de Carbono (CO_2) 66

4.5. DISCUSION 70

V. CONCLUSIONES 74

VI. RECOMENDACIONES 75

VII. REFERENCIAS 76

VIII. ANEXOS 80

A. ANEXO 1 Red de Sistema de Alcantarillado 80

B. Anexo 2 Resultados Generales de GEI y parámetros físicos químicos 81

C. Anexo 3 Certificado de calibración de multiparámetro 84

D. Anexo 4 Panel fotográfico 87

E. Anexo 5 Hoja de Campo 93

F. Anexo 6 Cadena custodia de laboratorio 95

G. Anexo 7 Permiso de entrada a la Ptar Omo 99

H. Anexo 8 Método de análisis según EPA 100

I. Anexo 9 Ubicación de la PTAR Omo 103

J. Anexo 10 Resultado de Laboratorio 105

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Concentraciones anteriores y actuales de los principales gases de efecto invernadero.* 9
Tabla 2 *Datos de la PTAR OMO* 23
Tabla 3 *Determinación de Técnicas e instrumentos* 32
Tabla 4 *Concentración de GEI en la laguna anaeróbica* 37
Tabla 5 *Concentración de GEI en la laguna facultativa* 39
Tabla 6 *Concentración de GEI en la laguna terciaria o de tratamiento* 41
Tabla 7 *Resultado de monitoreo temperatura en las lagunas de la PTAR* 43
Tabla 8 *Resultado de monitoreo de pH de las lagunas de la Ptar* 45
Tabla 9 *Resultado de DQO de las lagunas de la PTAR* 46
Tabla 10 *Resultado de DBO en la PTAR Omo* 47
Tabla 11 *Estadística Descriptiva de las concentraciones de GEI* 48
Tabla 12 *Prueba de normalidad de las concentraciones de GEI en la laguna anaeróbica* 53
Tabla 13 *ANOVA de concentraciones de GEI* 54
Tabla 14 *Prueba de Normalidad de la Laguna Facultativa* 55
Tabla 15 *ANOVA de las concentraciones de GEI en la laguna facultativa* 56
Tabla 16 *Prueba de Normalidad para la laguna tratamiento de concentraciones de GEI* 56
Tabla 17 *ANOVA para concentraciones GEI* 57
Tabla 18 *Correlación de SPEARMAN de metano y parámetros físico químicos* . 61
Tabla 19 *Correlación de SPEARMAN de óxido nitroso y parámetros físico químicos* 64
Tabla 20 *Correlación de SPEARMAN de dióxido de carbono y parámetros físico químicos* 69
Tabla 20 *Resultado general de concentraciones de GEI y parámetros físico químicos de la PTAR OMO* 81
Tabla 21 *Prueba de normalidad de las concentraciones de GEI y parámetros físico- químicos en las tres lagunas* 83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Esquema de una PTAR*.....14
Figura 2 *Transformación biológica del nitrógeno* 17
Figura 3 *Sistema de alcantarillado PTAR Omo.* 24
Figura 4 *Distribución de las lagunas facultativas de la PTAR Omo* 24
Figura 5 *Fotografía satelital de la PTAR Omo* 29
Figura 6 *Ubicación de la PTAR OMO* 30
Figura 7 *Ubicación de las zonas de muestreo* 33
Figura 8 *Sistema de análisis de GEI* 35
Figura 9 *Distribución Normal* 36
Figura 10 *Concentración de GEI de la laguna anaeróbica de la PTAR Omo* 38
Figura 11 *Concentración de GEI en la laguna facultativa de la PTAR OMO*.....40
Figura 12 *Concentración de GEI en las lagunas de terciarias o de tratamiento de la PTAR OMO* 42
Figura 13 *Temperatura en las lagunas de la PTAR OMO* 44
Figura 14 *Diagrama de cajas y bigotes para la concentración de CH_4 de la PTAR Omo* 50
Figura 15 *Concentración de N_2O de la PTAR OMO*.....51
Figura 16 *Concentración de CO_2 en las lagunas de la PTAR OMO*.....51
Figura 17 *Concentración de CH_4 con relación a la temperatura*.....58
Figura 18 *Concentración de CH_4 con relación al pH* 59
Figura 19 *Concentración de CH_4 en relación a DQO* 59
Figura 20 *Concentración de CH_4 en relación a DBO*.....60
Figura 21 *Concentración de N_2O con relación a la temperatura* 62
Figura 22 *Concentración de N_2O con relación al pH* 63
Figura 23 *Concentración de N_2O con relación a DQO*.....63
Figura 24 *Concentración de N_2O con relación al DBO* 64
Figura 25 *Concentración de CO_2 con relación a la temperatura* 66
Figura 26 *Concentración de CO_2 con relación al pH*.....67
Figura 27 *Concentración de CO_2 con relación al DQO*.....68
Figura 28 *Concentración de CO_2 con relación a la DBO*.....68
Figura 29 *Sistema de alcantarillado Moquegua* ***80***
Figura 30: *Certificado de calibración de Multiparámetro* ***84***

Figura 31 *Laguna Anaeróbica*..... 87
Figura 32 *Laguna secundaria*..... 87
Figura 33 *Instrumento para la medición de GEI y GPS* **88**
Figura 34 Preparación de los materiales para el análisis..... **88**
Figura 35 *Multiparámetro para muestreo de agua*..... 89
Figura 36 *Analizador de GEI* 89
Figura 37 *Analizador de campo* 90
Figura 38 *Instalación de cámaras estáticas en las lagunas*..... *90*
Figura 39 *Ubicación de las cámaras estáticas*..... 91
Figura 40 *Ubicación de las cámaras estáticas en las lagunas*..... 91
Figura 41 *Cámara estática en laguna de estabilización* 92
Figura 42 *Analizador automático de temperatura y caudal*..... 92

INTRODUCCION

La emisión de gases de efecto invernadero (GEI) por las actividades antropogénicos han sido ampliamente reconocidas como la principal causa de calentamiento global. La emisión de GEI en los últimos años ha aumentado rápidamente y ahora amenaza no solo a los seres humanos sino también a todos los ecosistemas en la tierra, según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2019).

Las plantas de tratamiento de las aguas residuales son necesarias para el desarrollo socioeconómico y un medio ambiente sano; sin embargo, el crecimiento exponencial de la población y desarrollo económico ha provocado la excesiva descarga de aguas residuales que afectan propiamente a su capacidad de resiliencia, así como los diversos usos antropogénicos (Raymond et al., 2013; Guevara, Obando & Segura 2019).

Durante el tratamiento de aguas residuales, los procesos biológicos de descomposición y oxidación de la materia orgánica producen altas concentraciones de gases de efecto invernadero, siendo los más importantes el metano (CH_4), el óxido de nitrógeno (N_2O) y el dióxido de carbono (CO_2) que tienen un alto potencial de calentamiento global. Además, se ha demostrado que los cambios en los parámetros del proceso, como la temperatura, el flujo de agua residual, DQO, DBO, el Ph y la concentración del afluente, afectan los niveles de rendimiento del bioproceso y los factores de emisión.

Es por ello que el presente proyecto de investigación tiene como objetivo relacionar la carga de agua residual parámetros físico-químicos de la PTAR Omo con las emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) ubicadas en la provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua.

CAPITULO I

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema

En el año 2015 el Perú decide ser parte del acuerdo de París considerando que somos uno de los países más vulnerables al fenómeno de cambio climático y asumiendo el compromiso de cuantificar y reducir sus emisiones anuales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en un 40% al 2030. (MINAM,2021).

A través del Ministerio del Ambiente en el año 2016 se hizo el inventario general de las emisiones de GEI, donde el sector de desechos en la categoría de aguas residuales reporto un incremento de 49.47% (MINAM,2016). Así mismo en el informe Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI) hecho en el 2014 indica que las emisiones de GEI de plantas de agua residual es de 2.42 $MtCO_2$ eq (Millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente) donde la región Moquegua tiene 0.15 $MtCO_2eq$ de emisiones de GEI y esto obviamente crecerá en los próximos años (RAGEI,2014).

El crecimiento de la población es sin dudar el principal emisor de desechos que va creciendo a un ritmo acelerado y que para su desarrollo requiere de los recursos hídricos que son cada vez más escasas y de mala calidad, exigiendo la búsqueda una gestión apropiada para optimizar el abastecimiento de agua potable y así como el aumento correspondiente en la producción de aguas residuales (GIDAC, 2019).

La disposición en el tratamiento de las aguas residuales es uno de los principales contribuyentes a la emisión de GEI a través de los procesos de descomposición de la materia orgánica contaminante que al ser disuelta en el agua, consume oxígeno y libera dióxido de carbono (CO_2) ; además, si la carga orgánica vertida es muy alta, se puede agotar el contenido de oxígeno disuelto generando condiciones anaerobias y en consecuencia la liberación de metano (CH_4) y durante proceso de eliminación biológica de nutrientes

de las actividades de tratamiento asociadas tenemos al óxido nitroso (N_2O) que representa 265 veces más peligroso que el CO_2 (Noyola et al., 2016). Por lo mismo variaciones en los parámetros del proceso (como la temperatura, afluente caudal y concentración de afluente de materia orgánica) han sido demostrado que afecta los niveles de rendimiento de los procesos biológicos y, por lo tanto, dan lugar a la contribución de emisiones de GEI. (Meneses et al., 2015).

1.1.1. Formulación del problema

Interrogante general

¿Cuál es la relación entre parámetros fisicoquímicos del agua residual y los gases de efecto invernadero (CH4, N2O y CO2) en las lagunas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Omo, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Determinar la relación de los parámetros fisicoquímicos del agua residual y los gases de efecto invernadero (metano (CH4), óxido nitroso (N2O) y dióxido de carbono (CO2) de la planta de tratamiento de aguas residuales “OMO”, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua.

1.2.2. Objetivo especifico

- Determinar la concentración de los gases de efecto invernadero (CH4, N2O y CO2) con el método de cámaras estáticas en la PTAR “Omo”.
- Monitorear los parámetros fisicoquímicos de agua residual: pH, temperatura, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda química de oxígeno (DQO) en la PTAR “Omo”.
- Compara las concentraciones de gases de efecto invernadero (CH4, N2O y CO2) con respecto a las tres lagunas (anaeróbicas, facultativas y tratamiento) de la PTAR “Omo”

1.3. Justificación

Actualmente los problemas ambientales por los que el mundo atraviesa son realmente graves y constituyen un desafío enorme. Diferentes documentos e Informes como el del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el Informe del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), afirmaron que las emisiones de GEI y sus efectos en el clima representa una consecuencia negativa que establece riesgos e incertidumbres en las decisiones económicas y limitan las condiciones de los mercados; por lo tanto, el Perú y el departamento de Moquegua no será ajeno a esta perturbación atmosférica global por lo que se tiene que gestionar, reducir y mitigar los impactos ambientales.

A nivel mundial se estima que las Plantas de tratamiento de agua residual generan el 5% de las emisiones totales de metano en el mundo (IGM,2013); además según el Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) hechos por la SUNASS revela que los sistemas existentes para el tratamiento de aguas residuales generan emisiones de gases efecto invernadero (GEI) en relación a los procesos de remoción y biodegradación de la materia orgánica presente en el agua (SUNASS,2022).

En la presente tesis propongo evaluar los gases de efecto invernadero de alto potencial de calentamiento global CO_2, N_2O y CH_4, con el propósito de comprender su emisión en relación de los parámetros físico – químicos de agua residual mediante la metodología de cámaras estáticas realizadas in situ pudiendo tener la concentración de GEI de acuerdo a las condiciones de la PTAR Omo de la región Moquegua. Además de ello los estudios e investigaciones en nuestro país con relación a emisión de gases de efecto invernadero en plantas de tratamiento de aguas residuales son muy escasos.

No obstante, a nivel nacional solo cuatro ciudades miden la emisión de gases de efecto invernadero como la ciudad de Cusco, Huancayo, Lima y Trujillo, según estudio hecho por Periferia y la World Wild Fund en el año 2020 (RPP,2020).

1.4. Hipótesis

- H0 = Los parámetros físico-químicos de agua residual no influyen significativamente en las emisiones de gases de efecto invernadero de la planta de tratamiento de aguas residuales Omo.
- H1 = Los parámetros físico-químicos de agua residual si influyen significativamente en las emisiones de gases de efecto invernadero de la planta de tratamiento de aguas residuales Omo

1.5. Variables

1.5.1. Variable independiente

Parámetros físicos químicos de agua residual (pH, temperatura, DQO Y DBO)

1.5.2. Variable dependiente

Emisión de gases de efecto invernadero (CO_2, N_2O y CH_4)

CAPITULO II

II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes del estudio

Wei-Kang et al. (2019), estudio dos métodos para medir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de una planta de tratamiento de aguas residuales de emergencia de oxidación por contacto a gran escala en Japón que fue dañado por un terremoto y un tsunami. Los métodos para medir es la cámara abierta (OC) se usó el método para muestrear el gas emitido en el tanque de aireación, y la cámara cerrada (CC) que lo utilizó para recoger el gas emitido de las superficies de agua estática en el tanque de sedimentación. Los gases disueltos se midieron utilizando el método del espacio de cabeza y las principales fuentes de emisiones. Los resultados indicaron que las emisiones de GEI de las aguas residuales fueron 58,6 g-CO2 / m3 (equivalente por metro cúbico de aguas residuales). Las emisiones de CH4 mostraron un fuerte negativo correlación con el contenido de oxígeno disuelto (OD). Más del 98% de los GEI fueron producidos y eliminados por el tanque de aireación. Las emisiones de CO2 representaron el 73.0%, CH4 17.1% y N2O y 9,9%, respectivamente, de todas las emisiones de GEI.

Hossein et al.(2019), estimó el estado actual de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector de aguas residuales domésticas en Irán y los escenarios de emisiones hasta el horizonte de 2030, utilizo para este caso el método de cálculo presentado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) para las emisiones de gases de efecto invernadero, el metano (144.94kt / año) y el óxido nitroso (1.47kt / año) se emiten directamente en el sector de aguas residuales domésticas. Por lo tanto, las plantas de tratamiento de aguas residuales de Irán están liberando metano (8.542kt/año) y óxido nitroso (0.0273kt/año) directamente junto con dióxido de carbono (901.77kt/año) indirectamente. Las emisiones de gases de efecto invernadero se calcularon en función de la información disponible y de acuerdo con Sección 6 de las pautas para calcular los inventarios de emisiones (IPCC, 2006) y se basaron en datos de balance

energético iraní entre 2013 y 2015. Según los cálculos desarrollados, la emisión más alta se producirá en 2030, cuando las personas accedan a los sistemas de tratamiento de aguas residuales, mientras que el rendimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales no ha mejorado (6.024,46 ktCO2e/año). Además, la emisión más baja ocurrirá cuando el acceso de las personas a los sistemas de tratamiento de aguas residuales haya aumentado y el rendimiento de estas plantas de tratamiento de aguas residuales haya mejorado al mismo tiempo (2,739.31 ktCO2e/año). Según el resultado de este estudio, el mejor esquema se logrará si el enfoque principal es mejorar la operación del tratamiento de aguas residuales para 2025, y desde entonces el enfoque se desplaza hacia el aumento de la cobertura de la población y la mejora del rendimiento.

Xiao et al. (2016), en su estudio mostraron que los flujos de gases de efecto invernadero a través de la interfaz aire-agua de los mares y las aguas continentales están significativamente subestimados por el método de cámara estática flotante (SFC) actualmente utilizado. Mostraron que el flujo SFC CH4 calculado con la popular formula de regresión lineal (LR) en los cambios de concentración de gas a lo largo del tiempo solo representa el 54.75% y el 35.77% del flujo de gas real correspondiente cuando los períodos de monitoreo son de 30 y 60 min, respectivamente, basados en el modelo teórico y medidas experimentales. Durante el estudio los resultados manifestaron que los modelos de regresión no lineal pueden mejorar las estimaciones de flujo de gas, mientras que el modelo de regresión exponencial (ER) puede proporcionar las mejores estimaciones que están cerca de los valores verdaderos en comparación con LR. Sin embargo, se demostró que el modelo de regresión cuadrática es inapropiado para mediciones a largo plazo y para aquellos sistemas acuáticos con alta tasa de emisión de gases. Los flujos de gases de efecto invernadero emitidos por los sistemas acuáticos pueden ser mucho más que los informados anteriormente, y los modelos sobre escenarios futuros de cambios climáticos globales deben ajustarse en consecuencia.

Parra et al. (2010), evaluaron las principales causantes del efecto invernadero en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puchukollo

Bajo – PTARPB que consta de dos series de lagunas (II y III), cada una con seis, la laguna 1 es anaeróbica, la 2, 3, 4 y 5 son facultativas y la 6 es aeróbica. En las primeras lagunas de ambas series se produce la mayor cantidad de gases de CH4 y CO2 principales causantes del efecto invernadero. Se ha determinado las tasas (TEM) y factores de emisión (FE) de gases de efecto invernadero (GEI) usando el método de cámaras estáticas que permiten capturar los gases en periodos de tiempo definidos. La PTARPB emite 35.207,36 TM/año de CO2 equivalente, de los que 1 052,07 TM/año de CH4 son emitidas en las lagunas 1 de las series II y III, que corresponde a 24 197,61 TM/año de CO2 (GWP = 23), o sea es el 67 % del total de CO2 emitido. Por captación de GEI en las primeras lagunas de ambas series y combustión para convertirlas en CO2, H2O y calor, la venta de bonos de carbono sería un proyecto prometedor, enmarcado en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) aplicado a la PTARPB.

Shahâbad et al., (2009), estimaron los gases de efecto invernadero usando un modelo matemático elaborado donde utilizando tres tipos diferentes de procesos de tratamiento que incluyen procesos híbrido anaerobio / aerobio aeróbico, anaeróbico. Las emisiones globales del sitio eran 1,952, 1,992, y 2,435 kg CO2 e/d, mientras que las emisiones fuera de sitio fueron 1313, 4631, y 5205 kg CO2 e/d para los sistemas aerobios, anaerobios y tratamiento híbrido, respectivamente, cuando el tratamiento de un agua residual a 2000 kg DBO/d. Los procesos biológicos in situ hacen la mayor contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero en el tratamiento aeróbico, las emisiones más altas en los sistemas anaerobios y tratamiento híbrido fueron obtenidas por las emisiones de gases de efecto invernadero fuera de sitio, debido principalmente a la utilización del material en el sitio. Recuperación de biogás y reutilizar como combustible cubrir las necesidades energéticas totales de las plantas de tratamiento de aireación, de calefacción y de electricidad para los tres tipos de operaciones, y considerablemente reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por 512, 673, y 988 kg CO2 e/d de un total de 3,265, 6,625, y 7,640 kg CO2 e/d para aeróbico, anaeróbico, y sistemas de tratamiento de híbrido, respectivamente. Teniendo en cuenta las emisiones de gases de efecto

invernadero fuera de las instalaciones, el tratamiento aeróbico es menos gases de efecto invernadero que produce el tipo de tratamiento al contrario de lo que se ha reportado en la literatura.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI), se captan por el calor que desprende la tierra y lo almacenan en la atmósfera, actuando como un "invernadero gigante", este fenómeno se llama "efecto invernadero". El efecto invernadero es un fenómeno natural que se produce en la Tierra bajo la influencia de la atmósfera. El gas más significativo es el vapor de agua, que contribuye entre el 90 y el 95 % al efecto invernadero. Cómo funciona el efecto invernadero: La energía solar calienta la superficie terrestre durante el día; las superficies emiten radiación infrarroja (IR) a la atmósfera, donde es absorbida por agua, dióxido de carbono y metano. La absorción promueve la convección y la evaporación (calor latente) para restaurar la tasa de disminución de la estabilidad adiabática. Los fotones infrarrojos escapan a mayores altitudes en el espacio. La tasa de caída y la tasa de convección terminan en la tropopausa. La altura de la tropopausa está determinada por la altura a la que la pérdida neta de radiación del espacio excede la radiación absorbida por todas las capas inferiores. Aquí termina el efecto invernadero y la atmósfera sólo puede enfriarse mediante radiación. La radiación infrarroja directa en las principales bandas de CO2 se absorbe muy por debajo de 1 km sobre la superficie terrestre. El aumento de los niveles de CO2 simplemente hace que la absorción se acerque a la superficie. Duplicar las emisiones de dióxido de carbono no duplica el calentamiento global. El crecimiento es, en el mejor de los casos, logarítmico (Easterbrook, 2019).

Los principales GEI relacionados con las actividades humanas son CH_4, CO_2, N_2O, CFC, HFC, PFC y SF6. El potencial de calentamiento global (GWP), una medida de la capacidad de los gases para absorber radiación, utilizado para medir el impacto de los

GEI en el medio ambiente. La fuerza de radiación y el tiempo de vida de las moléculas están vinculados al GWP, que se expresa en equivalentes de CO2, que tiene un GWP de 1. (INGEI, 2019).

Tabla 1

Concentraciones anteriores y actuales de los principales gases de efecto invernadero.

GAS	En (1750)	Conc. troposféricas	PCG*
(CO_2)	277 ppm	382 ppm	1
(CH_4)	600 ppmm	1728 ppb	23
(N_2O)		333.2 ppb	310

Nota: ppm: partes por millón; ppmm : partes por mil millones; ppb parte por billon
*Potencial de calentamiento global directo (PCG) relativo al CO_2 en un horizonte temporal de 100 años. El PCG es un modo simple de comparar la potencia de diferentes gases de efecto invernadero. El PCG de un gas depende de su capacidad de absorción y reflexión de radiación y del tiempo de duración del efecto. Las moléculas de gas se disocian gradualmente o reaccionan con otros componentes atmosféricos para formar otras moléculas con diferentes propiedades radiactivas.

Fuente: WRI (2005); CO_2 de 2005: NOAA (2006); PCG: IPCC (2001b).

2.3.2. Impactos de los gases de efecto invernadero

La existencia del cambio climático queda demostrada por varios fenómenos actuales que indican cambios en los patrones climáticos. Los impactos más significativos son:

- Aumento de la temperatura media global entre 1850 y 2005: + 0,76 º C.
- En los últimos 12 años se han registrado las temperaturas de verano más altas desde 1850.
- Minimización de capas de nieve y glaciares de montaña.
- Incremento de la temperatura de los océanos.

- A medida que aumenta la emisión de gases de efecto invernadero, se espera que los efectos aumenten. clima relacionado:
- Aumento del nivel del mar para 2100.
- Desertificación del interior continental.
- La extinción de especies vegetales y animales aumentará.

Es importante enfatizar que los cambios en el clima patrones. no sólo afecta a la estabilidad de los ecosistemas naturales, sino que también puede tener un efecto negativo directo o indirecto sobre el entorno urbano y sus habitantes. Se trata de dos tipos de actividades humanas simultáneas que inciden en la condensación de la capa de gas, lo que impide que la radiación ingrese a la estratosfera y provoca el calentamiento global. Por un lado, el continuo crecimiento de los gases de efecto invernadero; y por otro lado, la tala de bosques húmedos y secos, que a medida que crecen forman sumideros naturales y reservas de carbono. Las actividades humanas emiten gases y al mismo tiempo destruyen los sumideros naturales de carbono (DIDP, 2018).

2.3.3. Cambio climático y el tratamiento de agua residual

Los sistemas biológicos para el tratamiento de aguas residuales proporcionan significativos beneficios ambientales, pero también son una notable fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), contribuyendo así al cambio climático (Nguyen et al., 2019). Se calcula que estas plantas son responsables de aproximadamente el 5% de las emisiones globales de GEI. Las emisiones directas se originan durante la revisión de la materia orgánica por parte de microorganismos en los procesos de tratamiento, mientras que las emisiones indirectas, que representan el 60% del total, se deben a la producción y consumo de energía, así como al transporte. de combustibles y productos químicos utilizados en las plantas. El cambio climático es consecuencia del incremento en las concentraciones atmosféricas de GEI, ya sea por causas naturales o actividades humanas. El impacto de estos gases en el

calentamiento global se mide a través de su potencial de calentamiento global, el cual compara su efecto con el del CO2 en un horizonte de 100 años. En este sentido, los potenciales de calentamiento global del CO2, CH4 y N2O son 1, 34 y 298, respectivamente (Noyola, et al., 2018). Las plantas de tratamiento de aguas residuales están clasificadas entre las principales fuentes de emisiones de GEI, tanto de manera directa como indirecta (Min, Lee y Park, 2018; Somlai, 2019).

2.3.4. Planta de tratamiento de aguas residuales

Es la infraestructura que se encarga de la depuración de aguas residuales domésticas y municipales. Utilizando una combinación de métodos físico-químicos y biológicos, el sistema trata las aguas para eliminar contaminantes, incluyendo bacterias nocivas y materia orgánica. Así, contribuye a la conservación de los ecosistemas al mínimo. (OEFA,2014).

2.3.5. Etapas de Tratamiento

2.3.5.1. Tratamiento preliminar

Es el procedimiento mediante el cual se separan los sólidos grandes y las partículas de arena presentes. (SUNASS, 2021).

Tipos de tratamiento preliminar

- Cribas de limpieza manual, que, según el Reglamento Nacional de Edificaciones, mediante su norma OS.090 nos recomienda las diferentes medidas de aberturas según el caudal de llegada de las aguas residuales
- Desarenador, este dispositivo se encarga de eliminar las partículas de arena de las aguas residuales para evitar que estas lleguen a la planta de tratamiento, donde podrían causar bloqueos y problemas significativos.

2.3.5.2. Tratamiento primario

Es el proceso de tratamiento mediante el cual se eliminan los sólidos orgánicos e inorgánicos en suspensión usando métodos fisicoquímicos, como la sedimentación, con el fin de reducir la carga orgánica antes del tratamiento biológico. El efluente resultante de este tratamiento primario contiene una cantidad considerable de materia orgánica y una alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO). (MVCS,2022)

Tipos de tratamiento primario más usados:

- El tanque Imhoff es un sistema de sedimentación y digestión de sólidos orgánicos, diseñado para el tratamiento de aguas residuales en comunidades de hasta 5,000 habitantes, (Villarroel Cárdenas, 2012).
- Los tanques de sedimentación se encargan de remover los sólidos presentes en las aguas residuales
- Los tanques de flotación se utilizan en el tratamiento de aguas residuales para remover partículas en suspensión con baja densidad, mediante la incorporación de aire que permite su flotación. Este método requiere un mayor grado de mecanización en comparación con los tanques de sedimentación tradicionales. (Cortez et al, 2017).

2.3.5.3. Tratamiento Secundario

Es el proceso en el que la materia orgánica biodegradable se descompone mediante acción biológica. Este proceso está principalmente destinado a eliminar los sólidos en suspensión y los compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales (Cortez et al, 2017).

- Las lagunas de estabilización: son instalaciones básicas que almacenan aguas residuales con el objetivo de mejorar sus propiedades sanitarias. Esto se consigue mediante procesos biológicos naturales, en los cuales la biomasa, incluyendo bacterias, algas y protozoos, actúa

sobre la materia orgánica presente en las aguas (MVCS, 2006).

Existen 3 tipos de lagunas:

- Las lagunas anaeróbicas tienen profundidades que oscilan entre 4 y 6 metros y fomentan el desarrollo de bacterias anaeróbicas, que no requieren oxígeno para su supervivencia.
- Las lagunas facultativas, por su parte, cuentan con una profundidad que varía generalmente de 1,5 a 2,5 metros. En estas lagunas, el oxígeno necesario para las bacterias aeróbicas es proporcionado por las algas que crecen en el sistema.
- Las lagunas de maduración tienen como principal objetivo la eliminación de gérmenes patógenos. Para lograr esto, es necesario que la luz ultravioleta penetre todas las capas de agua. Por esta razón, es crucial mantener una profundidad reducida, que suele ser de 1 a 1,5 metros en estas lagunas. (Wagner, 2010).

2.3.5.4. Tratamiento terciario

Tratamiento terciario (desinfección): En esta fase, el objetivo principal es reducir o eliminar por completo las bacterias que aún pueden estar presentes en el agua después del tratamiento secundario. Para alcanzar esta meta, se emplean varios métodos de desinfección (Cortez et al, 2017).:

- Cloración
- Osmosis inversa
- Luz UV

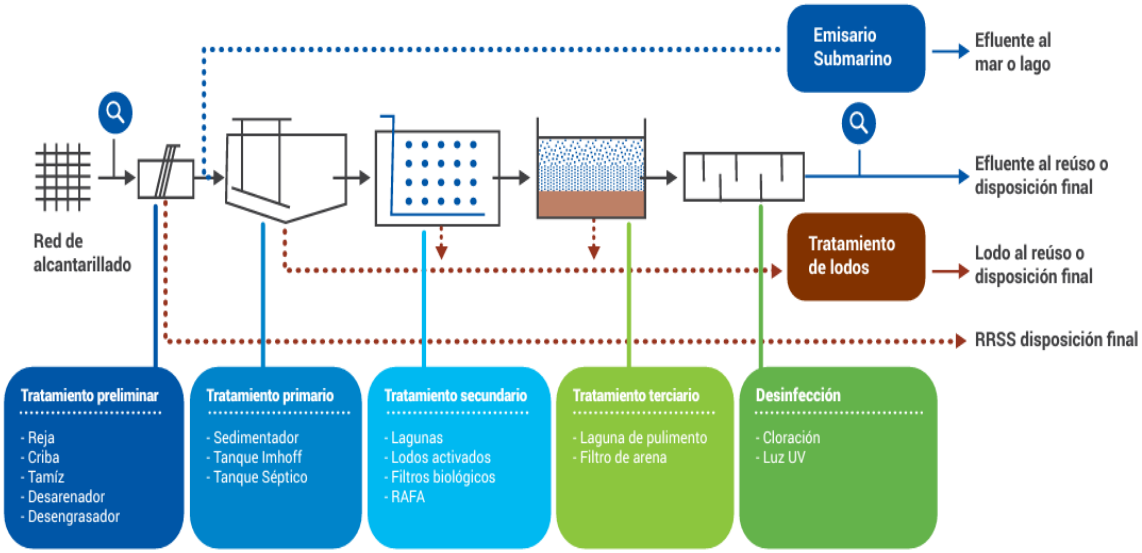
2.3.5.5. Tratamiento de lodos

En esta etapa final del tratamiento, no se busca mejorar la calidad del agua tratada, sino que se enfoca en el

manejo de los lodos generados durante las fases de tratamiento primario y secundario. El objetivo principal es deshidratar estos lodos para que, posteriormente, puedan ser dispuestos en un relleno sanitario o utilizados como abono para plantas de gran tamaño. (OEFA,2014).

Figura 1

Esquema de una PTAR



***Fuente**:* SUNASS,2022

2.3.6. Emisión de metano

Durante el tratamiento de aguas residuales municipales, el metano se genera a través de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica. La cantidad de metano producida depende del diseño del sistema y de los mecanismos de aireación empleados, ya sean naturales o forzados. Por ejemplo, en las lagunas anaeróbicas abiertas que no capturan biogás, la cantidad de metano generado puede ser significativa.

La profundidad de la capa de tratamiento en estas lagunas está influenciada por factores como la temperatura, la radiación solar, la velocidad del viento y la turbidez del agua. En sistemas predominantemente aeróbicos, como las lagunas aeróbicas poco profundas sin aireación forzada, pueden surgir zonas en los

sedimentos del fondo que carecen de oxígeno disuelto, lo que puede afectar la eficiencia del tratamiento,(BID, 2010).

El proceso de degradación anaeróbica que produce metano se lleva a cabo en tres etapas principales:

- Hidrólisis: En esta fase inicial, la materia orgánica compleja se descompone en compuestos solubles más simples, los cuales pueden ser degradados aún más. Estos compuestos solubles, como los azúcares y proteínas, son transformados en moléculas más simples que son luego utilizadas por las bacterias en la siguiente etapa.
- Fermentación (o Acidogénesis): Durante esta etapa, los productos de la hidrólisis, como ácidos grasos, aminoácidos y azúcares, son convertidos en ácidos orgánicos, principalmente acetato, además de hidrógeno y dióxido de carbono. Este proceso, también conocido como acidogénesis, genera los compuestos necesarios para la siguiente fase.
- Metanogénesis: En esta fase final, los metanógenos, que son microorganismos anaeróbicos especializados, transforman los productos de la fermentación en metano. Hay dos grupos principales de metanógenos: los acetoclásticos, que convierten el acetato en metano y dióxido de carbono, y los que utilizan hidrógeno, que generan metano a partir de hidrógeno y dióxido de carbono. La actividad de estos microorganismos metanogénicos se ve inhibida en presencia de oxígeno disuelto (Culi & Guerrero, 2021).

  Los microorganismos metanógenos se dividen en dos grupos principales: Acetoclásticos: Estos microorganismos degradan el acetato, produciendo metano y dióxido de carbono como productos finales. Utilizadores de hidrógeno: Estos organismos generan metano a partir de hidrógeno y dióxido de carbono. La presencia de oxígeno disuelto inhibe el crecimiento y la actividad de los metanógenos. La cantidad de metano (CH_4) que se produce durante el proceso

anaeróbico depende principalmente de la cantidad de materia orgánica degradable en las aguas residuales, la temperatura del entorno y el tipo de sistema de tratamiento empleado.

Las siguientes ecuaciones ilustran, de forma resumida, el proceso metanogénico:

- Metano a partir de moléculas orgánicas:

$$CH_3COOH\ (acetato)\ CH_4 + CO_2$$

- Metano por reducción de CO2

$$CO_2 + 4H_2\ CH_4 + 2\ H_2O$$

2.3.7. Emisión de dióxido de carbono

El dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero y representa cerca del 75% de las emisiones globales de gases que contribuyen al calentamiento global. Este gas tiene la capacidad de permanecer en la atmósfera durante miles de años, lo que intensifica su impacto a largo plazo en el clima. En 2018, el Observatorio Atmosférico de Mauna Loa en Hawái reportó una concentración de dióxido de carbono de 411 partes por millón, alcanzando el nivel mensual más alto registrado hasta la fecha. (Cortes et al, 2017).

Los organismos que llevan a cabo la metanogénesis se conocen como metanógenos. Este proceso constituye la etapa final en la descomposición de la materia orgánica bajo condiciones anaeróbicas. Durante la descomposición, los aceptores de electrones como oxígeno, hierro, sulfato, nitrato y manganeso se reducen, mientras que se acumulan hidrógeno (H_2) y dióxido de carbono. La fermentación también da lugar a la acumulación de compuestos orgánicos ligeros. En las fases avanzadas de la descomposición, todos los aceptores de electrones se reducen, excepto el dióxido de carbono. Este gas, al ser un producto de la mayoría de los procesos catabólicos, no se reduce como los otros aceptores potenciales de electrones (Mejia, 1996).

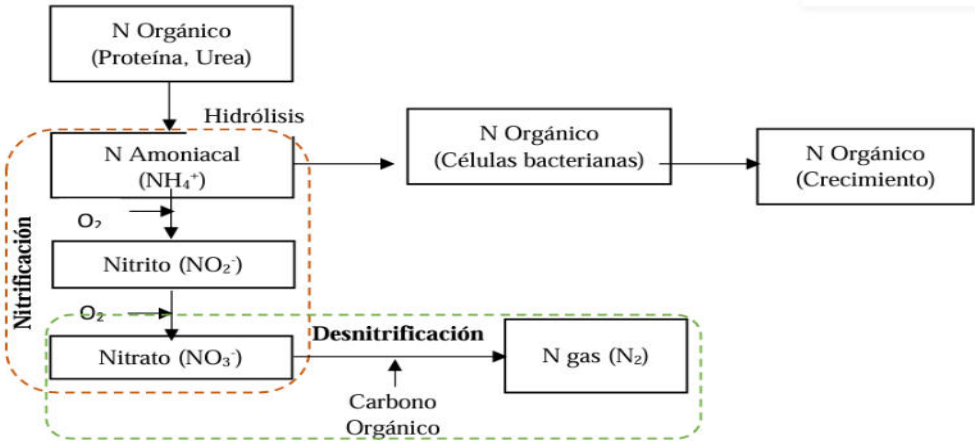
En ausencia de aceptores de electrones distintos del dióxido de carbono, solo se pueden llevar a cabo la metanogénesis y la fermentación. La fermentación descompone grandes compuestos orgánicos en compuestos más simples, generando principalmente hidrógeno, compuestos orgánicos ligeros y dióxido de carbono. Sin el proceso de metanogénesis, este carbono, en forma de productos de fermentación, se acumularía en un entorno anaeróbico, ya que no se convertiría completamente en metano. Esto resultaría en una acumulación significativa de carbono no degradado en el ambiente (De La Mora Orozco et al., 2020).

2.3.8. Emisión de óxido nitroso

El óxido nitroso (N_2O) puede generarse como un subproducto durante los procesos de nitrificación y desnitrificación en plantas de tratamiento de aguas residuales o en cuerpos de agua receptores de efluentes crudos o parcialmente tratados. La producción de N_2O ocurre principalmente durante las actividades metabólicas de bacterias autótrofas que convierten el amoníaco en nitritos y nitratos, como Nitrosomonas, y bacterias heterótrofas que reducen nitratos a gas nitrógeno, como Pseudomonas. Estas bacterias desempeñan roles clave en el ciclo del nitrógeno, y sus procesos pueden resultar en la emisión de N_2O, un potente gas de efecto invernadero (Culi & Guerrero, 2021).

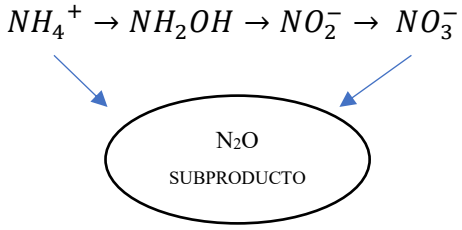
Figura 2

Transformación biológica del nitrógeno

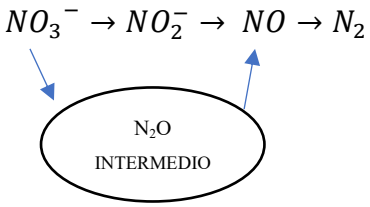


Fuente: *Reedy et al., 1998*

Nitrificación:



Desnitrificación:



En general, una planta de tratamiento biológico de aguas residuales puede llevar a cabo la nitrificación bajo las siguientes condiciones:

- Presencia de oxígeno disuelto: Es esencial para el metabolismo de las bacterias nitrificadoras.
- Temperatura media superior a 15 ºC: Las bacterias nitrificadoras tienen una actividad óptima a temperaturas más altas.
- Tiempo de residencia hidráulico mayor a 5 horas: Permite el contacto suficiente entre el agua y las bacterias nitrificadoras.
- Tiempo de retención de sólidos mayor a 5 días: Asegura que los sólidos, incluyendo las bacterias nitrificadoras, permanezcan en el sistema el tiempo necesario para su acción.
- Presencia de amoníaco (NH_3): El amoníaco es el sustrato necesario para la nitrificación.
- Ausencia de tóxicos: Los niveles de contaminantes tóxicos deben ser bajos para no inhibir la actividad de las bacterias nitrificadoras.

- pH entre 6,5 y 8,5: Un pH dentro de este rango es óptimo para la actividad de las bacterias nitrificadoras.

Los procesos de desnitrificación están diseñados para eliminar el nitrógeno del efluente, lo cual es crucial para evitar la eutrofización de los cuerpos de agua receptores o para controlar los niveles de nitratos en la napa freática si el efluente tratado se utiliza para recargar acuíferos (Culi & Guerrero, 2021).

2.3.9. Diseño de la Cámara Estática

La cámara estática cerrada ha sido la metodología predominante para medir los flujos de gases de efecto invernadero (GEI) durante los últimos 30 años, representando aproximadamente el 95% de los estudios publicados en este ámbito. Esta técnica se basa en colocar una cámara hermética sobre una superficie de suelo, permitiendo que se produzca un intercambio de gases entre la superficie cubierta y el aire dentro de la cámara. La tasa de cambio en la concentración de gas dentro de la cámara a lo largo del tiempo se mide para calcular la tasa de flujo de gas, la cual puede ser extrapolada a un área mayor fuera de la cámara. Para obtener las mediciones, se realizan múltiples extracciones de aire (por ejemplo, cada 5 o 10 minutos) de la parte superior de la cámara, donde se acumula el gas. Estas muestras se obtienen usando una jeringa en sistemas simples, o mediante bombas de vacío o sistemas automatizados en configuraciones más avanzadas. Se espera que la concentración de gas aumente dentro de la cámara, siguiendo la primera ley de Fick, que indica que el flujo de gas depende del gradiente de concentración y la difusividad del suelo (Pihlatie et al., 2013).

2.3.10. Parámetros Físico – Químicos de agua residual

2.3.10.1. Temperatura

En los procesos biológicos, la temperatura juega un papel crucial al influir en la velocidad de las reacciones

metabólicas, lo que afecta directamente el tiempo de residencia hidráulica necesario para una adecuada degradación de los contaminantes. La temperatura del agua es especialmente importante porque impacta la actividad de los microorganismos y, por ende, la eficiencia del proceso de tratamiento.

La temperatura óptima para la actividad de las bacterias en sistemas de tratamiento biológico se encuentra en el rango de 25 a 35°C. Dentro de este rango, las bacterias realizan su actividad de manera más eficiente, lo que mejora la velocidad de degradación de la materia orgánica. Para asegurar que las condiciones sean adecuadas, es esencial realizar mediciones regulares de la temperatura tanto en el afluente como en el efluente de la laguna. Se recomienda realizar al menos una medición diaria utilizando un termómetro calibrado para garantizar la precisión y fiabilidad de los datos y, en consecuencia, el buen funcionamiento del proceso de tratamiento (Orozco et al , 2020).

En las lagunas de estabilización la temperatura es el criterio de diseño mas significativo ya que la temperatura puede ser utilizada para predecir la eficiencia de tratamiento y el modo de operación y el TRH necesario cuando la temperatura del agua entrante se enfría, un sistema de laguna facultativa puede necesitar cambiar de operación de serie a paralelo para reducir la carga orgánica de cada laguna (EPA,2011).

2.3.10.2. Potencial de hidrogeno

El rango de potencial de hidrogeno (pH) de las aguas residuales municipales es de 6..8 a 7.5 (EPA,2011), dependiendo de la alcalinidad y dureza del agua. El pH es un buen indicador de la salud del sistema lagunar. Las lagunas que contienen una coloración verde oscura generalmente

presentan un alto número de algas verdes y un correspondiente alto potencial de hidrogeno. Las lagunas que presentan un color negro a gris y tienen una disminución de pH (<6.8) pueden estar sépticas o avanzar hacia un estado séptico (EPS MOQUEGUA,2022).

2.3.10.3. Demanda química Oxigeno

La medición del oxígeno necesario para oxidar toda la materia orgánica e inorgánica en aguas residuales, tanto industriales como municipales, se conoce como Demanda Química de Oxígeno (DQO). En comparación con la Demanda Biológica de Oxígeno a 5 días (DBO_5), que mide solo el oxígeno necesario para la degradación biológica de la materia orgánica, la DQO ofrece valores más altos ya que incluye la oxidación de una gama más amplia de compuestos, incluyendo los inorgánicos (Metcalf y Eddy, 1991).

En las lagunas facultativas, las concentraciones de oxígeno disuelto suelen ser superiores a 6 mg/L, especialmente durante la fase de radiación solar y en la capa aeróbica. Durante el día, los niveles de oxígeno disuelto pueden superar los 6 mg/L debido a la fotosíntesis de las algas, mientras que durante la noche, el contenido de oxígeno disuelto en la profundidad puede mantenerse elevado (EPS MOQUEGUA, 2022).

2.3.10.4. Demanda biológica de oxigeno

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) indica la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para descomponer la materia orgánica en el agua. La DBO_5, en particular, mide esta demanda durante un periodo de 5 días a 20°C. Un valor elevado de DBO_5 sugiere una alta concentración de materia orgánica, lo que puede provocar problemas como la eutrofización si no se trata adecuadamente. Por lo tanto, la medición de la DBO_5 es clave

para evaluar la eficacia del tratamiento de aguas residuales y para proteger la calidad de los cuerpos de agua a los que se descargan.

Este parámetro es crucial para evaluar la carga orgánica de las aguas residuales y determinar si estas representan una amenaza para los cuerpos de agua receptores. Valores elevados de DBO_5 sugieren una alta carga de materia orgánica, lo que puede llevar a problemas como la eutrofización. La eutrofización ocurre cuando un exceso de nutrientes, impulsado por altas cargas orgánicas, provoca un crecimiento desmedido de algas. Estas algas, al descomponerse, agotan el oxígeno en el agua, lo que puede causar la muerte de organismos acuáticos, como los peces, debido a la falta de oxígeno disuelto. Por tanto, la DBO_5 es una herramienta fundamental para garantizar que las aguas residuales no sobrecarguen y degraden la calidad de los cuerpos de agua a los que se descargan. (De La Mora Orozco et al., 2020).

2.3.11. Planta De Tratamiento De Aguas Residuales – OMO

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el sector Omo de Moquegua, trata las aguas servidas que se generan en el Centro Histórico, los centros poblados San Antonio, San Francisco, Chen Chen y el distrito de Samegua.

Consta de seis (6) lagunas de oxidación: 02 lagunas primarias anaeróbicas, 02 lagunas secundarias facultativas, 02 lagunas terciarias de maduración, Edificaciones y equipamiento para la operación-mantenimiento y sub estación de energía eléctrica emplazadas en un área de 21,2 hectáreas. La planta recibe un caudal de 141,60 l/s aproximadamente y la descarga del efluente se vierte al rio Moquegua (Innovando En Agua: Buena Práctica En Moquegua – Cooperación Suiza En Perú, 2022).

Tabla 2

Datos de la PTAR OMO

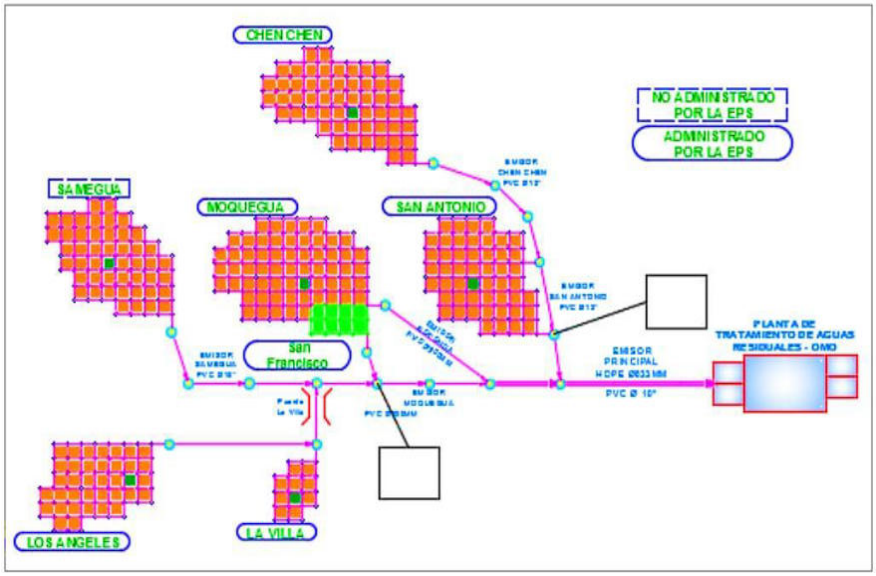
Tratamiento	Cantidad	Dimensiones	
Pre- Tratamiento	1	Inclinación de cribas: 45° a 60°, tiene canal de distribución y desarenador	Caudal promedio 141,25 lt/s
Laguna Anaeróbico	2	Longitud:109,5 m Ancho:109,5 m Altura:4,5 m Volumen:30135,4 m^3	Periodo de retención: 3,65 días
Función		Permite la sedimentación de sólidos y remoción de materia orgánica en ausencia del oxígeno por las consideraciones de diseño, esta laguna son los estanques de menor dimensión mayor profundidad y menor tiento de retención	
Laguna Facultativa Secundaria	2	Longitud:317 m Ancho: 162 m Altura: 3 m Volumen: 121290 m^3	Periodo de retención: 17,3 días
Función		Se utiliza como un primer tratamiento, se reduce la carga orgánica, minimiza la estratificación termal y reducción de nematodos.	
Laguna Facultativa Terciaria	2	Longitud: 259 m Ancho: 91 m	Periodo de retención: 7,8 días

	Altura: 3 m Volumen: 52920 m^3
Función	Reduce la concentración de patógenos, coliformes fecales hasta cumplir la norma de descarga del agua residual tratada a cuerpos receptores

Fuente: *Propia del autor*

Figura 3

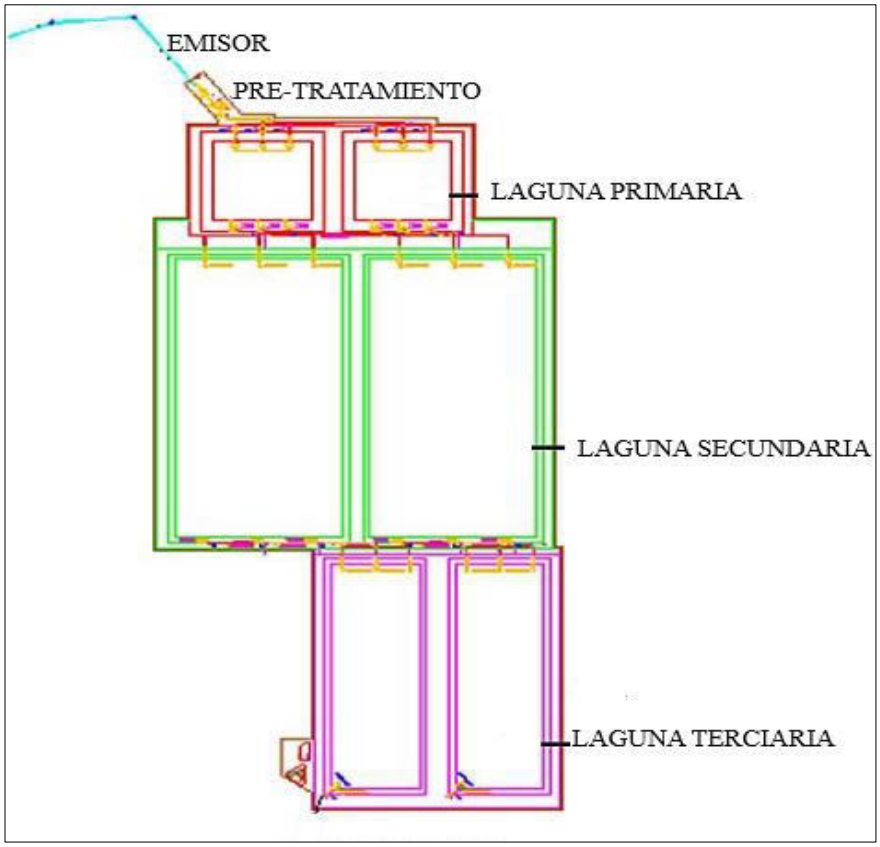
Sistema de alcantarillado PTAR Omo.



Fuente: *Empresa Prestadora de Servicio EPS MOQUEGUA.*

Figura 4

Distribución de las lagunas facultativas de la PTAR Omo



Fuente: *Empresa Prestadora de Servicio EPS MOQUEGUA.*

2.4. Definición de términos

2.4.1. Anaerobio.

"Se refiere a los organismos que no requieren oxígeno para vivir, y a los procesos que tienen lugar sin la presencia de oxígeno" (EPA, 1994, p.17)

2.4.2. Aguas Servidas.

Aguas residuales de origen doméstico.

2.4.3. Cámara estática.

Metodología que se utiliza para la cuantificación de gases emitidos desde una superficie, en el tiempo en un volumen de aire definido (Allaire et al., 2002).

2.4.4. Contaminación.

Es una alteración negativa en las propiedades físicas, químicas y biológicas del aire, el suelo y el agua, que puede tener efectos perjudiciales sobre la vida humana y las especies beneficiosas. (Odum, 1986).

2.4.5. Demanda Biológica de Oxigeno

"Se define como el oxígeno disuelto necesario para que los organismos vivos que se encuentran en el agua descompongan la materia orgánica" (EPA, 1994, p.17).

2.4.6. Demanda química de oxigeno

"Se refiere a la medición de oxígeno necesario para oxidar toda la materia orgánica e inorgánica, tanto de aguas residuales industriales como de municipales" (EPA, 1994, p.17).

2.4.7. Ecosistema.

Es un sistema compuesto por organismos y su entorno físico, que interactúan entre sí para generar flujos de materia y energía dentro de un espacio y tiempo específicos. (Tansley, 1935).

2.4.8. Factor de Emisión.

Es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad (U.S. EPA, 1995).

2.4.9. Facultativo

Se refiere a la oxidación de la materia orgánica. Esta se realiza en condiciones aerobias y anaerobias (Conagua/IMTA,2007).

2.4.10. Impacto Ambiental.

Alteración positiva o negativa de uno o más de los componentes del ambiente provocada por la acción del proyecto (MINAM, 2009)

2.4.11. Lagunas aireadas.

Se utilizas esta tecnología generalmente, cuando la disponibilidad de terreno es escasa y se tiene una alta concentración de materia orgánica. No se recomienda utilizar lagunas aireadas en serie (Culi & Guerrero, 2021).

2.4.12. Lagunas de estabilización.

Son sistemas destinados al tratamiento secundario de aguas residuales. En estos reactores, los microorganismos como algas, bacterias y protozoos trabajan en conjunto para descomponer la

materia orgánica presente en el agua residual doméstica. (Culi & Guerrero, 2021).

2.4.13. Materia orgánica entrante.

Es la concentración orgánica que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales, para su medición se aplica el procedimiento de análisis de DBO.

2.4.14. Medio Ambiente

Conjunto de elementos físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, a corto o largo plazo, sobre los seres vivientes y las actividades humanas (CNUMH, 1975)

2.4.15. Metano.

Gas incoloro, es inflamable e inodoro, menos pesado que el aire; se produce por la descomposición de la materia orgánica. Microorganismo. Seres vivos microscópicos, abarcado por hongos, bacterias, algas, etc., algunos generan oxígeno y otros generan azufre.

2.4.16. Monitoreo

Obtención espacial y temporal de información específica sobre el estado de las variables ambientales, funcional a los procesos de seguimiento y fiscalización ambiental (MINAM, 2011).

2.4.17. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales domesticas o municipales (MINAM, 2011).

2.4.18. Proceso Biológico

Los procesos mediante los cuales las actividades biológicas de las bacterias y de otros microorganismos descomponen complejos materiales orgánicos en sustancias simples más estables (EPA, 1994, p.23).

2.4.19. Tiempo de retención hidráulica.

Es frecuente fijarlo en forma arbitraria entre 2-3 h, sin ningún fundamento. La retención está en función de la actividad biológica de los fangos. Cuando se trata de un lodo biológicamente activo y con una menor o moderada cantidad de oxígeno disuelto entrando en el clarificador es mejor tener el tiempo de residencia más corto (EPA, 1994).

2.4.20. Tratamiento de aguas residuales.

Cualquier tratamiento de aguas residuales que incluye el retiro de nutrientes tales como fósforo y nitrógeno y un alto porcentaje de sólidos suspendidos, evitando la eutrofización.

2.4.21. Reactor biológico.

Es un recipiente en el cual actúan reacciones biológicas con crecimiento y reproducción de microorganismos aeróbicos que luego mueren y sedimentan (Aguilar-Benítez & Blanco, 2018).

CAPITULO III

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación se clasifica en tipo correlacional comparativa.

El nivel de la presente investigación es de tipo descriptivo, por cuanto se evaluará los resultados del efecto de la variable independiente (parámetros físico-químicos de agua residual de la PTAR Omo) y la variable dependiente (gases de GEI)

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Ámbito temporal

La investigación se realizó en el departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, zona Omo teniendo la siguiente ubicación según se muestra en la Figura 5.

El desarrollo de este trabajo de investigación se llevó a cabo en los meses de agosto del 2022 hasta diciembre del 2022. El análisis de datos se realizó después de los monitores de manera mensual. La selección de la zona se realizó en base a las lagunas de estabilización de la PTAR Omo

Figura 5

Fotografía satelital de la PTAR Omo



Fuente: *Empresa Prestadora de Servicio EPS MOQUEGUA.*

Figura 6

Ubicación de la PTAR OMO



Fuente: *Google Earth 2022*

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

En cuanto a la población de estudio se encuentra las plantas de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua.

3.3.2. Muestra

El tipo de muestreo corresponde al no probabilístico por conveniencia según criterio del investigador, Otzen & Manterola (2017). Para tal caso se ha considerado las 6 lagunas de estabilización de la PTAR "Omo"

3.4. Instrumentos

3.4.1. Equipos

- Analizador de gases de efecto invernadero LGR
- Multiparámetro
- Cámaras estáticas
- GPS

3.4.2. Instrumentos utilizados en campo

- Fichas de registro de campo.
- Bolsas Tedlar
- Cadena de custodia.
- Papel secante.
- Cinta adhesiva.
- Plumón indeleble.
- Frascos de plástico 100 ml y 1000 ml
- Cajas térmicas (pequeña y grande).
- Refrigerante.
- Bolsas de poliburbujas.
- Agua destilada y/o desionizada.
- Vaso graduado de 1 L.
- Cuerda de nylon de 0,5

3.4.3. Indumentaria de Protección

- Botines de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Guantes de jebe antideslizantes con cubierta de antebrazo.
- Guantes de látex descartables.
- Casco.
- Mascarilla descartable.

3.4.4. Reactivos

- Agua destilada
- Ácido sulfúrico

Tabla 3

Determinación de Técnicas e instrumentos

Variable		Etapas	Fuentes	Técnicas	Instrumento
Parámetros físicos - químicos de agua residual	pH y temperatura (campo)	Ubicación de la Zona de muestra.	Lagunas primarias, secundarias y terciarias (PTAR OMO)	Sistema de Posicionamiento Satelital	GPS
		Calibración de Equipo portátil.		Certificado de calibración (INDECOPI)	pH-metro con función de registro de temperatura
		Toma de Muestra, Medición y registro de datos.		Muestra de agua según D.S. N° 003- 2010-MINAM	Cámara fotográfica
	DQO y DBO (laboratorio)	Toma de muestras de agua residual		Técnica sistematizada	Frascos de vidrio de boca ancha con cierre hermético y limpio
		Preservación de muestras		Agregar H2SO4 hasta pH<2; refrigerar a 4°C	Plumón indeleble refrigerante (ice pack)
				Etiquetados y rotulados, con letra clara y legible	Formato de rotulado
				Llenado del formato de Cadena de Custodia	Cadena custodia
		Conservación y Transporte de las Muestras		Envío de muestras perecibles al laboratorio, debe cumplir con el tiempo establecido	Caja de almacenamiento térmica
GEI	CH_4	Ubicación de la Zona de muestra. Equipo portátil calibrado. Toma de Muestra, Medición y registro de datos.	PTAR Omo	Técnica sistematizada	Cámaras estáticas
	CO_2				Medidor automático de CO_2, N_2O y CH_4
	N_2O				Formato de registro de Datos

Fuente: *Propia del autor*

3.5. Procedimientos

3.5.1. Desarrollo

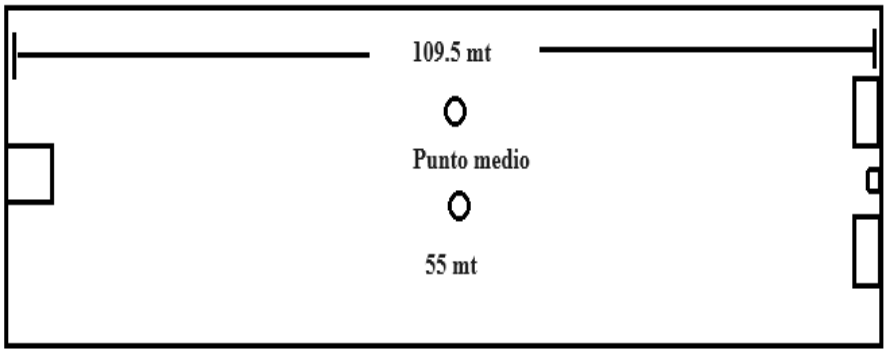
Para el desarrollo del presente estudio se basó en el trabajo realizado por (Roberto et al., 2010) y el método de prueba de emisiones atmosféricas utilizados por EPA-USA METODO 3 (B Y C) y PROTOCOLO PARA LA MEDICIÓN DE FLUJOS DE GEI para las cámaras estáticas por la USAID. Para lo cual se consideró los siguientes aspectos:

3.5.2. Ubicación

El muestreo tanto de aguas residuales como de gases emitidos por las lagunas de la PTAR – Omo, se optó un punto medio ya que el método utilizado de cámaras estáticas para la medición de flujos de GEI in situ necesita estabilidad.

Figura 7

Ubicación de las zonas de muestreo



Fuente: *Propia del autor*

3.5.3. Muestreo de agua residual

Una vez identificados los puntos de ubicación las muestras de agua fueron recolectadas de acuerdo al "Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales"; todas las muestras fueron realizadas durante la mañana aproximadamente a las 11:00 am.

Los parámetros de pH y temperatura se realizaron in situ con un multiparámetro para la cual se verifico el registro de calibración, las muestras fueron captas en frascos de plásticos de 1000 ml en un

tiempo inferior a los 15 minutos se registró su análisis como lo indica el protocolo.

Para los parámetros como el DQO y DBO fueron recolectadas en frascos de plástico de 1000 ml para DBO y 100 ml para DQO a este se le agrego 4 gotas de H_2SO_4, seguidamente son rotuladas y preservadas en un cooler a 4°C para ser enviadas a laboratorios acreditados para su análisis en este caso se envió a ALAB Analitycal Laboratory y Servicios Analíticos Generales.

El método de ensayo de laboratorio para DQO fue Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method; mientras que para DBO fue Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

3.5.4. Medición de flujos de GEI (CO_2, N_2O Y CH_4)

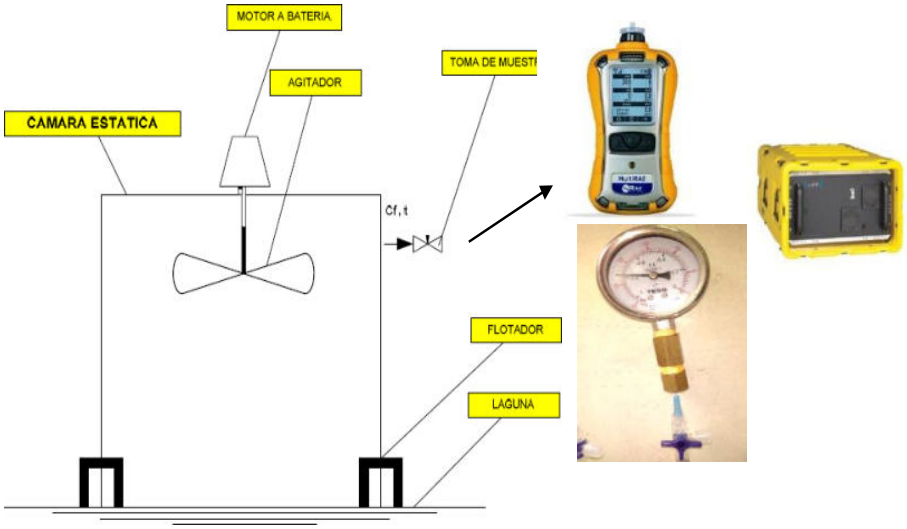
Al emitirse los GEI a la atmósfera por las lagunas de estabilización, estos son diluidos por las corrientes de aire atmosférico convirtiéndose en inmisiones, por esto es necesario contar con dispositivos capaces de atrapar los GEI emitidos. Para este estudio se utilizó el método de cámaras estáticas con conexión a sensores automáticos de medición de concentración de gases del CO_2, N_2O y CH_4; que funciona sin entrada ni salida de aire, de tal manera que permitió la acumulación de GEI con el tiempo y con esto las concentraciones de los GEI.

3.5.5. Muestreo de gases de efecto invernadero

Se instalaron 6 cámaras estáticas cerradas de las cuales 2 en la laguna anaerobia, 2 en la laguna secundaria y 2 en las lagunas terciarias que cuentan con una dimensión de 32 cm de alto y 26 cm de diámetro de material de PVC no transparente estas fueron ubicadas en el centro de las lagunas de estabilización la cual cuentan con una válvula catéter de toma de muestra para ser conectados al analizador automático de gases LGR-ICOS™ M-GGA-919. Se hicieron pruebas pre- inicio de hermeticidad a las cámaras estática para evitar fugas y verificar el confinamiento de aire mediante

presión con un manómetro digital, verificando posibles fugas. Así mismo para la utilización del analizador de gas se realiza un previo ensayo ya que conexión será inmediata para su detección. Las muestras de gases tomadas en las lagunas han sido in situ realizadas por un periodo de 1, 3, 7 y 9 días de confinamiento.

Figura 8
Sistema de análisis de GEI



Fuente: *Propia del autor*

3.5.6. Análisis de datos

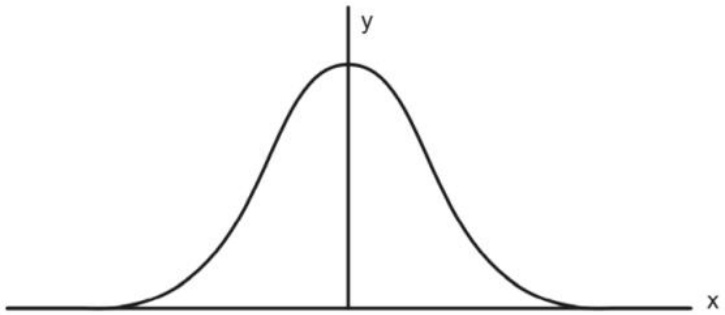
3.5.6.1. Análisis de datos estadísticos

Prueba de Normalidad

La distribución normal es aquella en la cual los datos forman una campana perfecta o de Gauss

Figura 9

Distribución Normal



Fuente: *Galindo-Dominguez, 2020*

La prueba de Shapiro-Wilk es aplicable para muestras menores (<50 casos), el cual determinó el tipo de prueba estadística correspondiente al presente estudio.

Consiste en establecer la hipótesis a evaluar y determinar el valor de significancia.

CONTRASTE DE HIPOTESIS

H_0: la muestra proviene de una población normal

H_1: la muestra NO proviene de una población normal

SIGNIFICANCIA 5% = 0.05

Se compara los p – valores obtenidos con el valor de significancia (0.05):

- p – valor > 0.05: se acepta la Hipótesis Nula (H_0) se aplican las pruebas paramétricas.
- p – valor < 0.05: se rechaza la Hipótesis Nula (H_0) se aplican las pruebas no paramétricas

CAPITULO IV

IV. RESULTADOS

Realizado la instalación de las cámaras estáticas en las lagunas anaeróbicas, facultativas y de tratamiento se obtuvieron el siguiente resultado.

4.1. Resultado de la concentración de GEI (CH_4, N_2O y CO_2) en las lagunas de la PTAR "OMO"

En la tabla 4 se puede observar el resultado de la concentración de GEI capturadas in situ por las cámaras estáticas en la laguna anaeróbica

Tabla 4

Concentración de GEI en la laguna anaeróbica

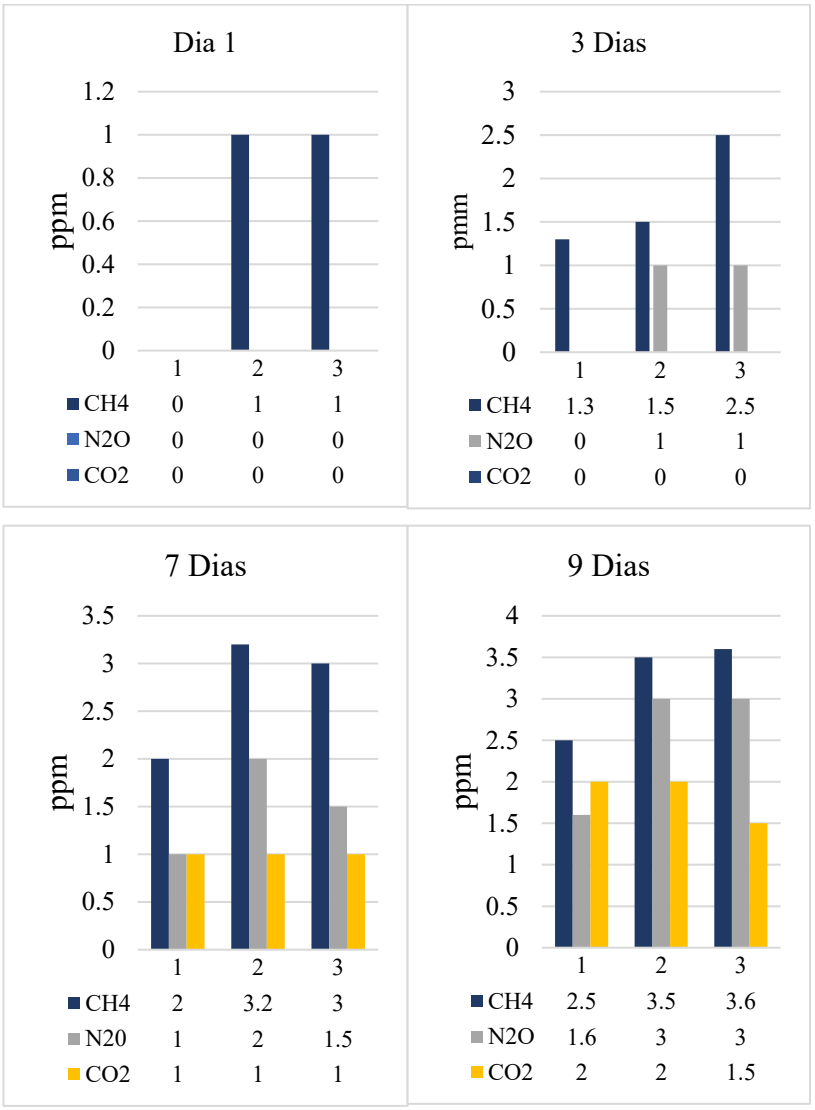
LAGUNA	MONITOREO	TIEMPO	CH_4	N_2O	CO_2
Anaerobia	**M-01**	Dia1	0	0	0
	M-02		1	0	0
	M-03		1	0	0
	M-01	3 días	1.3	0	0
	M-02		1.5	1	0
	M-03		2.5	1	0
	M-01	7 días	2	1	1
	M-02		3.2	2	1
	M-03		3	1.5	1
	M-01	9 días	2.5	1.6	2
	M-02		3.5	3	2
	M-03		3.6	3	1.5

Fuente: *Propias del autor*

Según la información de la tabla 4 de resultados de GEI, se procedió a graficar las concentraciones de las 3 lagunas de la PTAR OMO en 3 monitores y una diferencia de tiempo 1,3,7,9 días de muestreo.

Figura 10

Concentración de GEI de la laguna anaeróbica de la PTAR Omo



***Fuente**: Propia del autor*

Se puede observar en la figura N°10 que la mayor concentración de metano, óxido nitroso y dióxido de carbono en la laguna anaeróbica son de 9 días de retención teniendo un máximo de 3,6 ppm mientras que durante el primer día solo se obtuvo 1 ppm en metano mientras que para los otros gases se encuentran por debajo del límite de detección del equipo

4.1.1. Resultado de concentración de GEI en la laguna facultativa

En la tabla 5 se puede observar el resultado de la concentración de GEI en la laguna facultativa

Tabla 5

Concentración de GEI en la laguna facultativa

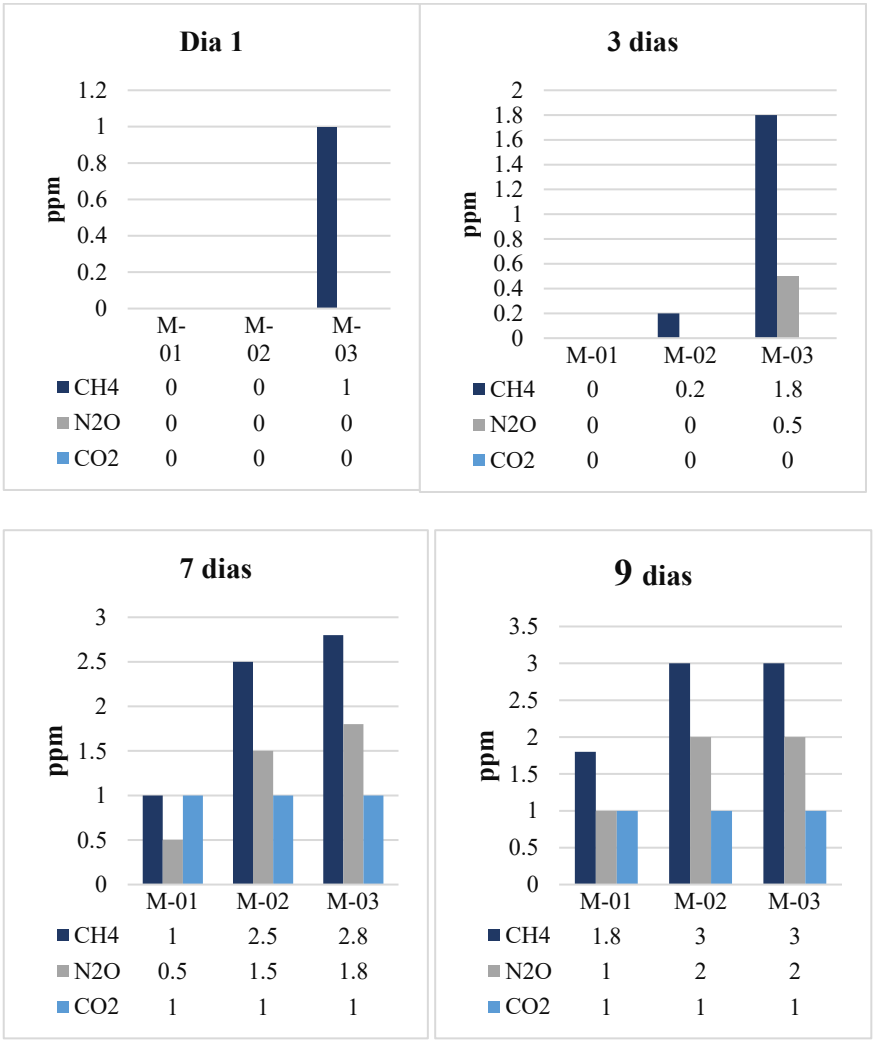
LAGUNA	MONITOREO	TIEMPO	CH_4	N_2O	CO_2
Facultativa	**M-01**	1 día	0	0	0
	M-02		0	0	0
	M-03		1	0	0
	M-01	3 días	0	0	0
	M-02		0.2	0	0
	M-03		1.8	0.5	0
	M-01	7 días	1	0.5	1
	M-02		2.5	1.5	1
	M-03		2.8	1.8	1
	M-01	9 días	1.8	1	1
	M-02		3	2	1
	M-03		3	2	1

Fuente: *Propia del autor*

Según la información de la tabla N°5 de resultados se pudo obtener un máximo de 3 ppm para metano en un tiempo de retención de 9 días mientras que el mínimo fue de 0 en un tiempo de retención de 1 día, así mismo ya se pudo obtener datos de óxido nitroso y dióxido de carbono en 7 y 9 días de retención el cual llego a un máximo de 2 para oxido nitroso y 1 para dióxido de carbono por lo consiguiente mostraremos en la siguiente grafica.

Figura 11

Concentración de GEI en la laguna facultativa de la PTAR OMO



Fuente: *Propia del autor*

Se puede observar en la figura N° 11 los niveles de concentración de GEI y como ha ido cambiando durante los diferentes días de concentración en la laguna facultativa.

4.1.2. Resultado de concentración de GEI en la laguna terciaria

En la tabla N°6 se puede observar el resultado de la concentración de GEI en las lagunas terciarias que fueron capturadas por las cámaras estáticas y realizadas in situ.

Tabla 6

Concentración de GEI en la laguna terciaria o de tratamiento

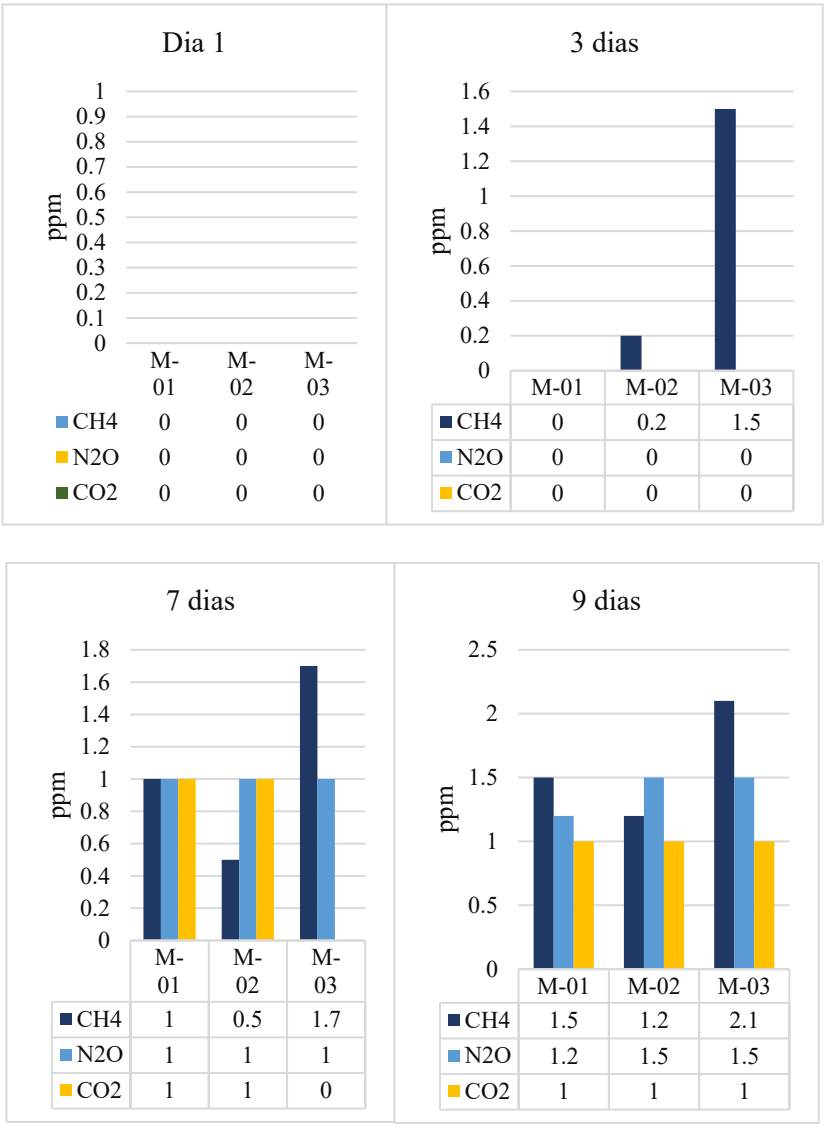
LAGUNA	MONITOREO	TIEMPO	CH_4	N_2O	CO_2
TERCIARIA	**M-01**	1 día	0	0	0
	M-02		0	0	0
	M-03		0	0	0
	M-01	3 días	0	0	0
	M-02		0.2	0	0
	M-03		1.5	0	0
	M-01	7 días	1	1	1
	M-02		0.5	1	1
	M-03		1.7	1	0
	M-01	9 días	1.5	1.2	1
	M-02		1.2	1.5	1
	M-03		2.1	1.5	1

Fuente: *Propia del autor*

Con los resultados de la tabla 06 se obtiene que la mayor concentración de GEI es el metano con un máximo de 2.1 ppm y un mínimo de 0 que va siendo dependiendo de los dias de captación, el otro gas que sigue es el óxido nitroso llegando un máximo se 1.5 en 9y 7 días de retención en las cámaras estáticas y finalmente tenemos a el dióxido de carbono que pudo tener un máximo de 1 y un mínimo de 0 en función de los días de retención lo cual podemos observar de manera ilustrativa en la siguiente grafica.

Figura 12

Concentración de GEI en las lagunas de terciarias o de tratamiento de la PTAR OMO



Fuente: *Propia del autor*

Como se puede observar en el grafico N°12 que hay mayor concentración de dióxido de carbono es en la laguna anaeróbica teniendo un máximo de 2 ppm en un tiempo de retención de 9 días mientras que la menor concentración se encuentra en las lagunas de tratamiento o terciarios no presentado registro y por debajo del límite de detección es por ello se diferencia el grafico ya que su detección marcaba 0 durante casi todo el monitoreo.

4.2. Resultado del monitoreo de parámetros físico - químicos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual "OMO"

4.2.1. Resultado de monitoreo de temperatura de la PTAR OMO

En la tabla N°7 se podrá observar el resultado del monitoreo In situ de temperatura del agua en las tres lagunas aplicando un multiparámetro tomadas en paralelo con la medición de gases.

Tabla 7

Resultado de monitoreo temperatura en las lagunas de la PTAR

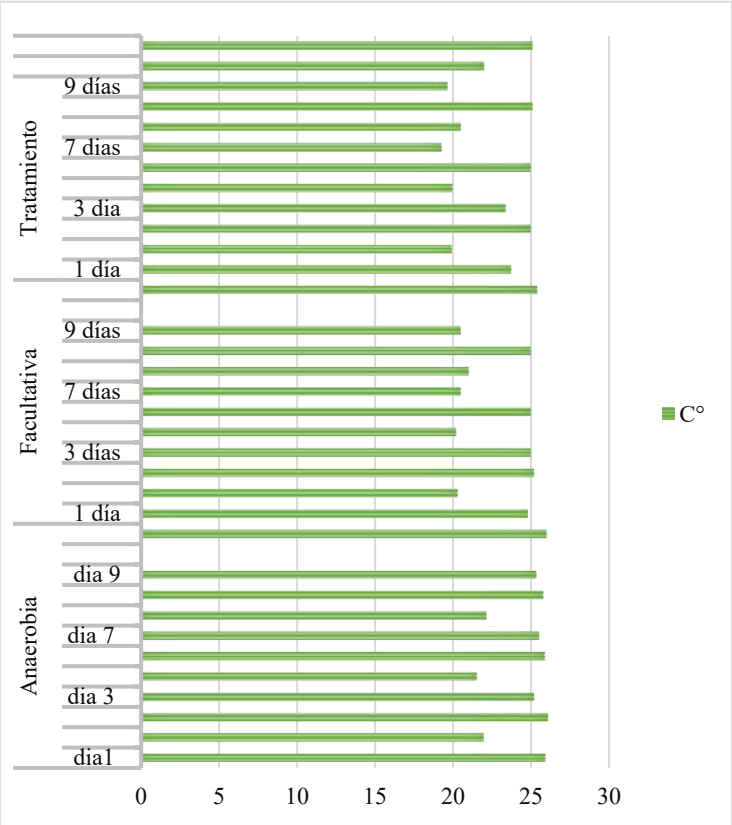
	ANAEROBICA		FACULTATIVA		TRATAMIENTO	
	Tiempo	C°	Tiempo	C°	Tiempo	C°
MONITOREO 1	1 dia	25.93	1 dia	24.8	1 dia	23.73
	3 dias	25.2	3 dias	25	3 dias	23.37
	7 dias	25.53	7 dias	20.5	7 dias	19.27
	9 dias	25.35	9 dias	20.5	9 dias	19.65
MONITOREO 2	1 dia	21.97	1 dia	20.3	1 dia	19.93
	3 dias	21.53	3 dias	20.2	3 dias	19.97
	7 dias	22.14	7 dias	21	7 dias	20.5
	9 dias	23,8	9 dias	24,1	9 dias	22
MONITOREO 3	1 día	26.1	1 dia	25.2	1 dia	25
	3 días	25.9	3 dias	25	3 dias	25
	7 días	25.8	7 días	25	7 dias	25.1
	9 días	26	9 días	25.4	9 dias	25.1

Fuente: *propia del autor.*

En la tabla 7 se puede observar el resultado de la temperatura en las diferentes lagunas tomadas en paralelo con el monitoreo de gases, donde se destaca con mayor temperatura en la laguna anaeróbica teniendo un máximo de 26°C.

Figura 13

Temperatura en las lagunas de la PTAR OMO



Fuente: *propia del autor.*

En la figura N°13 se puede observar la temperatura en las 3 lagunas mostrando su máxima temperatura y mínima durante los monitoreos realizados.

4.2.2. Resultado de monitoreo de pH de la PTAR OMO

En la tabla N°8 se podrá observar los resultados de pH de las lagunas muestreadas (anaeróbica, facultativa y de tratamiento) obteniendo como resultado que la laguna anaeróbica presenta un pH ligeramente acido a neutro mientras que en la laguna facultativa se encuentra el pH casi neutro y finalmente en la última laguna de tratamiento presenta un pH alcalino esto también se graficará.

Tabla 8

Resultado de monitoreo de pH de las lagunas de la Ptar

	ANAEROBICA		FACULTATIVA		TRATAMIENTO	
	tiempo	pH	tiempo	pH	tiempo	pH
MONITOREO 1	1 día	7.28	1 día	7.76	1 día	8.09
	3 días	7.01	3 días	8	3 días	8.1
	7 días	8.1	7 días	7.62	7 días	8.1
	9 días	7.61	9 días	7.8	9 días	7.93
MONITOREO 2	1 día	7.68	1 día	7.58	1 día	8.75
	3 días	7.5	3 días	7.32	3 días	8.1
	7 días	6.68	7 días	7.4	7 días	8
	9 días	6.88	9 días	7.5	9 días	7.90
MONITOREO 3	1 día	6.8	1 día	7.9	1 día	8.6
	3 días	7	3 días	7.8	3 días	8.2
	7 días	6..9	7 días	7	7 días	8.2
	9 días	7.0	9 días	7	9 días	8.0

Fuente: Propia del autor

4.2.2. Resultado de Demanda Química de Oxígeno (DQO) de la PTAR OMO

En la tabla N°9 se observa los resultados obtenidos por el laboratorio ALAB acreditado por INACAL tomadas en las lagunas (anaeróbica, facultativa y tratamiento) de la PTAR Omo donde se puede observar la diferencia entre la laguna anaeróbica a diferencia de las otras dos lagunas (facultativa y tratamiento) con la referencia a la demanda química de oxígeno teniendo mayor concentración la laguna anaeróbica.

Tabla 9

Resultado de DQO de las lagunas de la PTAR

	ANAEROBICA		FACULTATIVA		TRATAMIENTO	
	tiempo	DQO	tiempo	DQO	tiempo	DQO
MONITOREO 1	1 día	861	1 día	301	1 día	307
	3 días	789	3 días	298	3 días	274
	7 días	824	7 días	382	7 días	281
	9 días	761	9 días	278	9 días	178
MONITOREO 2	1 día	651	1 día	259	1 día	236
	3 días	582	3 días	310	3 días	250
	7 días	624	7 días	281	7 días	169
	9 días	722	9 días	290	9 días	182
MONITOREO 3	1 día	552.0	1 día	302.0	1 día	188.0
	3 días	760.0	3 días	300.0	3 días	203.0
	7 días	821.0	7 días	291.0	7 días	198.0
	9 días	810.0	9 días	304.0	9 días	265.0

Fuente: *Propia del autor*

4.2.3. Resultado de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de la PTAR Omo

En la tabla N°10 se aprecia el resultado emitido por el laboratorio ALAB tras aplicado la metodología de recolección de muestra y posterior a ello obtener el resultado y poder observar que hay mayor concentración de DBO en la laguna anaerobia a diferencia de las lagunas facultativa y de tratamiento esto se debe a la concentración de materia orgánica en la laguna anaeróbica.

Tabla 10

Resultado de DBO en la PTAR Omo

	ANAEROBICA		FACULTATIVA		TRATAMIENTO	
	tiempo	DBO	tiempo	DBO	tiempo	DBO
MONITOREO 1	1 día	312.3	1 día	141.1	1 día	73.06
	3 días	285	3 días	90	3 días	37
	7 días	241	7 días	82	7 días	54
	9 días	247	9 días	65	9 días	62
MONITOREO 2	1 dia	254	1 dia	50.88	1 dia	61.34
	3 dias	221	3 dias	80.2	3 dias	50
	7 dias	243	7 dias	70	7 dias	48
	9 dias	250	9 dias	55	9 dias	32
MONITOREO 3	1 día	227.0	1 día	57.0	1 día	24.4
	3 días	240.0	3 días	71.0	3 días	22.0
	7 días	267.0	7 días	80.0	7 días	32.0
	9 días	210.0	9 días	50.2	9 días	20.0

Fuente: *propia del autor*

4.3. Análisis estadístico descriptivo de las concentraciones de los GEI en las lagunas de tratamiento de agua residual Omo

En la siguiente tabla podemos tener de manera detallada el análisis descriptivo de las concentraciones de GEI en las lagunas de la PTAR de los diferentes monitoreo y tiempo de captación 1,3,7 y 9 días

Tabla 11

Estadística Descriptiva de las concentraciones de GEI

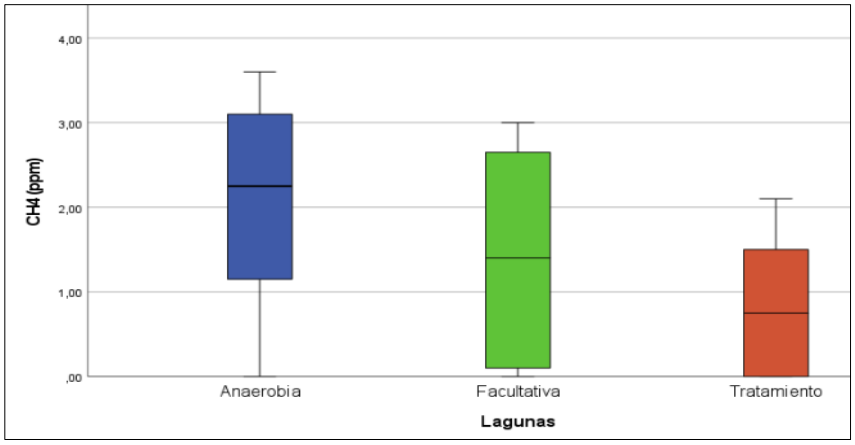
PTAR	TIEMPO	CH_4	N_2O	CO_2
Anaerobia	dia1	0.00	0.00	0.00
		1.00	0.00	0.00
		1.00	0.00	0.00
	Media	0.67	0.00	0.00
	desv. Est.	0.58	0.00	0.00
	Máximo	1.00	0.00	0.00
	Mínimo	0.00	0.00	0.00
	día 3	1.30	0.00	0.00
		1.50	1.00	0.00
		2.50	1.00	0.00
	Media	1.77	0.67	0.00
	desv. Est.	0.64	0.58	0.00
	máximo	2.50	1.00	0.00
	mínimo	1.30	0.00	0.00
	día 7	2.00	1.00	1.00
		3.20	2.00	1.00
		3.00	1.50	1.00
	Media	2.73	1.50	1.00
	desv. Est.	0.64	0.50	0.00
	máximo	3.20	2.00	1.00
	mínimo	2.00	1.00	1.00
	día 9	2.50	1.60	2.00
		3.50	3.00	2.00
		3.60	3.00	1.50
	Media	3.20	2.53	1.83
	desv. Est.	0.61	0.81	0.29
	máximo	3.60	3.00	2.00
	mínimo	2.50	1.60	1.50
Facultativa	1 día	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00
		1.00	0.00	0.00
	Media	0.33	0.00	0.00
	desv. Est.	0.58	0.00	0.00
	máximo	1.00	0.00	0.00
	mínimo	0.00	0.00	0.00
	3 días	0.00	0.00	0.00
		0.20	0.00	0.00
		1.80	0.50	0.00
	Media	0.67	0.17	0.00
	desv. Est.	0.99	0.29	0.00

	máximo	1.80	0.50	0.00
	mínimo	0.00	0.00	0.00
	7 días	1.00	0.50	1.00
		2.50	1.50	1.00
		2.80	1.80	1.00
	Media	2.10	1.27	1.00
	desv. Est.	0.96	0.68	0.00
	máximo	2.80	1.80	1.00
	mínimo	1.00	0.50	1.00
	9 días	1.80	1.00	1.00
		3.00	2.00	1.00
		3.00	2.00	1.00
	Media	2.60	1.67	1.00
	desv. Est.	0.69	0.58	0.00
	máximo	3.00	2.00	1.00
	mínima	1.80	1.00	1.00
Tratamiento	1 día	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00
	Media	0.00	0.00	0.00
	desv. Est.	0.00	0.00	0.00
	máximo	0.00	0.00	0.00
	mínimo	0.00	0.00	0.00
	3 dia	0.00	0.00	0.00
		0.20	0.00	0.00
		1.50	0.00	0.00
	Media	0.57	0.00	0.00
	desv. Est.	0.81	0.00	0.00
	máximo	1.50	0.00	0.00
	mínimo	0.00	0.00	0.00
	7 días	1.00	1.00	1.00
		0.50	1.00	1.00
		1.70	1.00	0.00
	Media	1.07	1.00	0.67
	desv. Est.	0.60	0.00	0.58
	máximo	1.70	1.00	1.00
	mínimo	0.50	1.00	0.00
	9 días	1.50	1.20	1.00
		1.20	1.50	1.00
		2,1	1.50	1.00
	Media	1.35	1.40	1.00
	desv. Est.	0.21	0.17	0.00
	máximo	1.50	1.50	1.00
	mínimo	1.20	1.20	1.00

Fuente: *Propia del autor*

Figura 14

Diagrama de cajas y bigotes para la concentración de CH_4 de la PTAR Omo



***Fuente**: Propia del autor*

Como se puede observar en la figura N°14 se presenta el diagrama de cajas y bigotes de metano según las lagunas de la PTAR a partir de los resultados de la tabla 11, en donde:

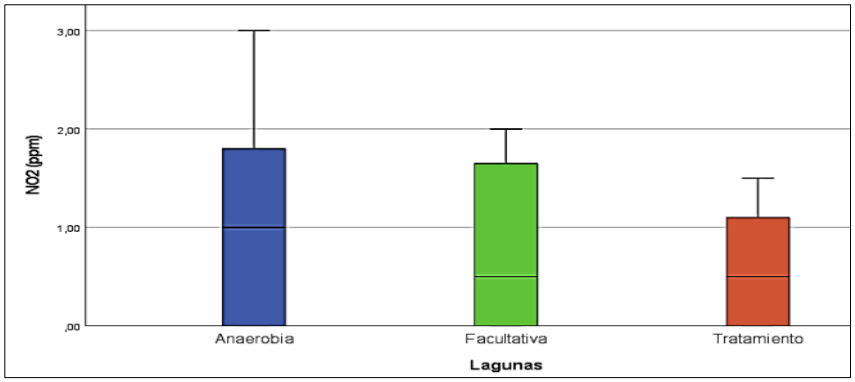
La laguna anaeróbica tiene un máximo y mínimo en 9 días de retención en 3,6 ppm y 0 ppm en un tiempo de retención de 1día.

La laguna facultativa tiene un máximo y mínimo en 9 días de retención en 3 ppm y 0 ppm en un tiempo de retención de 1día.

La laguna terciaria o de tratamiento máximo y mínimo en 7 días de retención en 1.7 ppm y 0 ppm en un tiempo de retención de 1día.

Figura 15

Concentración de N_2O de la PTAR OMO



Fuente: *Propia del autor*

Como se puede observar en la figura N°15 se presenta el diagrama de cajas y bigotes de óxido nitroso según las lagunas de la PTAR a partir de los resultados de la tabla 11, en donde:

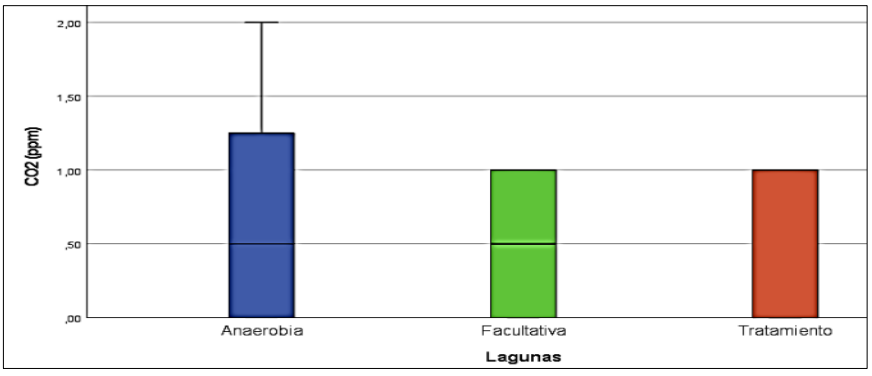
La laguna anaeróbica tiene un máximo y mínimo en 9 días de retención en 3 ppm y 0 ppm en un tiempo de retención de 1día.

La laguna facultativa tiene un máximo y mínimo en 9 días de retención en 2 ppm y 0 ppm en un tiempo de retención de 1día.

La laguna terciaria o de tratamiento máximo y mínimo en 7 días de retención en 1.5 ppm y 0 ppm en un tiempo de retención de 1día.

Figura 16

Concentración de CO_2 en las lagunas de la PTAR OMO



Fuente: *Propia del autor*

Como se puede observar en la figura N°16 se presenta el diagrama de cajas y bigotes de dióxido de carbono según las lagunas de la PTAR a partir de los resultados de la tabla 11, en donde:

La laguna anaeróbica tiene un máximo y mínimo en 9 días de retención en 2 ppm y 0 ppm en un tiempo de retención de 1día.

La laguna facultativa tiene un máximo y mínimo en 9 días de retención en 1 ppm y 0 ppm en un tiempo de retención de 1día.

La laguna terciaria o de tratamiento máximo y mínimo en 7 días de retención en 1 ppm y 0 ppm en un tiempo de retención de 1día.

4.3.1. Prueba de normalidad para las concentraciones de GEI en las diferentes lagunas

- Planteamiento de la hipótesis para la normalidad de los datos:

- Ho: La distribución de los datos presentan distribución normal.

- H1: La distribución de los datos no presentan distribución normal.

Criterio de decisión:

- Si $p < 0.05$ rechazamos la hipótesis nula (Ho) y se acepta la alterna (H1).

- Si $p >= 0.05$ aceptamos la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la alterna (H1).

Los cálculos se realizan al 95% de confianza.

Para verificar la normalidad de los datos, muchos autores indican que la prueba de Kolmogórov-Smirnov se aplica cuando los datos son iguales o mayor a 50. Por otro lado, la prueba de Shapiro-Wilk normalmente se aplica cuando los datos son menores a 50.

Para este estudio, se decidio por la prueba de Shapiro-Wilk para la verificar la normalidad de los datos.

4.3.2. Prueba de normalidad de la Laguna anaeróbica

Se procedió a realizar el test de Shapiro – Wilk para determinar qué tipo de distribución poseen las concentraciones de GEI en la laguna anaeróbica.

Tabla 12

Prueba de normalidad de las concentraciones de GEI en la laguna anaeróbica

PRUEBA ESTADÍSTICA SHAPIRO- WILK		
Hipótesis	H_0 la muestra proviene de una población normal H_1: la muestra no proviene de una población normal	
Significancia	5 % = 0.05	
Concentraciones:	W	p- valor
Metano	0.949	0.626
Óxido nitroso	0.878	0.082
Dióxido de carbono	0.803	0.010

Fuente: *Propia del autor*

Comparamos los resultados de los valores p-valor de las concentraciones de metano, óxido nitroso y dióxido de carbono con el valor de significación (0.05), se puede observar que los valores de metano y óxido nitroso (0.626 y 0.082) son superiores por lo consiguiente se aprueba la hipótesis nula por lo tanto la muestra proviene de una población normal mientras que el dióxido de carbono es menor que p-valor rechaza la hipótesis nula.

4.3.3. Análisis de varianza (ANOVA) de concentraciones de GEI laguna anaeróbica

Se observa en la tabla N°13 el ANOVA en función a las concentraciones de GEI donde el valor de metano (0.005) y Óxido nitroso (0.003) se encuentra dentro del nivel de significancia se

acepta la hipótesis nula mientras que la para el dióxido de carbono se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 13

ANOVA de concentraciones de GEI

ANOVA					
		Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
CH_4 (ppm)	Entre grupos	11,329	3,776	9,873	,005
	Dentro de grupos	3,060	,383		
	Total	14,389			
N_2O (ppm)	Entre grupos	10,769	3,590	11,611	,003
	Dentro de grupos	2,473	,309		
	Total	13,242			
CO_2 (ppm)	Entre grupos	3,896	1,299	7,792	,009
	Dentro de grupos	1,333	,167		
	Total	5,229			

Fuente: *Propia del autor*

4.3.4. Prueba de normalidad Laguna Facultativa

Para los datos de la laguna facultativa se realizó el test de Shapiro – Wilk para determinar qué tipo de distribución poseen las concentraciones de GEI en la laguna facultativa.

Tabla 14

Prueba de Normalidad de la Laguna Facultativa

PRUEBA ESTADÍSTICA SHAPIRO- WILK		
Hipótesis	H_0 la muestra proviene de una población normal H_1: la muestra no proviene de una población normal	
Significancia	0.05	
concentración	W	p- valor
Metano	0.871	0.066
Óxido nitroso	0.811	0.013
Dióxido de carbono	0.650	<0.001

Fuente: *Propia del autor*

Comparamos los resultados de los valores p-valor de las concentraciones de metano, óxido nitroso y dióxido de carbono con el valor de significación (0.05), se puede observar en la tabla 13 que el valor de metano es superior al nivel de significancia teniendo un valor de (0.066) lo que acepta la hipótesis nula teniendo una población normal mientras que los valores de óxido nitroso y dióxido de carbono son 0.013 y <0.0001) son menores al nivel de significancia por lo que rechaza la hipótesis nula lo que indica que su muestra no proviene de una muestra normal.

4.3.5. Análisis de varianza (ANOVA) de concentraciones de GEI Laguna Facultativa

Se observa en la tabla N°15 el ANOVA en función a las concentraciones de GEI donde el valor de metano (0.026) y óxido nitroso (0.006) se encuentra dentro del nivel de significancia se acepta la hipótesis nula mientras que la para el dióxido de carbono rechaza la hipótesis nula con un valor de 0,0.

Tabla 15

ANOVA de las concentraciones de GEI en la laguna facultativa

ANOVA					
		Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
CH_4 (ppm)	Entre grupos	10,809	3,603	5,305	,026
	Dentro de grupos<	5,433	,679		
	Total	16,243			
N_2O (ppm)	Entre grupos	6,023	2,007	9,125	,006
	Dentro de grupos	1,760	,220		
	Total	7,783			
CO_2 (ppm)	Entre grupos	3,000	1,000	.	.
	Dentro de grupos	,000	,000		
	Total	3,000			

Fuente: *propia del autor*

4.3.6. Prueba de normalidad Laguna de Tratamiento

Se realizó el test de Shapiro – Wilk para determinar qué tipo de distribución poseen las concentraciones de GEI en la laguna de tratamiento.

Tabla 16

Prueba de Normalidad para la laguna tratamiento de concentraciones de GEI

PRUEBA ESTADÍSTICA SHAPIRO- WILK		
Hipótesis	H_0 la muestra proviene de una población normal H_1: la muestra no proviene de una población normal	
Significancia	0.05	
GEI	W	p- valor
Metano	0.870	0.066

Óxido nitroso	0.768	0.004
Dióxido de carbono	0.640	0.001

Fuente: *elaboración propia del autor*

Comparamos los resultados de los valores p-valor de las concentraciones de metano, óxido nitroso y dióxido de carbono con el valor de significación (0.05), se puede observar en la tabla N°16 que el Valor de metano es superior al nivel de significancia teniendo un valor de (0.066) lo que acepta la hipótesis nula teniendo una población normal mientras que los valores de óxido nitroso y dióxido de carbono son inferiores 0.004 y 0.001 por lo que rechaza la hipótesis nula lo que indica que su muestra no proviene de una muestra normal.

4.3.7. Análisis de varianza (ANOVA) de concentraciones de GEI Laguna de Tratamiento

Se puede observar en la tabla N°17 donde el valor de significancia es son menores por tanto rechazan la hipótesis nula y aceptan la alterna.

Tabla 17

ANOVA para concentraciones GEI

ANOVA					
		Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
CH_4 (ppm)	Entre grupos	4,216	1,405	4,545	,039
	Dentro de grupos	2,473	,309		
	Total	6,689			
N_2O (ppm)	Entre grupos	4,560	1,520	202,667	,000
	Dentro de grupos	,060	,008		
	Total	4,620			
CO_2 (ppm)	Entre grupos	2,250	,750	9,000	,006
	Dentro de grupos	,667	,083		
	Total	2,917			

Fuente: *propia del autor*

4.4. Relación de los parámetros físico-químicos y los gases de efecto invernadero

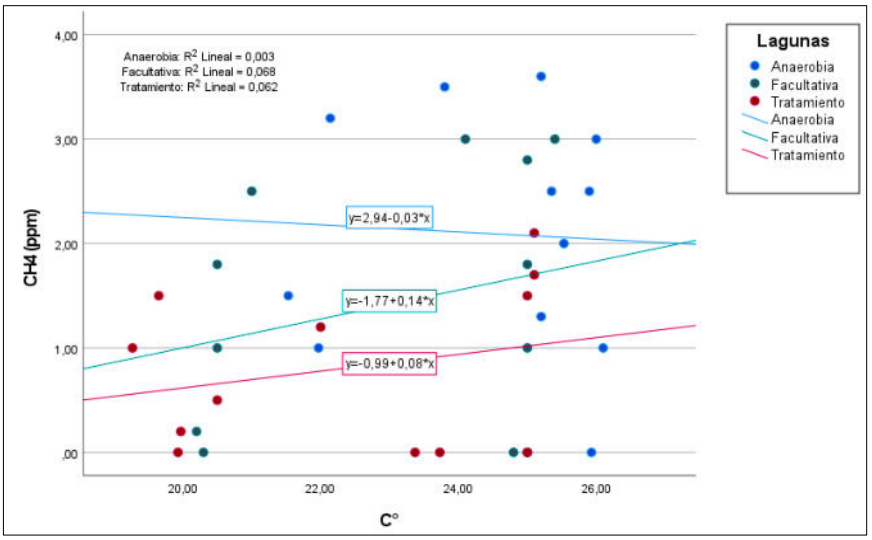
4.4.1. Relación de los parámetros físico - químicos y metano (CH_4)

4.4.1.1. Temperatura y metano

En la figura N°17 se puede observar los puntos de dispersión de la concentración de gas metano capturados en las cámaras estáticas con relación a la temperatura que la laguna anaeróbica cuenta con mayor concentración a una temperatura elevada mientras que las otras dos lagunas como la facultativa y de tratamiento tiene menor concentración de gas metano, además de ello las muestras no tienen una relación lineal

Figura 17

Concentración de CH_4 con relación a la temperatura



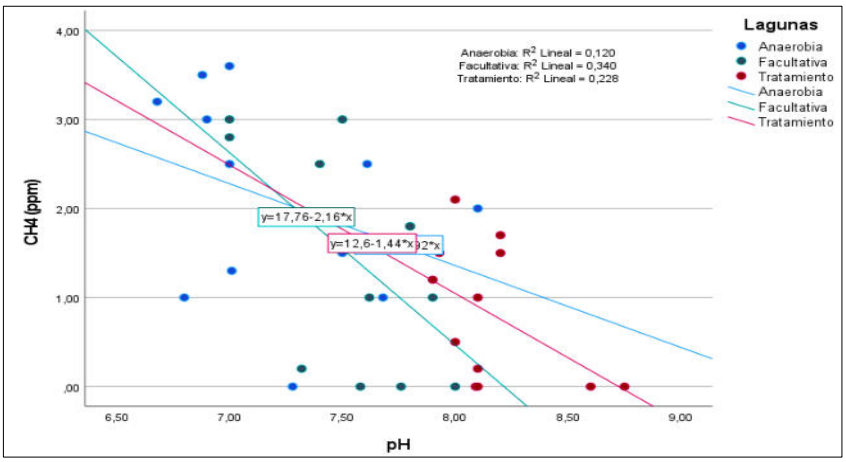
Fuente: *Propia del autor*

4.4.1.2. pH y metano

En la figura N°18 se puede observar el parámetro del pH con relación a la concentración de gas metano los valores ácidos de 6-7 como los de la laguna anaerobia tienen una mayor concentración de gas mientras que los valores alcalinos de las lagunas facultativas y tratamiento tienen menor concentración tal como se observa en la figura.

Figura 18

Concentración de CH_4 con relación al pH



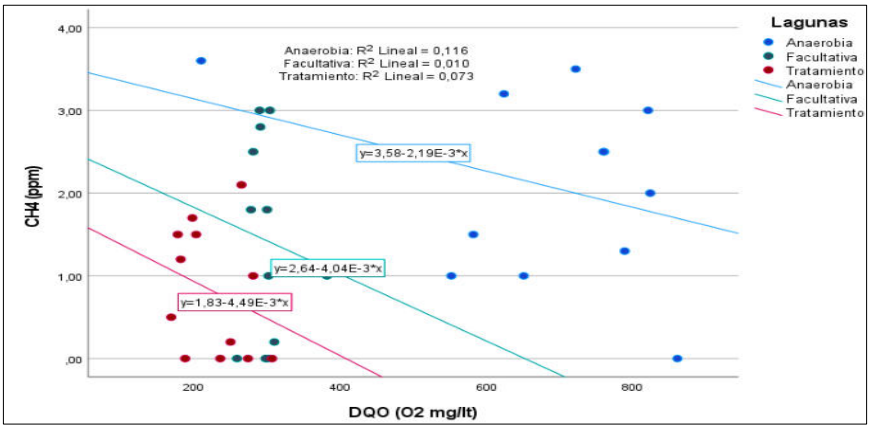
Fuente: *Propia del autor*

4.4.1.3. DQO y DBO con metano

En la figura N°19 y 20 se puede observar que no existe una regresión lineal entre DQO y DBO con el metano en ninguna de las tres lagunas de estabilización de la PTAR Omo; sin embrago, existe una diferenciación entre la laguna anaeróbica y las otras dos, donde la laguna anaeróbica hay mayor porcentaje de DQO y DBO como lo muestra la figura.

Figura 19

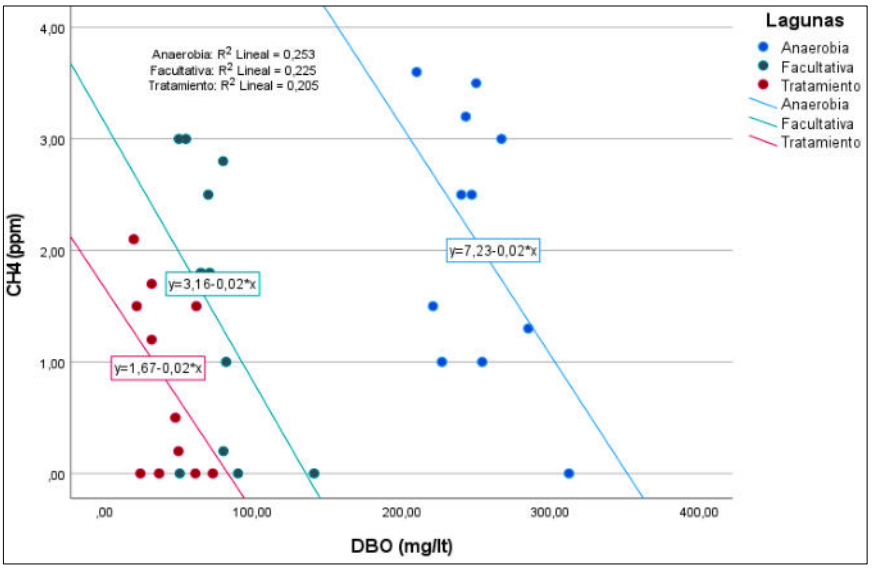
Concentración de CH_4 en relación a DQO



Fuente: *Propia del autor*

Figura 20

Concentración de CH_4 en relación a DBO



Fuente: *Propia del autor*

4.4.2. Correlación de Spearman

Para analizar estadísticamente hacemos una correlación no paramétrica de los parámetros físico-químicos de agua residual con los gases de efecto invernadero se utilizó el método de correlación de Spearman para ver si las muestras y resultados para dar valor a la relación de los parámetros físico químicos con el gas metano.

Tabla 18

Correlación de SPEARMAN de metano y parámetros físico químicos

		Correlaciones				
		C°	pH	DQO	DBO	CH_4
C°	Coeficiente de correlación	1,000	-,343*	,467**	,346*	,344*
	Sig. (bilateral)	.	,041	,004	,039	,040
	N	36	36	36	36	36
pH	Coeficiente de correlación	-,343*	1,000	-,576**	-,649**	-,540**
	Sig. (bilateral)	,041	.	,000	,000	,001
	N	36	36	36	36	36
DQO	Coeficiente de correlación	,467**	-,576**	1,000	,851**	,212
	Sig. (bilateral)	,004	,000	.	,000	,215
	N	36	36	36	36	36
DBO	Coeficiente de correlación	,346*	-,649**	,851**	1,000	,225
	Sig. (bilateral)	,039	,000	,000	.	,188
	N	36	36	36	36	36
CH_4	Coeficiente de correlación	,344*	-,540**	,212	,225	1,000
	Sig. (bilateral)	,040	,001	,215	,188	.
	N	36	36	36	36	36

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Como se puede observar en la tabla N°18 las correlaciones en función del metano y parámetros físico químicos analizados en las lagunas de PTAR Omo vemos que:

- La temperatura tiene un grado de significancia 0.4 por lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna
- El ph tiene un grado de significancia 0.1 por lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna
- Para DQO su grado de significancia es de 0,215 por lo que acepta la hipótesis nula y recha la hipótesis alterna

- Para DBO su grado de significancia es de 0,188 por lo que acepta la hipótesis nula y recha la hipótesis alterna

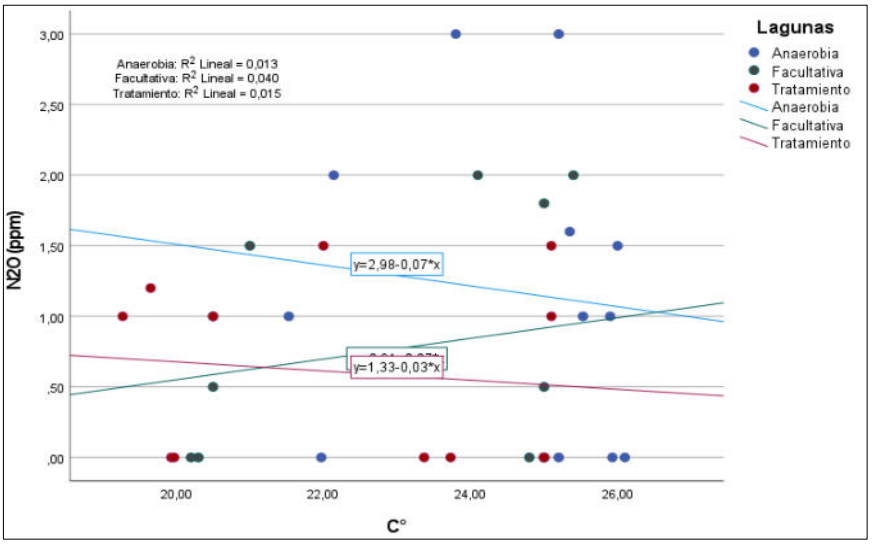
4.4.3. Relación de los parámetros físico - químicos y Óxido Nitroso (N_2O)

4.4.3.1. Temperatura y óxido nitroso

En la figura N°21 se puede observar la concentración del gas óxido nitroso en las cámaras estáticas con relación a la temperatura donde se pudo captar mayor concentración en la laguna anaerobia seguida de las otras dos lagunas como se observa en la figura.

Figura 21

Concentración de N_2O con relación a la temperatura



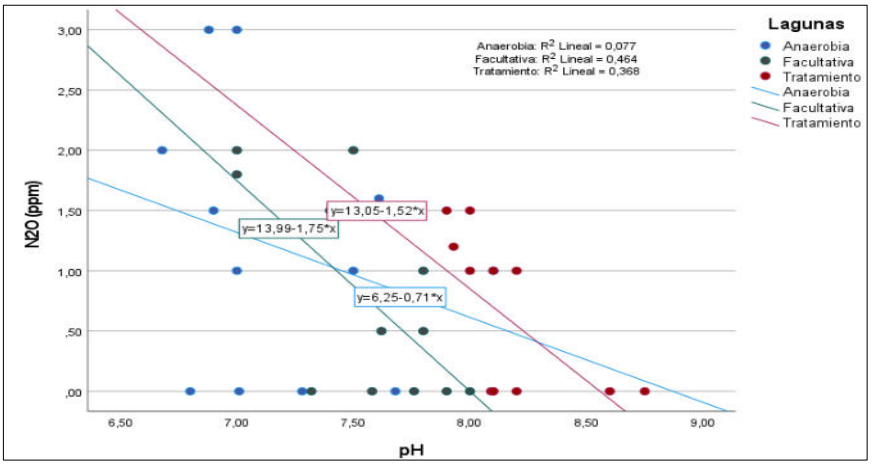
Fuente: *Propia del autor*

4.4.3.2. pH y óxido nitroso

En la figura N°22 se puede observar que la mayor concentración de óxido nitroso se encuentra en la laguna anaerobia seguidamente de la facultativa y de tratamiento a si mismo se puede ver que el pH de la laguna anaerobia se encuentra ligeramente acido lo conllevo a mayor concentración de óxido nitroso mientras que en las otras lagunas como la facultativa y tratamiento el pH se encuentra neutro-alcalino y su concentración de gas óxido nitroso sea menor.

Figura 22

Concentración de N_2O con relación al pH

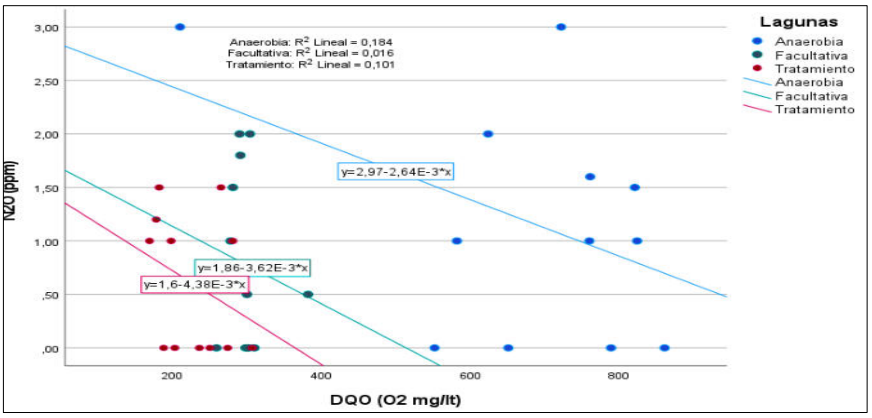


Fuente: *Propia del autor*

4.4.3.3. DQO - DBO y Óxido nitroso

En la figura N° 23 y 24 se puede observar que no existe una regresión lineal entre DQO Y DBO con el óxido nitroso en ninguna de las tres lagunas de estabilización de la PTAR Omo, sin embrago; existe una mínima concentración de óxido nitroso en la laguna anaeróbica mientras que en la laguna facultativa y de tratamiento existe menor concentración de óxido nitroso eso también se ve debido a los intervalos de tiempo de concentración que son 1,3,7 y 9 días y concentración de actividad microbiana por la materia orgánica presente.

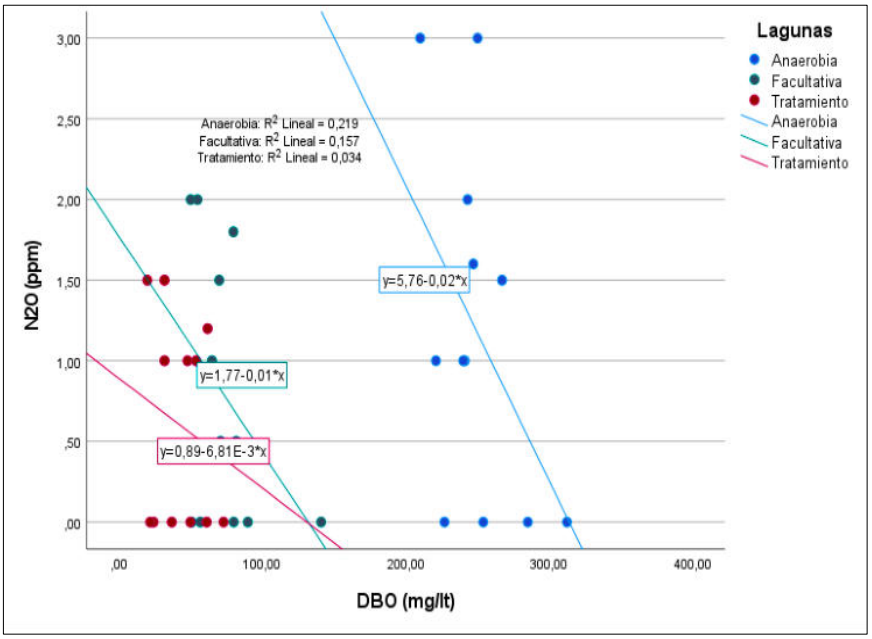
Figura 23 *Concentración de N_2O con relación a DQO*



Fuente: *Propia del autor*

Figura 24

Concentración de N_2O con relación al DBO



Fuente: *Propia del autor*

4.4.3.4. Correlación de Spearman

Para analizar estadísticamente hacemos una correlación no paramétrica de los parámetros físico-químicos de agua residual con los gases de efecto invernadero se utilizó el método de correlación de Spearman para ver si las muestras y resultados están relacionadas de manera linealmente y si cumplen con la hipótesis nula o alternativa y el nivel de significancia.

Tabla 19

Correlación de SPEARMAN de óxido nitroso y parámetros físico químicos

CORRELACION						
		C°	pH	DQO	DBO	N2O
C°	Coeficiente de correlación	1.000	-,343*	,467**	,346*	0.136
	Sig. (bilateral)		0.041	0.004	0.039	0.429
	N	36	36	36	36	36
pH	Coeficiente de correlación	-,343*	1.000	-,576**	-,649**	-,438**
	Sig. (bilateral)	0.041		0.000	0.000	0.008
	N	36	36	36	36	36
DQO	Coeficiente de correlación	,467**	-,576**	1.000	,851**	0.011
	Sig. (bilateral)	0.004	0.000		0.000	0.949
	N	36	36	36	36	36
DBO	Coeficiente de correlación	,346*	-,649**	,851**	1.000	0.072
	Sig. (bilateral)	0.039	0.000	0.000		0.677
	N	36	36	36	36	36
N2O	Coeficiente de correlación	0.136	-,438**	0.011	0.072	1.000
	Sig. (bilateral)	0.429	0.008	0.949	0.677	
	N	36	36	36	36	36
*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).						
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).						

Como se puede observar en la tabla N°19 las correlaciones en función al oxido nitroso y parámetros físico químicos analizados en las lagunas de PTAR Omo vemos que:

- La temperatura tiene un grado de significancia 0.429 por lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna
- El ph tiene un grado de significancia 0.008 por lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna
- Para DQO su grado de significancia es de 0,949 por lo que acepta la hipótesis nula y recha la hipótesis alterna
- Para DBO su grado de significancia es de 0,677 por lo que acepta la hipótesis nula y recha la hipótesis alterna

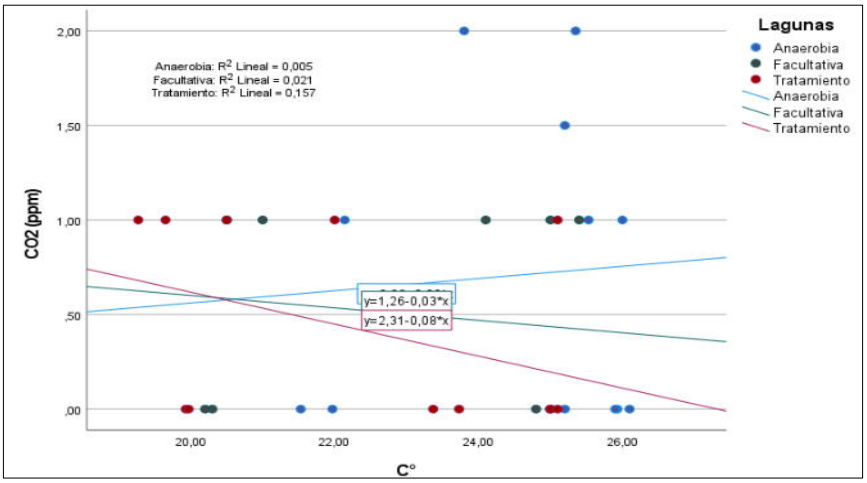
4.4.4. Relación de los parámetros físico - químicos y Dióxido de Carbono (CO_2)

4.4.4.1. Temperatura y dióxido de carbono

En la figura N°25 se puede observar que el dióxido de carbono tiene bajas concentraciones con referencia a los demás gases muestreados y en cuanto la temperatura se pudo registrar que la mayor concentración se dio con una alta temperatura entre los 24 y 26 C° en las lagunas de tratamiento de la PTAR Omo lo que favoreció en la captación de dióxido de carbono con referencia a la temperatura elevada.

Figura 25

Concentración de CO_2 con relación a la temperatura



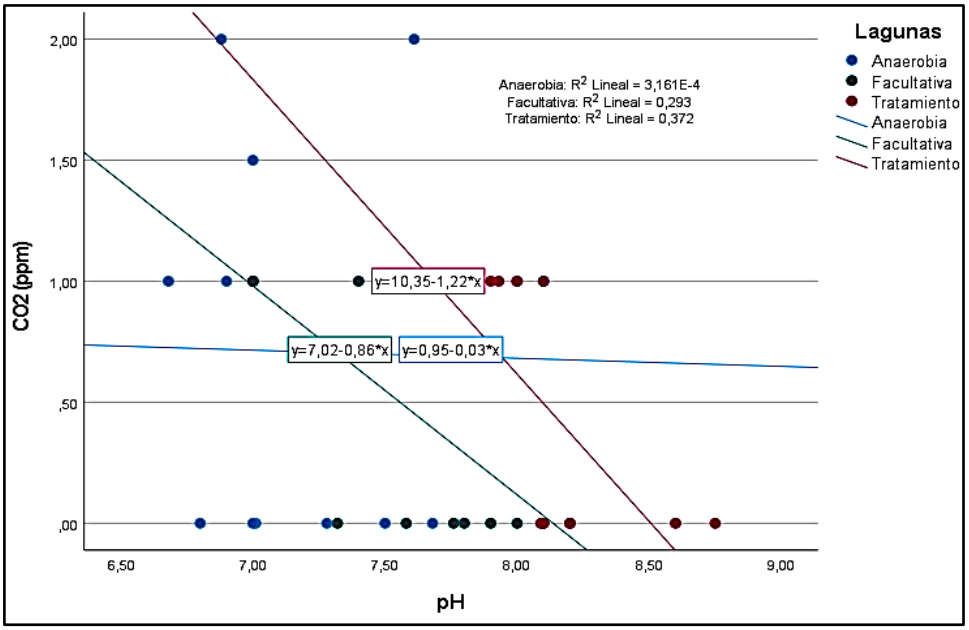
Fuente: *Propia del autor*

4.4.4.2. pH y dióxido de carbono

En la figura N°26 se puede observar que no existe una regresión lineal entre la temperatura y el metano en las lagunas de tratamiento de la PTAR Omo, sin embrago; existe un favorecimiento en la emisión de dióxido de carbono con referencia a la temperatura elevada.

Figura 26

Concentración de CO_2 con relación al pH



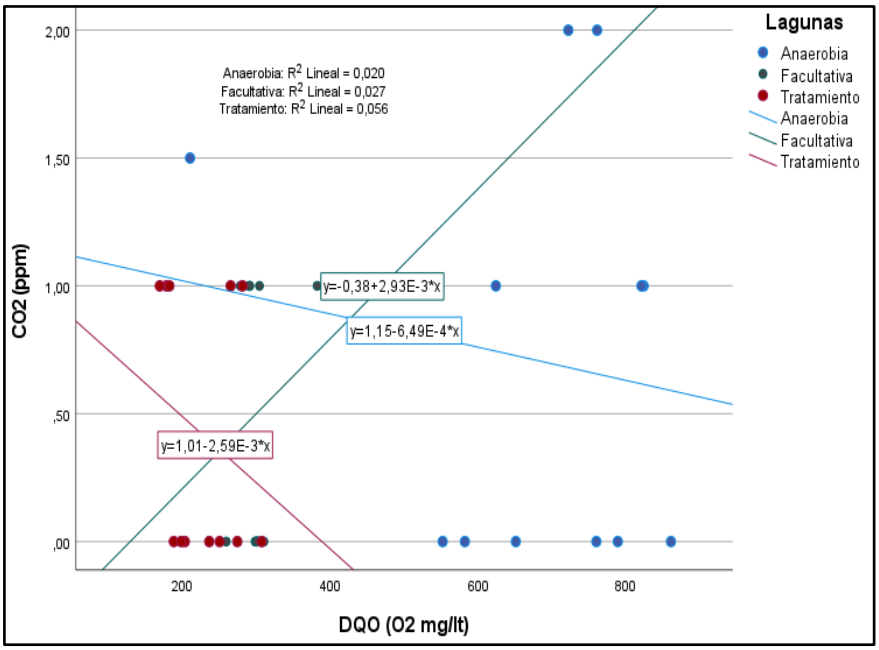
Fuente: *Propia del autor*

4.4.4.3. DQO-DBO y dióxido de carbono

En la figura N°27 y 28 se puede observar la concentración de gas de dióxido de carbono en las cámaras estáticas con relación al DQO y DBO la laguna anaerobia tiene mayor relevancia mientras que las lagunas facultativas y de tratamiento es mínima y concentración de actividad microbiana por la materia orgánica presente.

Figura 27

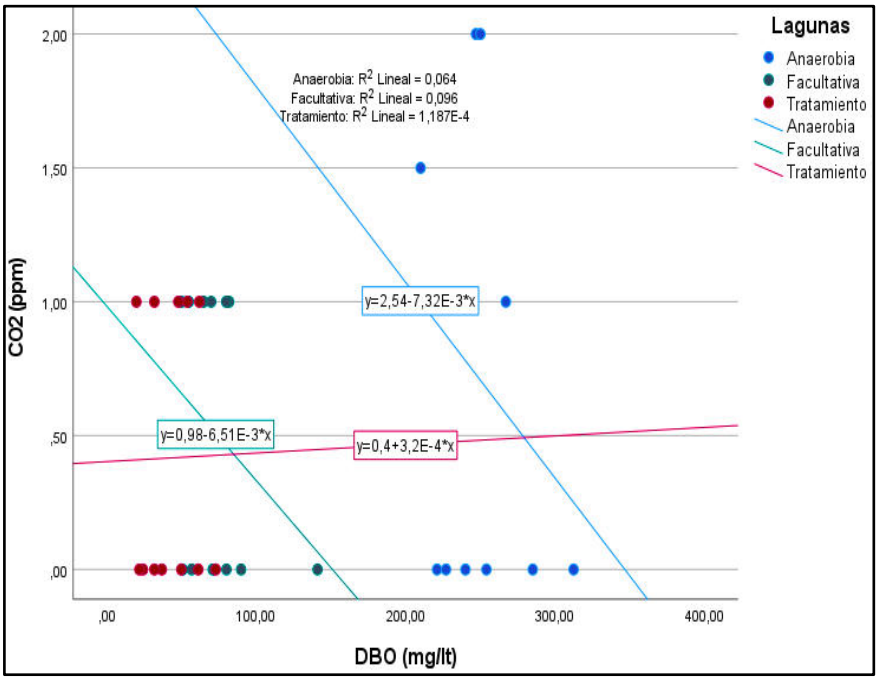
Concentración de CO_2 con relación al DQO



Fuente: *Propia del autor*

Figura 28

Concentración de CO_2 con relación a la DBO



Fuente: *Propia del autor*

Para analizar estadísticamente hacemos una correlación no paramétrica de los parámetros físico-químicos de agua residual con los gases de efecto invernadero se utilizó el método de correlación de Spearman para ver si las muestras y resultados están relacionadas de manera linealmente y si cumplen con la hipótesis nula o alternativa y el nivel de significancia tal como lo demuestra en la prueba de shaphiro wilk

Tabla 20

Correlación de SPEARMAN de dióxido de carbono y parámetros físico químicos

Correlaciones

		C°	pH	DQO	DBO	CO2
C°	Coeficiente de correlación	1.000	-,343*	,467**	,346*	0.000
	Sig.		0.041	0.004	0.039	1.000
	N	36	36	36	36	36
pH	Coeficiente de correlación	-,343*	1.000	-,576**	-,649**	-0.304
	Sig.	0.041		0.000	0.000	0.071
	N	36	36	36	36	36
DQO	Coeficiente de correlación	,467**	-,576**	1.000	,851**	-0.005
	Sig.	0.004	0.000		0.000	0.976
	N	36	36	36	36	36
DBO	Coeficiente de correlación	,346*	-,649**	,851**	1.000	0.086
	Sig. (bilateral)	0.039	0.000	0.000		0.616
	N	36	36	36	36	36
CO2	Coeficiente de correlación	0.000	-0.304	-0.005	0.086	1.000
	Sig. (bilateral)	1.000	0.071	0.976	0.616	
	N	36	36	36	36	36

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Como se puede observar en la tabla N°20 las correlaciones en función al dióxido de carbono y parámetros físico químicos analizados en las lagunas de PTAR Omo vemos que:

- La temperatura tiene un grado de significancia de 1 por lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna
- El ph tiene un grado de significancia 0.071 por lo que acepta la hipótesis nula y rechazamos la alterna
- Para DQO su grado de significancia es de 0,976 por lo que acepta la hipótesis nula y recha la hipótesis alterna
- Para DBO su grado de significancia es de 0,616 por lo que acepta la hipótesis nula y recha la hipótesis alterna

4.5. DISCUSION

El desarrollo de la medición de gases de efecto invernadero presento que los valores más altos de gases de efecto invernadero fueron las de metano (CH_4) que se obtuvieron en la laguna anaeróbica concentrando un promedio de 2.01 ppm, llegando al valor máximo de 3.6 ppm en 9 días de captación en la cámara estática, mientras que el valor mínimo se dio el primer día de monitoreo estando por debajo del límite de detección y marcando 0, la laguna facultativa es el segundo emisor de gas metano con un promedio de 1.425 ppm donde el valor máximo fue de 3 ppm en un tiempo de compresión de 9 días y el mínimo fue 0 por encontrarse por debajo del límite de detección y el tiempo de compresión fue 1 día y por último un promedio de 0.691 ppm en la laguna de tratamiento o terciaria teniendo un máximo de 2.1 ppm y un mínimo de 0 ppm influenciado también por el tiempo de captación 1 y 9 días.

Los valores para óxido nitroso (N_2O) tuvo un promedio de 1.175 ppm en la laguna anaeróbica llegando un máximo de 3 ppm y mínimo de 0 influenciado por el tiempo de captación 1 y 9 días, mientras que en la laguna facultativa tiene un promedio de 0.775 ppm un máximo de 2 ppm y

finalmente se tiene a la alguna de tratamiento con un promedio de 0.5 ppm del total llegando un máximo de 1.5 ppm de captación de 9 días.

En cuanto al dióxido de carbono (CO_2) en la laguna anaeróbica tuvo un promedio de 0.71ppm marcando un máximo de 2 ppm en 9 días de captación, mientras que la laguna facultativa y terciaria tuvo un promedio de 0.5 ppm y 0.42 ppm llegando un máximo de 1 ppm y un mínimo de 0 ppm ósea se encontraba por debajo del límite de detección.

(Parra et al. 2010), evaluó las principales causantes del efecto invernadero en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puchukollo Bajo – PTARPB que consta de dos series de lagunas (I,II y III), cada una con seis, la laguna 1 es anaeróbica, la 2, 3, 4 y 5 son facultativas y la 6 es aeróbica. Para su análisis utilizo el método de cámaras estáticas que permitió capturar gases en un periodo de tiempo definido de 1-3 días. En las primeras lagunas de ambas series se produce la mayor cantidad de gases de CH4 y CO2 principales causantes del efecto invernadero. Donde su tasa de emisión de CH4 se encuentras entre 0,7 a 3.17 g/s mientras que el CO2 de 0,94 a 12,61 g/s. Llegando a la conclusión de que la PTARPB emite 35.207,36 TM/año de CO2 equivalente, de los que 1 052,07 TM/año de CH4 son emitidas en las lagunas 1 de las series II y III, que corresponde a 24 197,61 TM/año de CO2 (GWP = 23), o sea es el 67 % del total de CO2 emitido.

A cerca del análisis estadístico de los resultados de concentraciones de metano, óxido nitroso y dióxido de carbono, se tomó en deferencia la evaluación de Normalidad a través del test de Shaphiro - Wilk de esta manera se determinó el tipo de prueba estadística correspondiente al presente estudio, obteniendo como resultado para la laguna anaeróbica p-valor para metano es 0.626, óxido nitroso 0.082 y dióxido de carbono 0.010 lo que metano y óxido nitroso tienen un población normal mientas que CO_2 rechaza la hipótesis nula por ente tiene una población no normal, para la laguna facultativa se tuvo un p-valor de 0.066 para CH_4, 0.013 para N_2O y 0.001para CO_2 lo que se interpreta que no provienen de una población normal ya que se encuentran inferior al nivel de significancia y por ultimo tenemos a la laguna de tratamiento con valores de p – valor de las

concentraciones para metano 0.066, óxido nitroso 0.004 y dióxido de carbono 0.001 al igual rechazan la hipótesis nula por ente no provienen de una población normal, resultados similares se obtuvieron en el estudio realizado por Czepiel, Grill & Harriss (2021) donde analizo el GEI en el tratamiento de agua municipales sus resultados estadísticos no tenían un población normal y aplico una prueba paramétrica.

Xiao et al. (2016), en su estudio mostraron que los flujos de gases de efecto invernadero a través de la interfaz aire-agua de las aguas de depuración están significativamente subestimados por el método de cámara estática flotante (SFC). Ya que en los gráficos obtenidos mostraron que el flujo de CH_4 calculado con la popular formula de regresión lineal (LR) en los cambios de concentración de gas a lo largo del tiempo solo representa el 54.75% y el 35.77% del flujo de gas real correspondiente cuando los períodos de monitoreo son de 30 y 60 min, respectivamente, basados en el modelo teórico y medidas experimentales. Durante el estudio los resultados manifestaron que los modelos de regresión no lineal pueden mejorar las estimaciones de flujo de gas, mientras que el modelo de regresión exponencial (ER) puede proporcionar las mejores estimaciones que están cerca de los valores verdaderos en comparación con LR. Sin embargo, se demostró que el modelo de regresión cuadrática es inapropiado para mediciones a largo plazo y para aquellos sistemas acuáticos con alta tasa de emisión de gases.

En cuanto a la relación de concentraciones de metano, óxido nitroso y dióxido de carbono con los parámetros físico-químicos resulto que la temperatura y pH tiene cierta incidencia con la concentración de gases esto también se debería reflejado por la cantidad de materia orgánica que se encuentra en la primera laguna anaerobica mientras que el DQO y DBO tuvieron una mínima relación con la emisión de GEI.

(Wei-Kang et al. 2019) señala que los estudios que realizo la medición de GEI en cámaras estáticas de una planta de agua residual industrial las emisiones de CH4 mostraron un fuerte negativo correlación con el contenido de demanda química de oxígeno ya que fue el parámetro

con el cual lo relaciono. Además, muchas veces y demostrada en los estudios que cuando hay un buen sistema de aireación la emisión de GEI son relativamente mínimas y lo que representa en emisión de GEI se debe al funcionamiento de las plantas. El resultado para (Wei-Kang et al. 2019) en su estudio fue que el CO2 representaron el 73.0%, CH4 17.1% y N2O y 9,9%, respectivamente, de todas las emisiones de GEI.

V. CONCLUSIONES

Se determino que las concentraciones de metano, óxido nitroso y dióxido de carbono en las diferentes lagunas de la PTAR Omo tienen relación con algunos parámetros físicos – químicos como la temperatura y pH, a diferencia del DQO y DBO que no presentaron relación en la concentración de los GEI.

Mediante el uso del método de cámaras estáticas, se logró confinar y capturar gases de efecto invernadero (GEI) en las distintas lagunas de tratamiento durante los días de monitoreo (1, 3, 7 y 9). Los resultados mostraron que la laguna anaeróbica presenta una concentración promedio de metano de 2.01 ppm, óxido nitroso de 1.175 ppm y dióxido de carbono de 0.71 ppm, siendo esta laguna la principal emisora de GEI en comparación con las lagunas facultativas y de tratamiento que sus datos de concentración en los diferentes monitoreos están por debajo del límite de detección del equipo.

El monitoreo in situ de los parámetros fisicoquímicos en la PTAR "Omo" utilizando un equipo multiparámetro permitió obtener resultados claves para evaluar el proceso de captura de GEI. La temperatura del agua residual mostró valores que oscilaron entre 19.27 °C y 26.10 °C, con un promedio de 23.34 °C, adecuados para las reacciones bioquímicas en el tratamiento. El pH se mantuvo en un rango de 6,68 a 8,75, con un promedio de 7,6, lo cual indica un nivel adecuado para los procesos de depuración. En cuanto a la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), los valores variaron entre 165 y 870 mg/L para la DQO y entre 50 y 300 mg/L para la DBO, mostrando la variabilidad en la carga orgánica a lo largo del proceso.

Las diferentes lagunas de la PTAR Omo registraron diferentes concentración de GEI debido al diseño, tamaño y sistema de funcionamiento por lo que la concentración de metano, óxido nitroso y dióxido de carbono son altas en la laguna anaeróbica por su carga de materia orgánica, mientras que la laguna facultativa son menores por que el agua residual ya paso por un sistema de sedimentación y remoción, finalmente en la laguna de tratamiento se encuentra más optima y no contienen la misma carga orgánica por lo que la actividad microbiana no será igual que al inicio.

VI. RECOMENDACIONES

- En base a este estudio se recomienda que los monitoreos de GEI en plantas de agua residual se realice de manera continuas para la obtención de una mejor data y lograr una mayor compresión de la variabilidad de concentración de los gases de efecto invernadero.

- De igual modo se recomienda evaluar la técnica de cámara estáticas para la recolección de datos de gases debido a que la superficie son cuerpos de agua en constante movimiento por los factores climáticos como el aire y factores bióticos como las aves que se encuentran en el lugar afecte en la captación de gases.

- Además, se recomienda el uso de nuevas tecnologías y equipos para la detección de GEI debido a que la presente investigación los resultados obtenidos no sobrepasan el límite de detección del equipo de monitoreo por ente el análisis de datos y su evaluación quedan dependientes de otros valores.

- Finalmente, para futuras investigaciones se recomienda evaluarla mayores parámetros físico – químicos de las aguas residuales al igual que otros gases como el ácido sulfhídrico (H_2S) ya que es un gas que también se encuentra en gran proporción en aguas residuales y pueden ser tóxicos para los trabajadores, asi como también poder análisis de medición de gases de efecto invernadero durante los trabajos de batimetría para tener otra data.

VII. REFERENCIAS

Allaire, S. E., Yates, S. R., Ernesto, F. F. & Gan, J. (2002) A dynamic two-dimensional system for measuring volatile organic compound volatilization and movement in soils. *Journal of environmental quality 31,* 1079.

Corominas, L., Flores-Alsina, X., Snip, L., Vanrolleghem, P.A. (2012). Comparison of different modeling approaches to better evaluate greenhouse gas emissions from whole wastewater treatment plants. *Biotechnol. Bioeng.* 109, 2854e2863.

Culi, M. J. L., & Guerrero, L. (2021). TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS POR DIGESTIÓN ANAEROBIA y NITRIFICACIÓN – DESNITRIFICACIÓN. Revista AIDIS De Ingeniería Y Ciencias Ambientales, 14(3), 978. https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.3.75127

De La Mora Orozco, C., Saucedo-Terán, R. A., González-Acuña, I. J., Gómez-Rosales, S., & Flores-López, H. E. (2020). Efecto de la temperatura del agua sobre la constante de velocidad de reacción de los contaminantes en un humedal construido para el tratamiento de aguas residuales porcícolas. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, *11*, 1–17. https://doi.org/10.22319/rmcp.v11s2.4681

Easterbrook, D.J. (2019). Greenhouse Gases termination III. *Science 299 (5613),* 1728 -1731.

Estrada, V., Parodi, E. R., Diaz, M. S. (2009). Addressing the Control Problem of Algae Growth in Water Reservoirs with Advanced Dynamic Optimization Approaches. *Comp. & Chem.* Eng,33, 2063-2074.

Estrada V., Diaz M.S, 2010, Global sensitivity analysis and dynamic parameter estimation in eutrophication models, *Environmental Modelling and Software* 25, 1539-1551.

Gobierno Regional de Moquegua (2015). *Informe técnico de planta de tratamiento de aguas residuales* PTAR OMO.

Hossein N., Maryam M., Homayoon M., Abolghasem A., Ahmad K. (2019) Estimating greenhouse gas emissions from Iran's domestic wastewater sector and modeling the emission scenarios by 2030.

Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. (2013). *Anuario de Estadísticas Ambientales 2013: Cambio climático*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/.

Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Anabe K. (eds). (2006) Intergovernmental Panel on Climate Change: *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas InventoriesProgramme,IGES.http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/. Volume 5: Waste, Chapter 6: Wastewater treatment und discharge.

Méndez, J. P. & Marchán, J. (2008). Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento SUNASS. Lima: R y F Publicaciones y Servicios S.A.C.

Ministerio del Medio Ambiente – MINAM. (2014). *Seguimiento Ambiental de Mercado Automotriz Peruano 2014*. Recuperado de http://docplayer.es/16619558-Seguimiento-ambiental-del-mercado-automotriz-peruano-2014.html.

Nolasco Daniel A. (2010). Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de aguas residuales. Banco Interamericano de

Desarrollo BID. Nota Técnica. División de Agua y Saneamiento (INE/WSA).

Noyola, A., Paredes, M. G., Morgan-Sagastume, J. M., & Güereca, L. P. (2016). Reduction of greenhouse gas emissions from municipal wastewater treatment in Mexico based on technology selection. *Clean Soil Air Water*, 44(9),1091-1098. DOI: 10.1002/clen.201500084

PTAR OMO de EPS Moquegua es la primera planta de tratamiento de aguas residuales peruana en recibir la certificación TSM – Cooperación Suiza en Perú. (n.d.). https://www.cooperacionsuiza.pe/ptar-omo-de-eps-moquegua-es-la-primera-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-peruana-en-recibir-la-certificacion-tsm/

PNUD/PNUMA/Banco Mundial/WRI**.** **(**2000). A guide to world resources 2000-2001: People and ecosystems- The fraying web of life. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Banco Mundial,Instituto de Recursos Mundiales. Washington DC, Instituto de Recursos Mundiales.

Raymond, P.A., Hartmann, J., Lauerwald, R., Sobek, S., McDonald, C., Hoover, M., Butman, D., Striegl, R., Mayorga, E., Humborg, C., Kortelainen, P., Durr, H., Meybeck, M., Ciais, P., Guth, P., 2013. *Global carbon dioxide emissions from inland waters*. Nature 503, 355e359.

Roberto Parra Z., Grover Apaza M., Afnan Agramont A.(2010) Estimación de factores de emisión de gases de efecto invernadero en una planta de tratamiento de aguas residuales.

Singh, V. P., Dass, P., Kaur, K., Billore, S. K., Gupta, P. K. & Parashar, D. C. (2005) Nitrous oxide fluxes in a tropical shallow urban pond under influencing factors. Current science(Bangalore), 88, 478-483.

Yerushalmi, L., Ashrafi, O., Haghighat, F., (2013). Reductions in greenhouse gas (GHG) generation and energy consumption in

wastewater treatment plants.Water Sci. Technol. 67 (5), 1159e1164.

Von Sperling, Marcos, (2007). “Basic Principles of Biological Wastewater Treatment”. IWA Publishing.

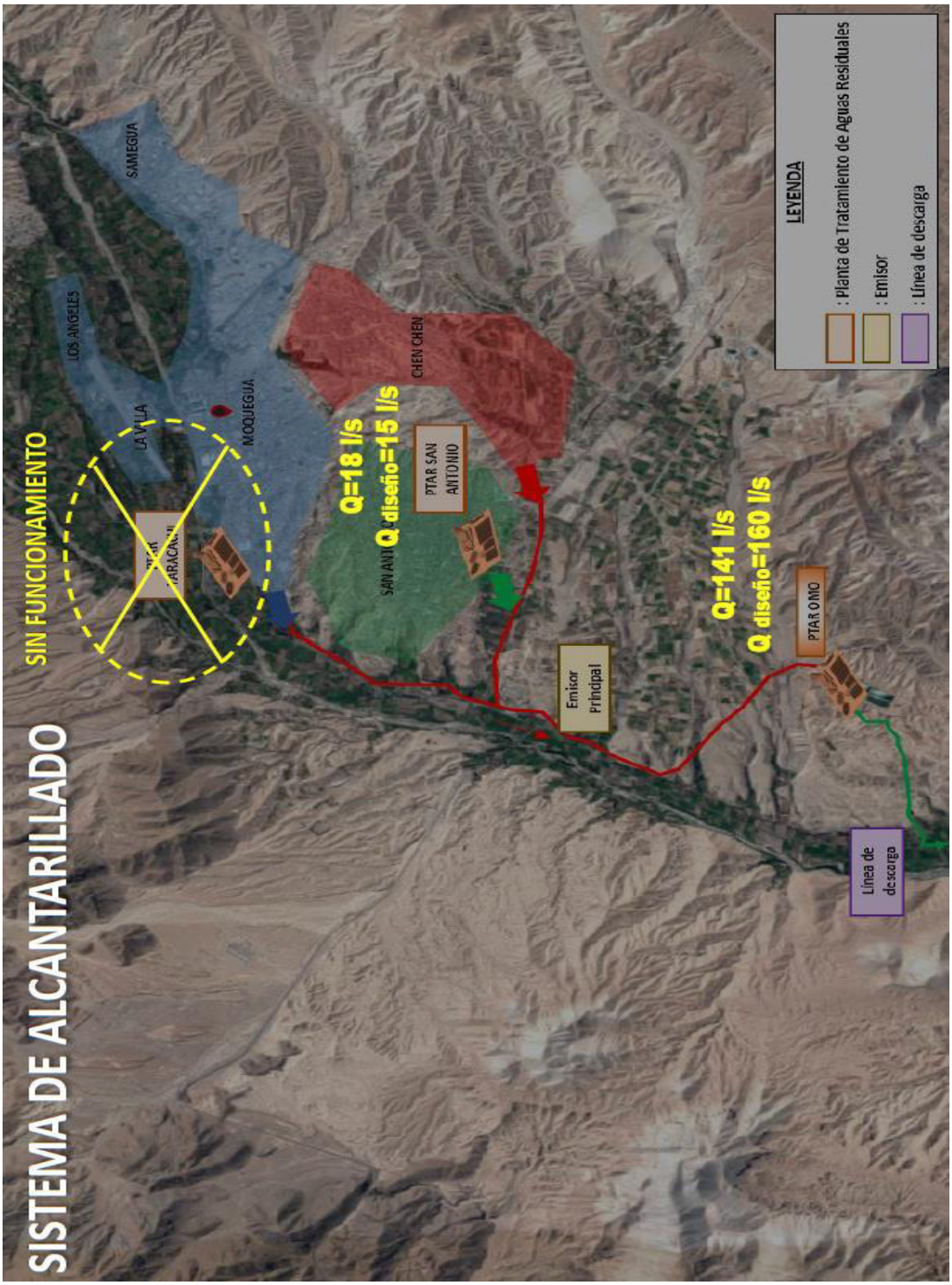
Yufra, R. (2015, 15 de Abril). Aguas Residuales planta de tratamiento de aguas residuales al colapso – Eps Moquegua. *Diario Correo*, p 02.

VIII. ANEXOS

A. ANEXO 1 Red de Sistema de Alcantarillado

Figura 29

Sistema de alcantarillado Moquegua



B. Anexo 2 Resultados Generales de GEI y parámetros físicos químicos

Tabla 21

Resultado general de concentraciones de GEI y parámetros fisico químicos de la PTAR OMO

PTAR	TIEMPO	C°	pH	DQO	DBO	CH_4	N_2O	CO_2
ANAEROBICA	1 día	25.93	7.28	861	312.3	0	0	0
	3 días	25.2	7.01	789	285	1.3	0	0
	7 días	25.53	8.1	824	241	2	1	1
	9 días	25.35	7.61	761	247	2.5	1.6	2
	1 día	21.97	7.68	651	254	1	0	0
	3 días	21.53	7.5	582	221	1.5	1	0
	7 días	22.14	6.68	624	243	3.2	2	1
	9 días	23,8	6.88	722	250	3.5	3	2
	1 día	26.1	6.8	552.0	227.0	1.0	0	0
	3 días	25.9	7	760.0	240.0	2.5	1	0
	7 días	25.8	6..9	821.0	267.0	3.0	1.5	1
	9 días	26	7.0	810.0	210.0	3.6	3	1.5
FACULTATIVA	1 día	24.8	7.76	301	141.1	0	0	0
	3 días	25	8	298	90	0	0	0
	7 días	20.5	7.62	382	82	1	0.5	1
	9 días	20.5	7.8	278	65	1.8	1	1
	1 día	20.3	7.58	259	50.88	0	0	0
	3 días	20.2	7.32	310	80.2	0.2	0	0
	7 días	21	7.4	281	70	2.5	1.5	1
	9 días	24,1	7.5	290	55	3	2	1
	1 día	25.2	7.9	302.0	57.0	1.0	0	0
	3 días	25	7.8	300.0	71.0	1.8	0.5	0
	7 días	25	7	291.0	80.0	2.8	1.8	1
	9 días	25.4	7	304.0	50.2	3	2	1

TRATAMIENTO	1 día	23.73	8.09	307	73.06	0	0	0
	3 días	23.37	8.1	274	37	0	0	0
	7 días	19.27	8.1	281	54	1	1	1
	9 días	19.65	7.93	178	62	1.5	1.2	1
	1 día	19.93	8.75	236	61.34	0	0	0
	3 días	19.97	8.1	250	50	0.2	0	0
	7 días	20.5	8	169	48	0.5	1	1
	9 días	22	7.90	182	32	1.2	1.5	1
	1 día	25	8.6	188.0	24.4	0.0	0	0
	3 días	25	8.2	203.0	22.0	1.5	0	0
	7 días	25.1	8.2	198.0	32.0	1.7	1	0
	9 días	25.1	8.0	265.0	20.0	2,1	1.5	1

Fuente: *Propias del autor*

Tabla 22

Prueba de normalidad de las concentraciones de GEI y parámetros físico- químicos en las tres lagunas

PRUEBA ESTADISTICA DE SHAPIRO WILK				
HIPOTESIS		H_0 la muestra proviene de una población normal		
		H_1: la muestra no proviene de una población normal		
SIGNIFICANCIA		5%=0.05		
Laguna Anaeróbica	GEI	Parámetros	W	p- valor
		Metano	0.949	0.626
		Óxido nitroso	0.878	0.082
		Dióxido de carbono	0.803	0.01
	Parámetros Físico - químicos	Temperatura	0.792	0.08
		pH	0.894	0.134
		DQO	0.832	0.022
		DBO	0.937	0.454
Laguna Facultativa	GEI	Metano	0.871	0.066
		Óxido nitroso	0.811	0.013
		Dióxido de carbono	0.65	<0.001
	Parámetros Físico - químicos	Temperatura	0.747	0.002
		pH	0.929	0.372
		DQO	0.779	0.005
		DBO	0.816	0.014
Laguna de Tratamiento	GEI	Metano	0.87	0.066
		Óxido nitroso	0.768	0.004
		Dióxido de carbono	0.64	0.001
	Parámetros Físico - químicos	Temperatura	0.841	0.028
		pH	0.805	0.011
		DQO	0.919	0.275
		DBO	0.942	0.523

Fuente: *Propia del autor*

C. Anexo 3 Certificado de calibración de multiparámetro

Figura 30:

Certificado de calibración de Multiparámetro



PazLaboratorios

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 053

INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado

Registro N°LC - 053

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PL - FQ190 - 22 - 11

Página 1 de 3

1. **SOLICITANTE** : E&L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.+
2. **DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : Calle Zela 603 A - Yanahuara, Arequipa
3. **DATOS DEL EQUIPO:**

INSTRUMENTO	: Multiparámetro (pHmetro)	**SENSOR DE**	: Potencial de actividad de hidrógeno
MARCA	: WTW	**MARCA**	: WTW
MODELO	: Multi 3630 IDS	**MODELO**	: SenTix 940
SERIE	: 21372140	**SERIE**	: C212931017
IDENTIFICACIÓN	: EL/MUL/28 (*)	**IDENTIFICACIÓN**	: EL/MUL/28 (**)
INTERVALO DE INDICACIÓN	: 0 a 14 unidades de pH (**)	**INTERVALO DE INDICACIÓN**	: 0 a 14 unidades de pH (**)
RESOLUCIÓN	: 0,01 unidades de pH		

4. **LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Laboratorio de Fisicoquímica de Paz Laboratorios S.R.L.
5. **FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2022-11-05
6. **ORDEN DE TRABAJO:** 21292
7. **ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:**

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido de manera completa. Los extractos o modificaciones requerirán la autorización explícita de PAZ LABORATORIOS S.R.L.
Certificado sin la firma digital del jefe de laboratorio carece de validez.

Arequipa, 7 de noviembre de 2022

Signatario autorizado:

PAZ LABORATORIOS S.R.L. Vº Bº METROLOGÍA

CHECYA BUSTINCIO JESUS EDUARDO
PAZ LABORATORIOS S.R.L.
JEFE DE LABORATORIO
j.checya@pazlaboratorios.com
Fecha: 09/11/2022 09:02
Firmado con www.tocapu.pe

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

PL-LM-FOR-90 v00

Oficina: Calle Oscar Benavides Nº 602, Yanahuara - Arequipa
Celular: 953 766 470 | 959 010 230 | 950 780 507
Email: servicioalcliente@pazlaboratorios.com
www.pazlaboratorios.com

PazLaboratorios

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 053

INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado

Registro N°LC - 053

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PL - FQ190 - 22 - 11

8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

Procedimiento "PC-020, Procedimiento para la calibración de medidores de pH" del Instituto Nacional de Calidad, Segunda Edición - Noviembre 2017.

9. PATRONES DE REFERENCIA UTILIZADOS:

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO / MRC	N° CERTIFICADO
Este instrumento es trazable a los patrones de LO JUSTO S.A.C.	Un termómetro digital con incertidumbre de 0,028 °C a 25 °C	**E1883-3382A-2022-1**
Materiales de Referencia Certificado trazables a los patrones de Inorganic Ventures	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 0,018 unidades de pH	**R2-WCS693761**
	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 0,012 unidades de pH	**T2-WCS714153**
	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 0,023 unidades de pH	**P2-WCS684504**

Se utilizo un Baño Termostático con certificado E136-032A-2022-1.

10. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%HR)
Inicial	21,82	53,5
Final	22,19	53,0

Se usó un termohigrómetro con certificado: E410-644A-2022-1

11. OBSERVACIONES:

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo: Procedimiento "PC-020, Procedimiento para la calibración de medidores de pH" y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" del Centro Español de Metrología (CEM), Primera edición - Septiembre 2008.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00391**

(*) Información proporcionada por el cliente.

(**) Información tomada del manual del equipo.

La resolución es la observada durante la calibración

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

Oficina: Calle Oscar Benavides Nº 602, Yanahuara - Arequipa
Celular: 953 766 470 | 959 010 230 | 950 780 507
Email: servicioalcliente@pazlaboratorios.com
www.pazlaboratorios.com

PazLaboratorios

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 053

INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado

Registro N°LC - 053

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PL - FQ190 - 22 - 11

8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

Procedimiento "PC-020, Procedimiento para la calibración de medidores de pH" del Instituto Nacional de Calidad, Segunda Edición - Noviembre 2017.

9. PATRONES DE REFERENCIA UTILIZADOS:

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO / MRC	N° CERTIFICADO
Este instrumento es trazable a los patrones de LO JUSTO S.A.C.	Un termómetro digital con incertidumbre de 0,028 °C a 25 °C	**E1883-3382A-2022-1**
Materiales de Referencia Certificado trazables a los patrones de Inorganic Ventures	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 0,018 unidades de pH	**R2-WCS693761**
	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 0,012 unidades de pH	**T2-WCS714153**
	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 0,023 unidades de pH	**P2-WCS684504**

Se utilizo un Baño Termostático con certificado E136-032A-2022-1.

10. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%HR)
Inicial	21,82	53,5
Final	22,19	53,0

Se usó un termohigrómetro con certificado: E410-644A-2022-1

11. OBSERVACIONES:

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo: Procedimiento "PC-020, Procedimiento para la calibración de medidores de pH" y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" del Centro Español de Metrología (CEM), Primera edición - Septiembre 2008.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00391**

(*) Información proporcionada por el cliente.

(**) Información tomada del manual del equipo.

La resolución es la observada durante la calibración

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

Oficina: Calle Oscar Benavides Nº 602, Yanahuara - Arequipa
Celular: 953 766 470 | 959 010 230 | 950 780 507
Email: servicioalcliente@pazlaboratorios.com
www.pazlaboratorios.com

D. Anexo 4 Panel fotográfico

Figura 31

Laguna Anaeróbica



Fuente: Propia del autor

Figura 32

Laguna secundaria



Fuente: Propia del autor

Figura 33

Instrumento para la medición de GEI y GPS



Fuente: Propia del autor

Figura 34

Preparación de los materiales para el análisis



Fuente: Propia del autor

Figura 35

Multiparámetro para muestreo de agua



Fuente: Propia del autor

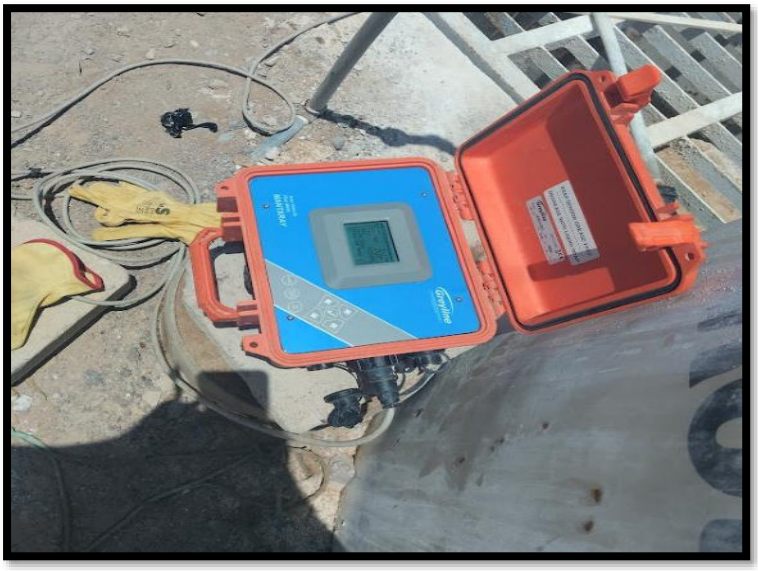
Figura 36

Analizador de GEI



Fuente: Propia del autor

Figura 37
Analizador de campo



Fuente: Propia del autor

Figura 38

Instalación de cámaras estáticas en las lagunas



Fuente: Propia del autor

Figura 39

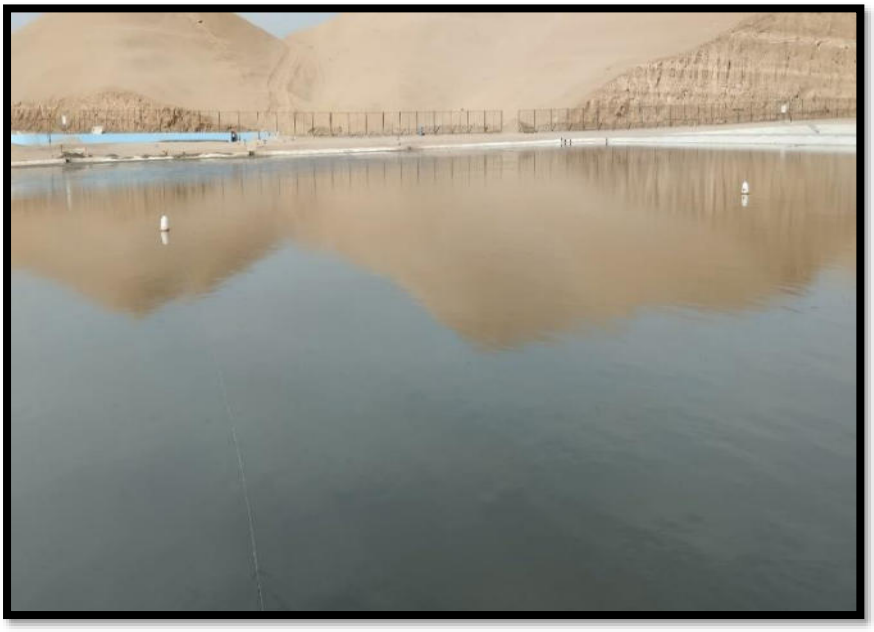
Ubicación de las cámaras estáticas



Fuente: Propia del autor

Figura 40

Ubicación de las cámaras estáticas en las lagunas



Fuente: Propia del autor

Figura 41

Cámara estática en laguna de estabilización



Fuente: Propia del autor

Figura 42

Analizador automático de temperatura y caudal



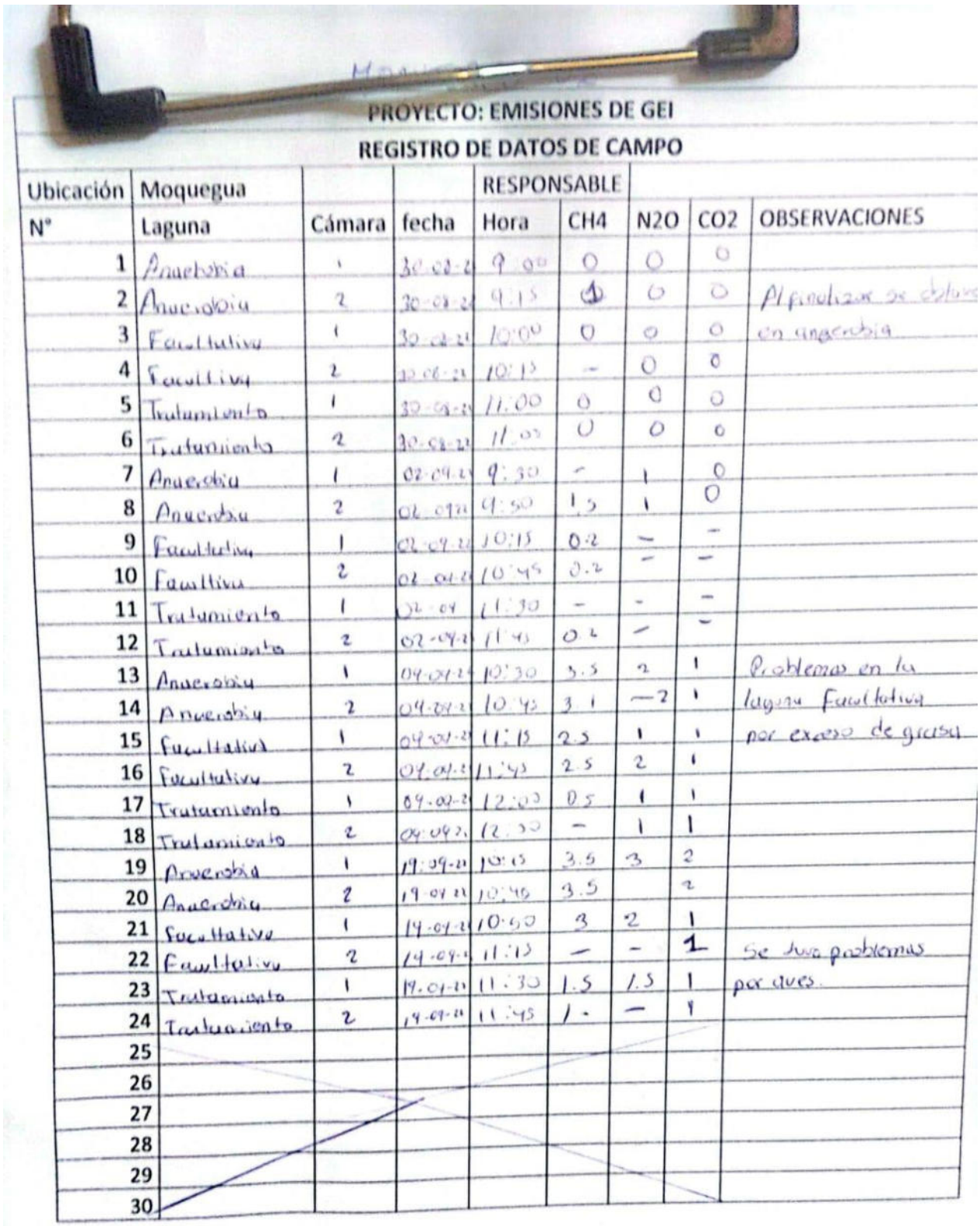
Fuente: Propia del autor

E. Anexo 5 Hoja de Campo

PROYECTO: Relación de parámetros físico químicos con GEI

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

UBICACIÓN	Moquegua		RESPONSABLE		Lourdes Mamani Mamani	
N° MUESTRA	LAGUNA	2022 FECHA	HORA	pH	C°	Observaciones
1	Anaerobia	08-08 (1)	11:30	7.23	2.85	
2	Facultativa	" (1)	12:00	7.36	24.8	
3	Tratamiento	" (1)	12:30	8.1	23.87	algas verdes
4	Anaerobia	11-08 (2)	10:00	7.1	23.7	coloración roja
5	Facultativa	" (3)	10:30	8	23	
6	Tratamiento	" (3)	11:00	8.1	23.3	
7	Anaerobia	18-8 (7)	10:15	8.1	23.03	
8	Facultativa	18-08 (7)	10:45	7.63	20.3	
9	Tratamiento	18-08 (7)	11:15	7.1	19.27	Lagunmento verde
10	Anaerobia	27-08 (9)	10:00	7.61	23.3	
11	Facultativa	" (9)	10:30	7.8	20.3	
12	Tratamiento	" (9)	11:00	7.93	19.63	
13	Anaerobia	30-08 (1)	9:50	7.61	21.97	aspecto rojizo
14	Facultativa	" (1)	10:30	7.38	20.3	
15	Tratamiento	" (1)	11:00	8.78	19.93	
16	Anaerobia	02-09 (3)	9:00	7.5	21.53	grandes cantidad de algas
17	Facultativa	02-09 (3)	10:00	7.32	20.6	
18	Tratamiento	02-09 (3)	10:30	8.1	19.97	
19	Anaerobia	09-09 (7)	10:15	6.68	22.14	
20	Facultativa	" (7)	10:45	7.4	21	Algas gruesas
21	Tratamiento	" (7)	11:20	8	20.3	
22	Anaerobia	19-09 (9)	10:00	6.88	23.9	coloración roja
23	Facultativa	" (9)	10:45	7.3	24.1	
24	Tratamiento	" (9)	11:20	7.9	22	
25	Anaerobia	20-09 (1)	10:15	6.8	26.1	
26	Facultativa	" (1)	10:30	7.9	25.2	
27	Tratamiento	" (1)	11:20	8.6	25	
28	Anaerobia	23-09 (3)	10:00	7	25.9	coloración amarillo
29	Facultativa	23-09 (3)	10:30	7.8	25	
30	Tratamiento	23-09 (3)	11:00	8.2	25	
31	Anaerobia	30-09 (7)	10:10	6.9	2.8	coloración roja oscuro
32	Facultativa	30-09 (7)	10:40	7	25	
33	Tratamiento	30-09 (7)	11:10	8.2	25.1	
34	Anaerobia	10-10 (9)	10:15	7	26	espumoso - coloración roja
35	Facultativa	10-10 (9)	10:45	7	25.4	verde - roja
36	Tratamiento	10-10 (9)	11:13	8.	25.1	gran cantidad de algas

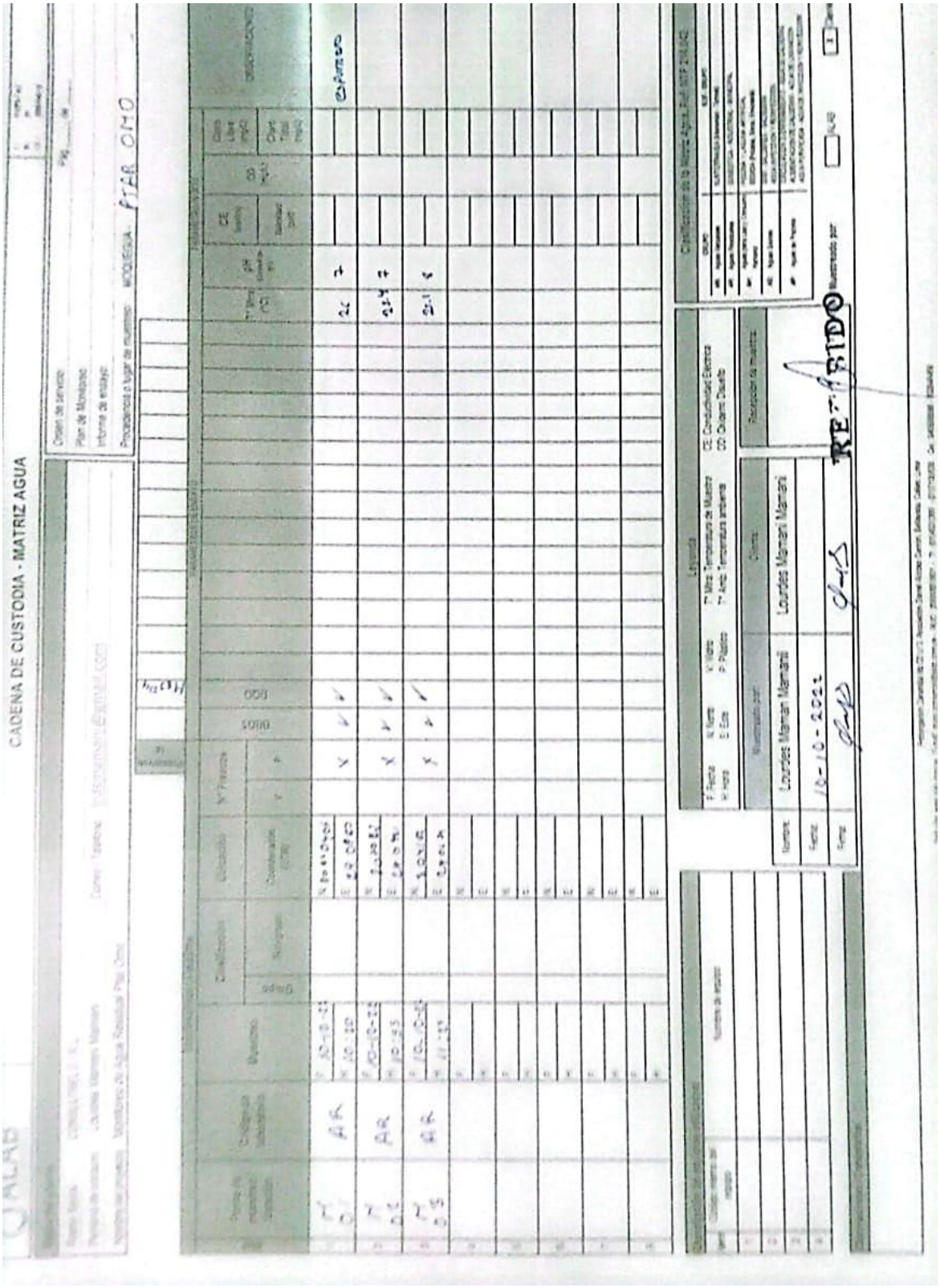


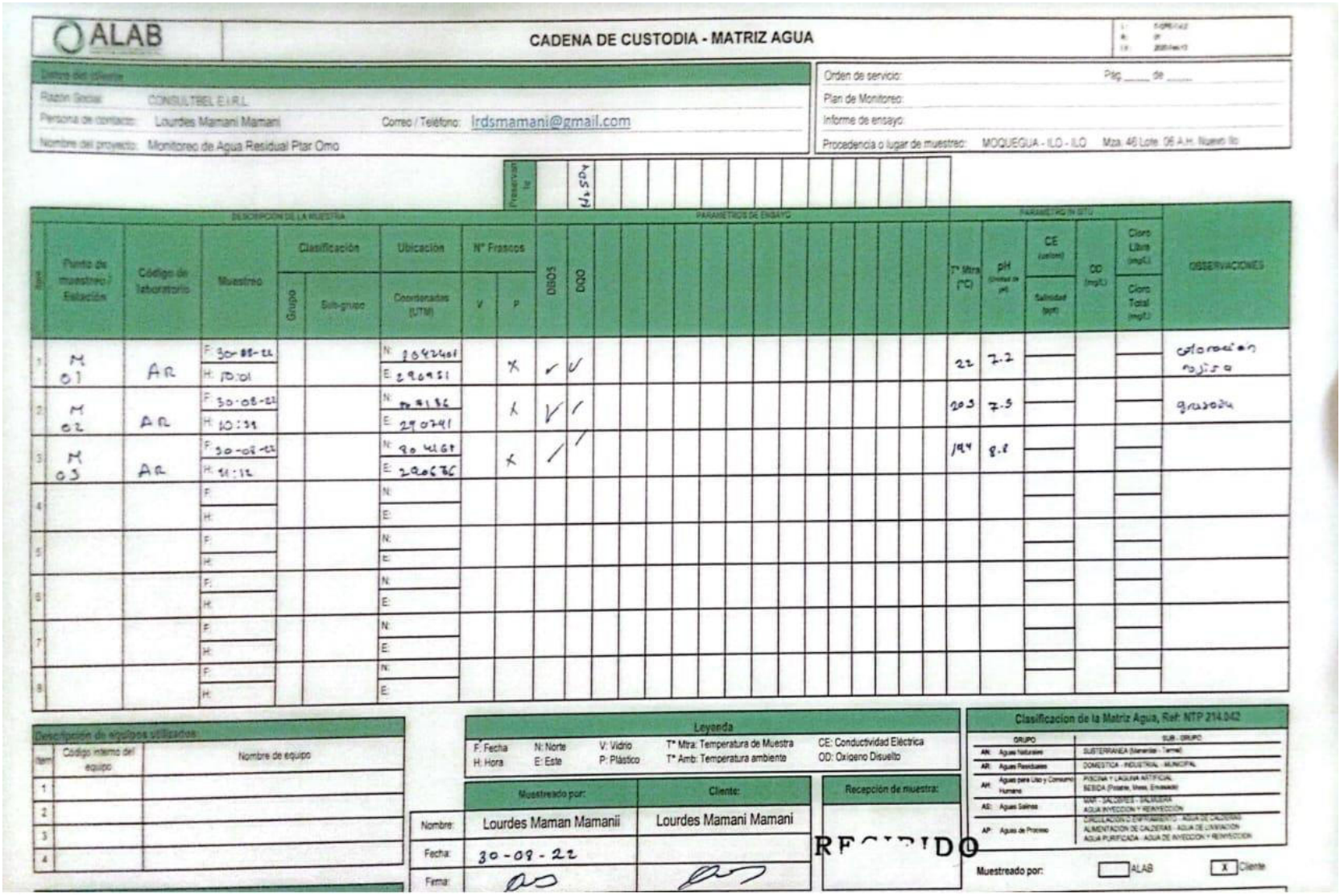
PROYECTO: EMISIONES DE GEI

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Ubicación	Moquegua			RESPONSABLE				
N°	Laguna	Cámara	fecha	Hora	CH4	N2O	CO2	OBSERVACIONES
1	Anaerobia	1	30-08-2	9:00	0	0	0	
2	Anaerobia	2	30-08-21	9:15	1	0	0	Al finalizar se dejan en anaerobia
3	Facultativa	1	30-08-21	10:00	0	0	0	
4	Facultiva	2	30-08-21	10:15	-	0	0	
5	Tratamiento	1	30-08-21	11.00	0	0	0	
6	Tratamiento	2	30-08-21	11.15	0	0	0	
7	Anaerobia	1	02-09-21	9:30	-	1	0	
8	Anaerobia	2	02-09-21	9:50	1.5	1	0	
9	Facultativa	1	02-09-21	10:15	0.2	-	-	
10	Facultiva	2	02-09-21	10:45	0.2	-	-	
11	Tratamiento	1	02-09	11:30	-	-	-	
12	Tratamiento	2	02-09-21	11:45	0.2	-	-	
13	Anaerobia	1	04-09-21	10:30	3.5	2	1	Problemas en la laguna Facultativa por exceso de grasa
14	Anaerobia	2	04-09-21	10:45	3.1	—2	1	
15	Facultativa	1	04-09-21	11:15	2.5	1	1	
16	Facultativa	2	04-09-21	11:45	2.5	2	1	
17	Tratamiento	1	04-09-21	12:00	0.5	1	1	
18	Tratamiento	2	04-09-21	12:30	-	1	1	
19	Anaerobia	1	19-09-21	10:15	3.5	3	2	
20	Anaerobia	2	19-09-21	10:45	3.5		2	
21	Facultativa	1	14-09-21	10:50	3	2	1	
22	Facultativa	2	14-09-21	11:15	-	-	1	Se dan problemas por aves.
23	Tratamiento	1	14-09-21	11:30	1.5	1.5	1	
24	Tratamiento	2	14-09-21	11:45	1	-	1	
25								
26								
27								
28								
29								
30								

F. Anexo 6 Cadena custodia de laboratorio





ALAB

CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

Datos del cliente

Razón Social: CONSULTBEL E.I.R.L.

Persona de contacto: Lourdes Mamani Mamani — Correo / Teléfono: lrdsmamani@gmail.com

Nombre del proyecto: Monitoreo de Agua Residual Ptar Omo

Orden de servicio: — Pág. ____ de ____

Plan de Monitoreo:

Informe de ensayo:

Procedencia o lugar de muestreo: MOQUEGUA - ILO - ILO Mza. 46 Lote. 06 A.H. Nuevo Ilo

Preservante: HNO3

Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación: Grupo	Clasificación: Sub-grupo	Ubicación: Coordenadas (UTM)	Nº Frascos: V	Nº Frascos: P	DBO5	DQO	T° Mtra (°C)	pH (Unidad de pH)	CE (us/cm)	Salinidad (ppt)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)	OBSERVACIONES
1	M 01	AR	F: 30-08-22 H: 10:01			N: 8042401 E: 290951		X	✓	✓	22	7.2						coloracion rojiza
2	M 02	AR	F: 30-08-22 H: 10:39			N: 8041836 E: 290741		X	✓	✓	20.3	7.5						grasoso
3	M 03	AR	F: 30-08-22 H: 11:12			N: 8041691 E: 290676		X	✓	✓	19.4	8.8						
4			F: H:			N: E:												
5			F: H:			N: E:												
6			F: H:			N: E:												
7			F: H:			N: E:												
8			F: H:			N: E:												

Descripción de equipos utilizados

Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

Leyenda

F: Fecha — H: Hora — N: Norte — E: Este — V: Vidrio — P: Plástico — T° Mtra: Temperatura de Muestra — T° Amb: Temperatura ambiente — CE: Conductividad Eléctrica — OD: Oxigeno Disuelto

	Muestreado por:	Cliente:
Nombre:	Lourdes Maman Mamanii	Lourdes Mamani Mamani
Fecha:	30-09-22	
Firma:		

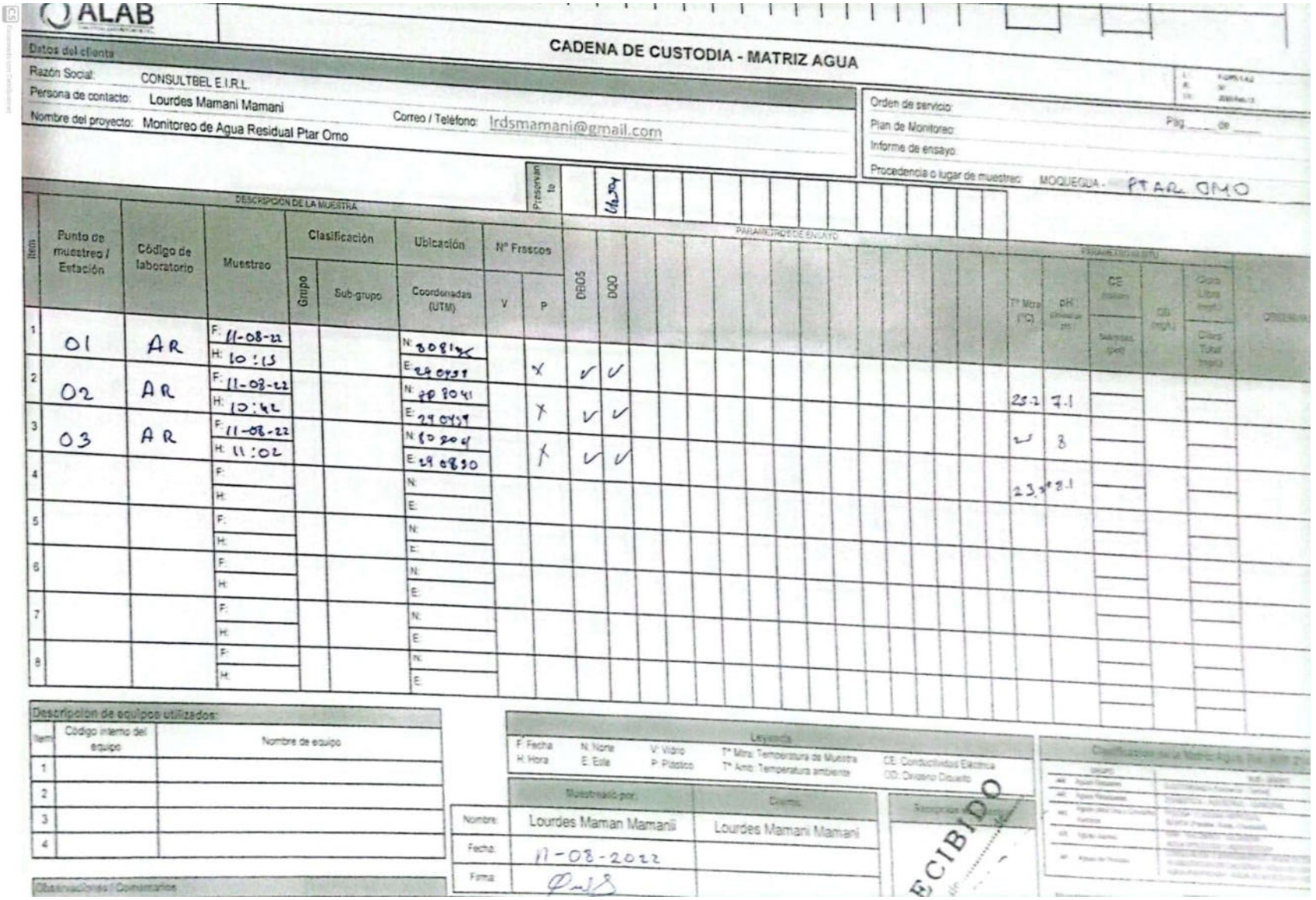
Recepción de muestra:

RECIBIDO

Clasificacion de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042

GRUPO		SUB - GRUPO
AN:	Aguas Naturales	SUBTERRANEA (Manantial - Termal)
AR:	Aguas Residuales	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL
AH:	Aguas para Uso y Consumo Humano	PISCINA Y LAGUNA ARTIFICIAL BEBIDA (Frasco, Vinos, Envasado)
AS:	Aguas Salinas	MAR - SALDERES - SALINERA AGUA INYECCION Y REINYECCION
AP:	Aguas de Proceso	CIRCULACION O ENFRIAMIENTO - AGUA DE CALDERAS ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LIXIVIACION AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION

Muestreado por: [ ] ALAB [X] Cliente



ALAB

CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

Datos del cliente

Razón Social: CONSULTBEL E.I.R.L.

Persona de contacto: Lourdes Mamani Mamani — Correo / Teléfono: lrdsmamani@gmail.com

Nombre del proyecto: Monitoreo de Agua Residual Ptar Omo

Orden de servicio:

Plan de Monitoreo:

Informe de ensayo:

Procedencia o lugar de muestreo: MOQUEGUA - PTAR OMO

Pág. ___ de ___

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Ítem	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación: Grupo	Clasificación: Sub-grupo	Ubicación: Coordenadas (UTM)	Nº Frascos: V	Nº Frascos: P	Preservante	PARÁMETROS DE ENSAYO: DBO5	DQO	T° Mtra (°C)	pH	CE (dS/cm)	Sólidos (ppt)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)	OBSERVACIONES
1	01	AR	F: 11-08-22 H: 10:15			N: 8081x E: 290959		x		✓	✓							
2	02	AR	F: 11-08-22 H: 10:42			N: 8080 41 E: 290939		x		✓	✓	25.7	7.1					
3	03	AR	F: 11-08-22 H: 11:02			N: 8080 4 E: 290830		x		✓	✓	✓	8					
4			F: H:			N: E:						23.9	8.1					
5			F: H:			N: E:												
6			F: H:			N: E:												
7			F: H:			N: E:												
8			F: H:			N: E:												

Descripción de equipos utilizados:

Ítem	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

Observaciones / Comentarios

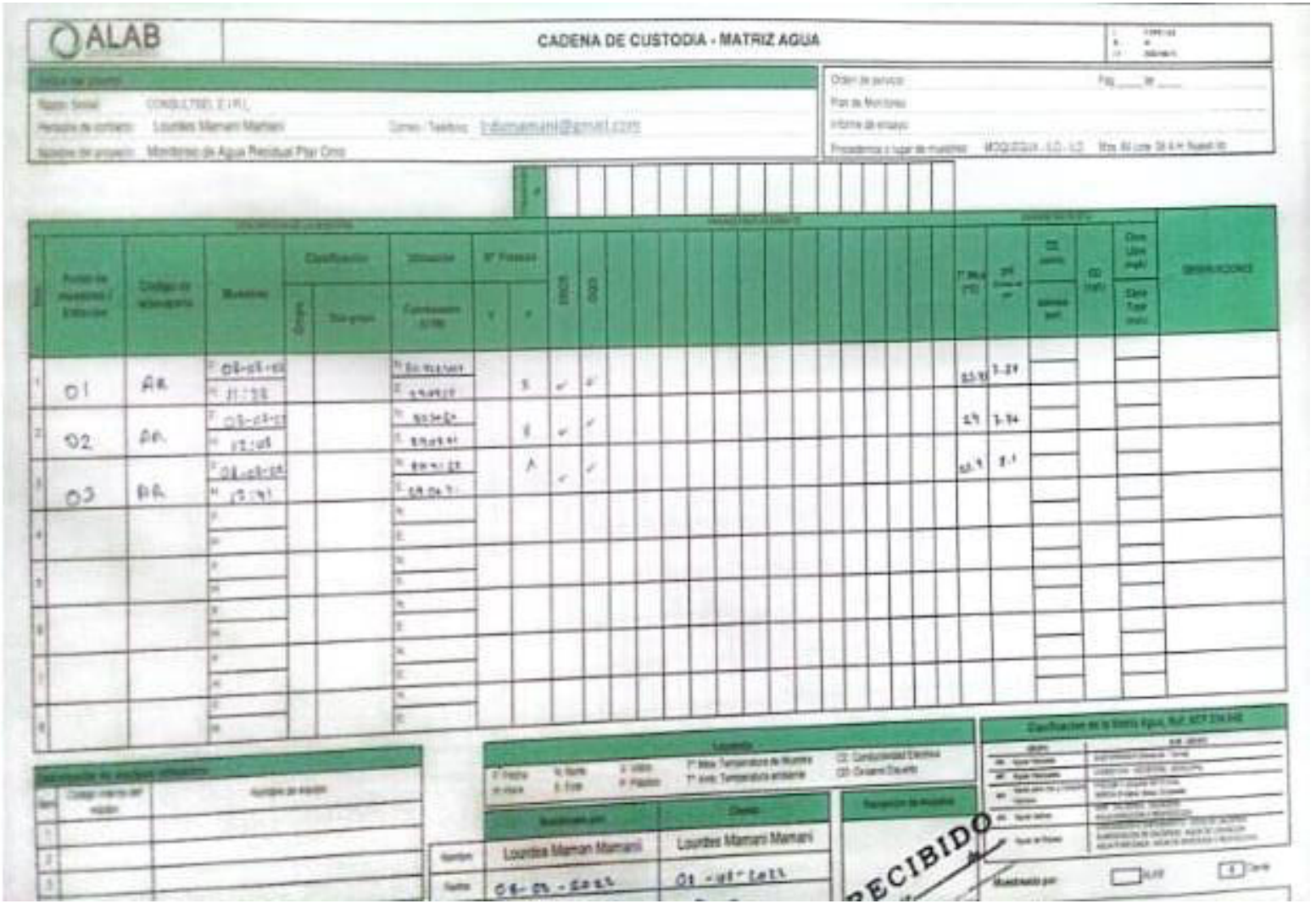
Leyenda

F: Fecha — N: Norte — V: Vidrio — T° Mtra: Temperatura de Muestra — CE: Conductividad Eléctrica
H: Hora — E: Este — P: Plástico — T° Amb: Temperatura ambiente — OD: Oxígeno Disuelto

	Muestreado por:	Diseño:	Recepción de Muestra
Nombre:	Lourdes Maman Mamanii	Lourdes Mamani Mamani	RECIBIDO
Fecha:	11-08-2022		
Firma:			

Clasificación de la Matriz Agua (Ref. D.S. N° 2...)

GRUPO	SUB-GRUPO
1A	Aguas Superficiales
1B	Aguas Subterráneas
2A	Aguas Marino Costeras
2B	Aguas Marino Costeras
3	Aguas para Riego
4A	Aguas para Bebida de Animales
4B	Aguas para Bebida de Animales
4C	Aguas para Bebida de Animales


ALAB
CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA
Loaiciga Mamani Mamani
Monitoreo de Agua Residual Pipi Orco
01
02
03
RECIBIDO

G. Anexo 7 Permiso de entrada a la Ptar Omo

EPS MOQUEGUA S.A.

Agua Moquegua

NOTIFICACION DE INGRESO DE PERSONAL

GERENCIA DE OPERACIONES

ING. VICTOR RAUL CALLUARI MAMANI

A: GARITA DE CONTROL

Que mediante el documento presentado a la EPS MOQUEGUA al área de operaciones para el permiso de ingreso a la planta de tratamiento de agua residual – Omo por la tesista Lourdes Mamani Mamani con DNI 74621409 de la Universidad Nacional de Moquegua se le da el acceso a la planta de tratamiento de agua residual Omo con el único fin de desarrollar su tesis denominado "RELACION DE LOS PARÁMETROS FISICO - QUIMICOS DEL AGUA RESIDUAL Y LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (METANO (CH4), OXIDO NITROSO (N2O) y DIOXIDO DE CARBONO (CO2)) DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "OMO", PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, REGION MOQUEGUA" el cual solo será desarrollado con el único fin de investigación y recaudar información facilite el ingreso a garita de control.

MOQUEGUA, 15 DE JULIO DEL 2022

E.P.S. MOQUEGUA GERENCIA OPERACIONES S.A.

H. Anexo 8 Método de análisis según EPA

While we have taken steps to ensure the accuracy of this Internet version of the document, it is not the official version. The most recent edits to this method were published here: https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2016-08-30/pdf/2016-19642.pdf. To see a complete version including any recent edits, visit: https://www.ecfr.gov/cgi-bin/ECFR?page=browse and search under Title 40, Protection of Environment.

METHOD 3C—DETERMINATION OF CARBON DIOXIDE, METHANE, NITROGEN, AND OXYGEN FROM STATIONARY SOURCES

1. Applicability and Principle

1.1 Applicability. This method applies to the analysis of carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), nitrogen (N_2), and oxygen (O_2) in samples from municipal solid waste landfills and other sources when specified in an applicable subpart.

1.2 Principle. A portion of the sample is injected into a gas chromatograph (GC) and the CO_2, CH_4, N_2, and O_2 concentrations are determined by using a thermal conductivity detector (TCD) and integrator.

2. Range and Sensitivity

2.1 Range. The range of this method depends upon the concentration of samples. The analytical range of TCD's is generally between approximately 10 ppmv and the upper percent range.

2.2 Sensitivity. The sensitivity limit for a compound is defined as the minimum detectable concentration of that compound, or the concentration that produces a signal-to-noise ratio of three to one. For CO_2, CH_4, N_2, and O_2, the sensitivity limit is in the low ppmv range.

3. Interferences

Since the TCD exhibits universal response and detects all gas components except the carrier, interferences may occur. Choosing the appropriate GC or shifting the retention times by changing the column flow rate may help to eliminate resolution interferences.

To assure consistent detector response, helium is used to prepare calibration gases. Frequent exposure to samples or carrier gas containing oxygen may gradually destroy filaments.

4. Apparatus

4.1 Gas Chromatograph. GC having at least the following components:

4.1.1 Separation Column. Appropriate column(s) to resolve CO_2, CH_4, N_2, O_2, and other gas components that may be present in the sample.

4.1.2 Sample Loop. Teflon or stainless steel tubing of the appropriate diameter.

NOTE: Mention of trade names or specific products does not constitute endorsement or recommendation by the U. S. Environmental Protection Agency.

4.1.3 Conditioning System. To maintain the column and sample loop at constant temperature.

4.1.4 Thermal Conductivity Detector.

4.2 Recorder. Recorder with linear strip chart. Electronic integrator (optional) is recommended.

4.3 Teflon Tubing. Diameter and length determined by connection requirements of cylinder regulators and the GC.

4.4 Regulators. To control gas cylinder pressures and flow rates.

4.5 Adsorption Tubes. Applicable traps to remove any O_2 from the carrier gas.

5. Reagents

5.1 Calibration and Linearity Gases. Standard cylinder gas mixtures for each compound of interest with at least three concentration levels spanning the range of suspected sample concentrations. The calibration gases shall be prepared in helium.

5.2 Carrier Gas. Helium, high-purity.

6. Analysis

6.1 Sample Collection. Use the sample collection procedures described in Methods 3 or 25C to collect a sample of landfill gas (LFG).

6.2 Preparation of GC. Before putting the GC analyzer into routine operation, optimize the operational conditions according to the manufacturer's specifications to provide good resolution and minimum analysis time. Establish the appropriate carrier gas flow and set the detector sample and reference cell flow rates at exactly the same levels. Adjust the column and detector temperatures to the recommended levels. Allow sufficient time for temperature stabilization. This may typically require 1 hour for each change in temperature.

6.3 Analyzer Linearity Check and Calibration. Perform this test before sample analysis.

6.3.1 Using the gas mixtures in section 5.1, verify the detector linearity over the range of suspected sample concentrations with at least three concentrations per compound of interest. This initial check may also serve as the initial instrument calibration.

6.3.2 You may extend the use of the analyzer calibration by performing a single-point calibration verification. Calibration verifications shall be performed by triplicate injections of a single-point standard gas. The concentration of the single-point calibration must either be at the midpoint of

the calibration curve or at approximately the source emission concentration measured during operation of the analyzer.

6.3.3 Triplicate injections must agree within 5 percent of their mean, and the average calibration verification point must agree within 10 percent of the initial calibration response factor. If these calibration verification criteria are not met, the initial calibration described in section 6.3.1, using at least three concentrations, must be repeated before analysis of samples can continue.

6.3.4 For each instrument calibration, record the carrier and detector flow rates, detector filament and block temperatures, attenuation factor, injection time, chart speed, sample loop volume, and component concentrations.

6.3.5 Plot a linear regression of the standard concentrations versus area values to obtain the response factor of each compound. Alternatively, response factors of uncorrected component concentrations (wet basis) may be generated using instrumental integration.

NOTE: Peak height may be used instead of peak area throughout this method.

6.4 Sample Analysis. Purge the sample loop with sample, and allow to come to atmospheric pressure before each injection. Analyze each sample in duplicate, and calculate the average sample area (A). The results are acceptable when the peak areas for two consecutive injections agree within 5 percent of their average. If they do not agree, run additional samples until consistent area data are obtained. Determine the tank sample concentrations according to section 7.2.

7. Calculations

Carry out calculations retaining at least one extra decimal figure beyond that of the acquired data. Round off results only after the final calculation.

7.1 Nomenclature.

B_w = Moisture content in the sample, fraction.

C_{N2} = Measured N_2 concentration (by Method 3C), fraction.

C_{N2Corr} = Measured N_2 concentration corrected only for dilution, fraction.

C_t = Calculated NMOC concentration, ppmv C equivalent.

C_{tm} = Measured NMOC concentration, ppmv C equivalent.

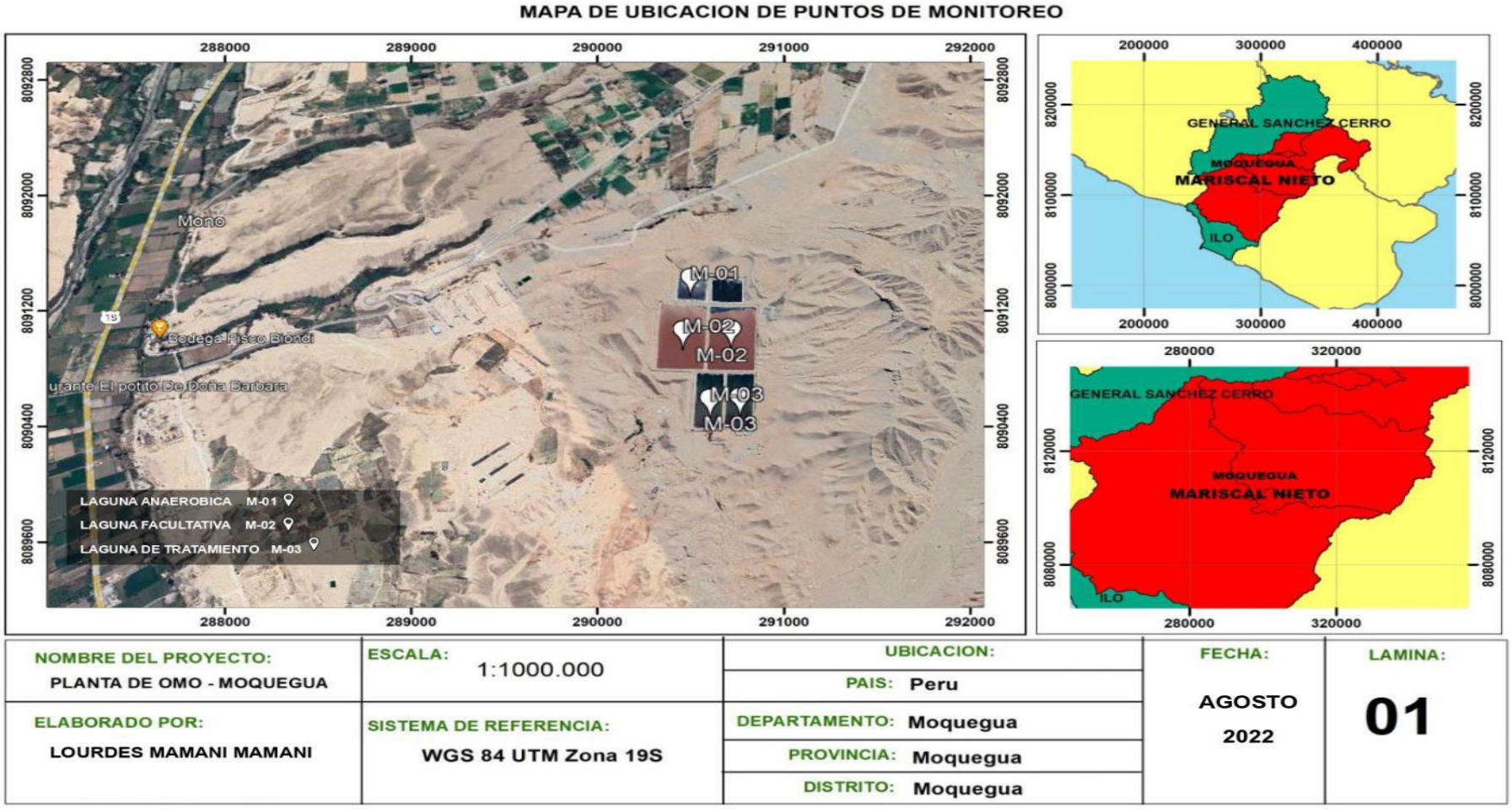
P_b = Barometric pressure, mm Hg.

P_t = Gas sample tank pressure after sampling, but before pressurizing, mm Hg absolute.

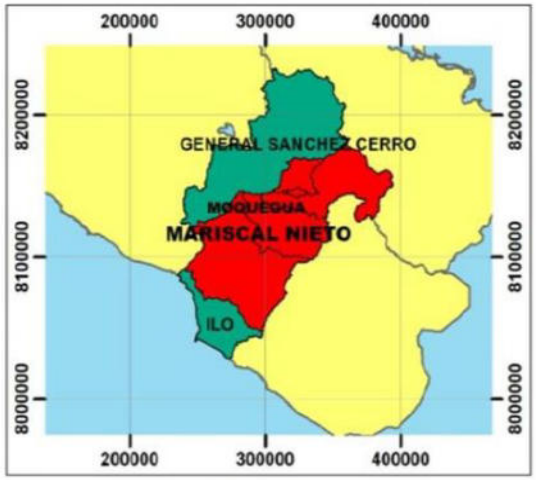
P_{tf} = Final gas sample tank pressure after pressurizing, mm Hg absolute.

P_{ti} = Gas sample tank pressure after evacuation, mm Hg absolute.

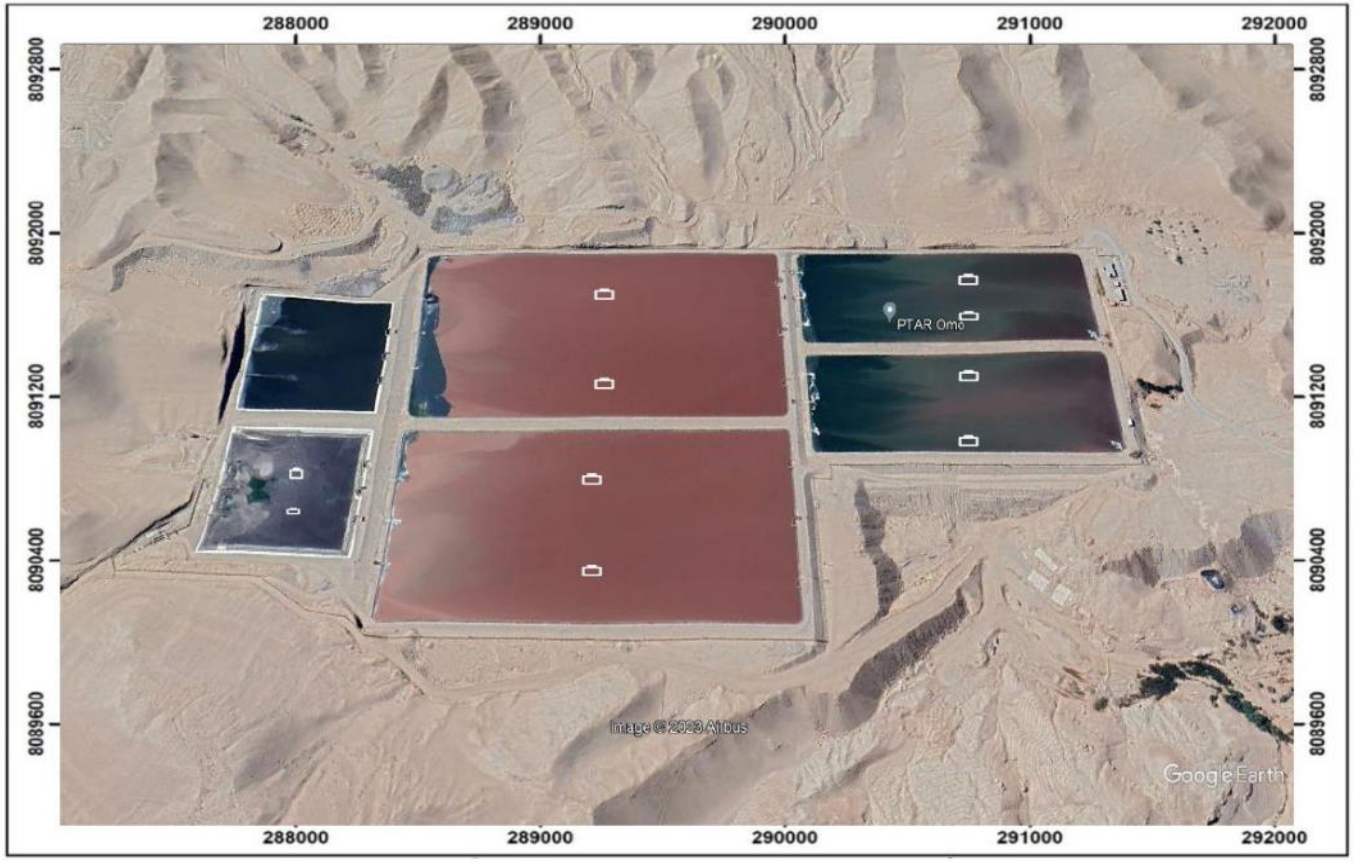
I. Anexo 9 Ubicación de la PTAR Omo



UBICACIÓN DE LAS CAMARAS ESTICAS







NOMBRE DEL PROYECTO: PLANTA DE OMO - MOQUEGUA	ESCALA: 1:1000.000	UBICACION: PAIS: Peru	FECHA: AGOSTO 2022	LAMINA: 02
ELABORADO POR: LOURDES MAMANI MAMANI	SISTEMA DE REFERENCIA: WGS 84 UTM Zona 19S	DEPARTAMENTO: Moquegua PROVINCIA: Moquegua DISTRITO: Moquegua		

J. Anexo 10 Resultado de Laboratorio

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE - 096

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N° LE - 096

IAS ACCREDITED Testing Laboratory
IAS TL-1007

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-8973

Nº Id.: 0000052638

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: CONSULTBEL E.I.R.L.
2.-DIRECCIÓN	: MZA. 83 LOTE. 1 A.H. LOS ANGELES (P. INALAMBRICA) MOQUEGUA - ILO - ILO
3.-PROYECTO	: PROYECTO DE INVESTIGACION PTAR OMO
4.-PROCEDENCIA	: MOQUEGUA- MARISCAL NIETO - PTAR OMO
5.-SOLICITANTE	: LOURDES MAMANI
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-22-2638
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: P-OPE-1 MUESTREO
8.-MUESTREADO POR	: LOURDES MAMANI MAMANI
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2022-02-09

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2-NÚMERO DE MUESTRAS	3
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 27-08-2022
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2022 08-29 al 2022-01-09

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE - 096

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N° LE - 096

IAS ACCREDITED Testing Laboratory
IAS TL-1007

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-8973

Nº Id.: 0000052638

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Nitrógeno Amoniacal (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D, 23 rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
pH [2] [c]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23 rd Ed. 2017	pH Value Electrometric Method
Temperatura [2] [c]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B. 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods
Aceites y Grasas (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Sólidos Sedimentables (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 23 rd Ed. 2017	Solids. Settleable Solids
Demanda Química de Oxígeno (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sulfuro (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2- D, 23 rd Ed. 2017	Sulfide. Methylene Blue Method.
Caudal [2] [c]	MVAL-OPE-04 48 / 5000	Translation results- Flow Determination - Volumetric Method.

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

[2] Ensayo acreditado por el IAS

[c] Ensayo realizado en campo (medido in situ)

ALAB ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE - 096

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 096

IAS ACCREDITED Testing Laboratory IAS TL-1007

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-8973

Nº Id.: 0000052638

IV. RESULTADOS

ITEM				1
			CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-22-27689
			CÓDIGO DEL CLIENTE:	END-01
			COORDENADAS:	E: 290895
			UTM WGS 84:	N: 8092064
			PRODUCTO:	Agua Residual
			SUB PRODUCTO:	Agua Residual Industrial
			INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	I-OPE-1.5 MUESTREO DE AGUA RESIDUAL
			FECHA y HORA DE MUESTREO :	27-08-2022 10:05
ENSAYO	**UNIDAD**	**L.D.M.**	**L.C.M.**	**RESULTADOS**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	247
Nitrógeno Amoniacal (*)	mg/L	0,005	0,010	-
pH ²	Unidad de pH	NA	0,01	8,01
Caudal ²	m3/S	0,01	0,01	<0,01
Temperatura ²	(°C)	NA	0,1	20,9
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,30	0,50	-
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	-
Sólidos Sedimentables (*)	mL/L/h	NA	0,1	-
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	761
Sulfuro (*)	mg/L	0,001	0,002	0,002

ITEM				2
			CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-22-27689
			CÓDIGO DEL CLIENTE:	END-01
			COORDENADAS:	E:288612
			UTM WGS 84:	N: 8091112
			PRODUCTO:	Agua Residual
			SUB PRODUCTO:	Agua Residual Industrial
			INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	I-OPE-1.5 MUESTREO DE AGUA RESIDUAL
			FECHA y HORA DE MUESTREO :	27-08-2022 10:05
ENSAYO	**UNIDAD**	**L.D.M.**	**L.C.M.**	**RESULTADOS**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	247
Nitrógeno Amoniacal (*)	mg/L	0,005	0,010	-
pH ²	Unidad de pH	NA	0,01	8,01
Caudal ²	m3/S	0,01	0,01	<0,01
Temperatura ²	(°C)	NA	0,1	20,9
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,30	0,50	-
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	-
Sólidos Sedimentables (*)	mL/L/h	NA	0,1	-
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	65
Sulfuro (*)	mg/L	0,001	0,002	0,002

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE - 096

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 096

IAS ACCREDITED Testing Laboratory IAS TL-1007

ITEM				3
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-27689
CÓDIGO DEL CLIENTE:				END-01
COORDENADAS:				E: 289511
UTM WGS 84:				N: 8090197
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				I-OPE-1.5 MUESTREO DE AGUA RESIDUAL
FECHA y HORA DE MUESTREO :				27-08-2022 10:05
ENSAYO	**UNIDAD**	**L.D.M.**	**L.C.M.**	**RESULTADOS**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	241,2
Nitrógeno Amoniacal (*)	mg/L	0,005	0,010	-
pH [2]	Unidad de pH	NA	0,01	8,01
Caudal [2]	m3/S	0,01	0,01	<0,01
Temperatura [2]	(°C)	NA	0,1	20,9
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,30	0,50	-
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	-
Sólidos Sedimentables (*)	mL/L/h	NA	0,1	-
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	62
Sulfuro (*)	mg/L	0,001	0,002	0,002

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

[2] Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

"FIN DE DOCUMENTO"

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE - 096

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 096

IAS ACCREDITED Testing Laboratory IAS TL-1007

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-9102

Nº Id.: 0000053646

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: CONSULTBEL E.I.R.L.
2.-DIRECCIÓN	: MZA. 83 LOTE. 1 A.H. LOS ANGELES (P. INALAMBRICA) MOQUEGUA - ILO - ILO
3.-PROYECTO	: PROYECTO DE INVESTIGACION PTAR OMO
4.-PROCEDENCIA	: MOQUEGUA- MARISCAL NIETO - PTAR OMO
5.-SOLICITANTE	: LOURDES MAMANI
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-22-3646
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: P-OPE-1 MUESTREO
8.-MUESTREADO POR	: LOURDES MAMANI MAMANI
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2022-09-25

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2-NÚMERO DE MUESTRAS	1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 20-09-2022
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2022 09-20 al 2022-09-25

ALAB ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-9102

Nº Id.: 0000053646

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Nitrógeno Amoniacal (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D, 23 rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
pH 2 (c)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23 rd Ed. 2017	pH Value Electrometric Method
Temperatura 2 (c)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B. 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods
Aceites y Grasas (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Sólidos Sedimentables (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 23 rd Ed. 2017	Solids. Settleable Solids
Demanda Química de Oxígeno (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sulfuro (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2- D, 23 rd Ed. 2017	Sulfide. Methylene Blue Method.
Caudal 2 (c)	MVAL-OPE-04 48 / 5000	Translation results- Flow Determination - Volumetric Method.

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

2 Ensayo acreditado por el IAS

c Ensayo realizado en campo (medido in situ)

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE - 096

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N° LE - 096

IAS ACCREDITED Testing Laboratory
IAS TL-1007

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-9102

Nº Id.: 0000053646

IV. RESULTADOS

ITEM				1
		CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-22-27689
		CÓDIGO DEL CLIENTE:		END-01
		COORDENADAS:		E: 290895
		UTM WGS 84:		N: 8092064
		PRODUCTO:		Agua Residual
		SUB PRODUCTO:		Agua Residual Industrial
		INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		I-OPE-1.5 MUESTREO DE AGUA RESIDUAL
		FECHA y HORA DE MUESTREO :		19-09-2022 10:08
ENSAYO	**UNIDAD**	**L.D.M.**	**L.C.M.**	**RESULTADOS**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	250
Nitrógeno Amoniacal (*)	mg/L	0,005	0,010	-
pH ²	Unidad de pH	NA	0,01	6.88
Caudal ²	m3/S	0,01	0,01	<0,01
Temperatura ²	(°C)	NA	0,1	23
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,30	0,50	-
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	-
Sólidos Sedimentables (*)	mL/L/h	NA	0,1	-
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	722
Sulfuro (*)	mg/L	0,001	0,002	0,002

ITEM				2
		CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-22-27689
		CÓDIGO DEL CLIENTE:		END-01
		COORDENADAS:		E:288612
		UTM WGS 84:		N: 8091112
		PRODUCTO:		Agua Residual
		SUB PRODUCTO:		Agua Residual Industrial
		INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		I-OPE-1.5 MUESTREO DE AGUA RESIDUAL
		FECHA y HORA DE MUESTREO :		19-09-2022 10:38
ENSAYO	**UNIDAD**	**L.D.M.**	**L.C.M.**	**RESULTADOS**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	55
Nitrógeno Amoniacal (*)	mg/L	0,005	0,010	-
pH ²	Unidad de pH	NA	0,01	7
Caudal ²	m3/S	0,01	0,01	<0,01
Temperatura ²	(°C)	NA	0,1	25
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,30	0,50	-
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	-
Sólidos Sedimentables (*)	mL/L/h	NA	0,1	-
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	290
Sulfuro (*)	mg/L	0,001	0,002	0,002

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE - 096

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N° LE - 096

IAS ACCREDITED Testing Laboratory
IAS TL-1007

ITEM	3
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-22-27689
CÓDIGO DEL CLIENTE:	END-01
COORDENADAS:	E: 289511
UTM WGS 84:	N: 8090197
PRODUCTO:	Agua Residual
SUB PRODUCTO:	Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	I-OPE-1.5 MUESTREO DE AGUA RESIDUAL
FECHA y HORA DE MUESTREO :	19-09-2022 10:48

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	32
Nitrógeno Amoniacal (*)	mg/L	0,005	0,010	-
pH [2]	Unidad de pH	NA	0,01	7.9
Caudal [2]	m3/S	0,01	0,01	<0,01
Temperatura [2]	(°C)	NA	0,1	22
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,30	0,50	-
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	-
Sólidos Sedimentables (*)	mL/L/h	NA	0,1	-
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	182
Sulfuro (*)	mg/L	0,001	0,002	0,002

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

[2] Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

"FIN DE DOCUMENTO"

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE - 096

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N° LE - 096

IAS ACCREDITED Testing Laboratory
IAS TL-1007

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-9687

Nº Id.: 0000052904

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: CONSULTBEL E.I.R.L.
2.-DIRECCIÓN	: MZA. 83 LOTE. 1 A.H. LOS ANGELES (P. INALAMBRICA) MOQUEGUA - ILO - ILO
3.-PROYECTO	: PROYECTO DE INVESTIGACION PTAR OMO
4.-PROCEDENCIA	: MOQUEGUA- MARISCAL NIETO - PTAR OMO
5.-SOLICITANTE	: LOURDES MAMANI
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-22-3564
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: P-OPE-1 MUESTREO
8.-MUESTREADO POR	: LOURDES MAMANI MAMANI
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 15-10-2022

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2-NÚMERO DE MUESTRAS	3
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 11-10-2022
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 12-10-2022 al 15-10-2022

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-9687

Nº Id.: 0000052904

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Nitrógeno Amoniacal (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D, 23 rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
pH [2] [c]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23 rd Ed. 2017	pH Value Electrometric Method
Temperatura [2] [c]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B. 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods
Aceites y Grasas (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Sólidos Sedimentables (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 23 rd Ed. 2017	Solids. Settleable Solids
Demanda Química de Oxígeno (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sulfuro (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2- D, 23 rd Ed. 2017	Sulfide. Methylene Blue Method.
Caudal [2] [c]	MVAL-OPE-04 48 / 5000	Translation results- Flow Determination - Volumetric Method.

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

[2] Ensayo acreditado por el IAS

[c] Ensayo realizado en campo (medido in situ)

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE - 096

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N° LE - 096

IAS ACCREDITED Testing Laboratory
IAS TL-1007

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-9687

Nº Id.: 0000052904

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-52904
CÓDIGO DEL CLIENTE:				END-01
COORDENADAS:				E: 290895
UTM WGS 84:				N: 8092064
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				I-OPE-1.5 MUESTREO DE AGUA RESIDUAL
FECHA y HORA DE MUESTREO :				10-10-2022 10:25
ENSAYO	**UNIDAD**	**L.D.M.**	**L.C.M.**	**RESULTADOS**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	210
Nitrógeno Amoniacal (*)	mg/L	0,005	0,010	-
pH ²	Unidad de pH	NA	0,01	7
Caudal ²	m3/S	0,01	0,01	<0,01
Temperatura ²	(°C)	NA	0,1	20
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,30	0,50	-
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	-
Sólidos Sedimentables (*)	mL/L/h	NA	0,1	-
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	810
Sulfuro (*)	mg/L	0,001	0,002	0,002

ITEM				2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-52904
CÓDIGO DEL CLIENTE:				END-01
COORDENADAS:				E:288612
UTM WGS 84:				N: 8091112
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				I-OPE-1.5 MUESTREO DE AGUA RESIDUAL
FECHA y HORA DE MUESTREO :				10-10-2022 11:05
ENSAYO	**UNIDAD**	**L.D.M.**	**L.C.M.**	**RESULTADOS**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	50
Nitrógeno Amoniacal (*)	mg/L	0,005	0,010	-
pH ²	Unidad de pH	NA	0,01	7
Caudal ²	m3/S	0,01	0,01	<0,01
Temperatura ²	(°C)	NA	0,1	20
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,30	0,50	-
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	-
Sólidos Sedimentables (*)	mL/L/h	NA	0,1	-
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	304
Sulfuro (*)	mg/L	0,001	0,002	0,002

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE - 096

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 096

IAS ACCREDITED Testing Laboratory

IAS TL-1007

ITEM	3
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-22-52904
CÓDIGO DEL CLIENTE:	END-01
COORDENADAS:	E: 289511
UTM WGS 84:	N: 8090197
PRODUCTO:	Agua Residual
SUB PRODUCTO:	Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	I-OPE-1.5 MUESTREO DE AGUA RESIDUAL
FECHA y HORA DE MUESTREO :	10-10-2022 11:42

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	20
Nitrógeno Amoniacal (*)	mg/L	0,005	0,010	-
pH ²	Unidad de pH	NA	0,01	8
Caudal ²	m3/S	0,01	0,01	<0,01
Temperatura ²	(°C)	NA	0,1	20
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,30	0,50	-
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	-
Sólidos Sedimentables (*)	mL/L/h	NA	0,1	-
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	265
Sulfuro (*)	mg/L	0,001	0,002	0,002

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

"FIN DE DOCUMENTO"

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS CON REGISTRO TL - 829

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 047

INFORME DE ENSAYO Nº 165962-2022
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Matriz analizada	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de muestreo	2022-09-20	2022-09-20	2022-09-20	2022-09-20
Hora de inicio de muestreo (h)	12:40	13:05	12:50	13:30
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente	Ingreso PTAR OMO	Salida PTAR OMO	Salida Laguna secundaria	Confluencia 100 m río arriba
Código del Laboratorio	22092238	22092239	22092240	22092241
ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS-829				
Ensayo	Unidades	Resultados			
Oil and Grease Aceites y grasas	mg/L	68.20	3.89	5.78	<0.50
Phosphorus (Fosfato) Total reactive phosphorus (Fosfato reactivo total)	PO_4^{-3} mg/L	18.160	23.610	23.440	<0.031
ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)					
Ensayo	Unidades	Resultados			
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	227.10	57.00	24.40	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O_2 mg/L	552.0	302.0	188.0	<10.0
Nitratos	NO_3^- - N mg/L	0.100	0.200	0.135	2.421
Oxígeno Disuelto OD	O_2 mg/L	<0.5	0.9	1.4	10.0
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	191.40	70.45	81.52	10.52
Numeración de Coliformes Totales	NMP/100mL	79×10^5	<1.8	170×10^5	170
Numeración de Coliformes Fecales[1]	NMP/100mL	40×10^5	<1.8	33×10^5	130

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

**Resultados de campo proporcionados por el cliente					
Parámetro	Unidades	Ingreso PTAR OMO	Salida PTAR OMO	Salida Laguna secundaria	Confluencia 100 m río arriba
		22092238	22092239	22092240	22092241
**Caudal	---	178.5	80	---	---
**Conductividad	uS/cm	1425	1424	1464	1472
**pH	unid. pH	6.80	7.64	7.86	8.63
**Temperatura	°C	20.31	20.3	20.03	22.38
**TDS	mg/L	712	712	731	736
**Oxígeno Disuelto	mg/L	1.73	1.50	1.54	1.35

**Resultados proporcionados por el cliente, no forman parte del alcance de la acreditación INACAL-DA e IAS.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS CON REGISTRO TL - 829

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 047

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 047

INFORME DE ENSAYO Nº 165962-2022
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Matriz analizada		Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de muestreo		2022-09-20	2022-09-20	2022-09-20
Hora de inicio de muestreo (h)		13:15	11:50	12:15
Condiciones de la muestra		Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente		Confluencia 100 m río abajo	Lavado de filtros PTAP Chan Chan	Lavado de filtros PTAP Yanguyo
Código del Laboratorio		22092242	22092243	22092244
ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS-829				
Ensayo	Unidades	Resultados		
Oil and Grease Aceites y grasas	mg/L	2.10	<0.50	<0.50
Phosphorus (fosfato) Total reactive phosphorus (fosfato reactivo total)	PO_4^{3-} mg/L	4.57	<0.031	<0.031
ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)				
Ensayo	Unidades	Resultados		
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	9.86	5.73	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O_2 mg/L	36.3	22.4	<10.0
Nitratos	NO_3^- - N mg/L	1.020	0.649	0.126
Oxígeno Disuelto OD	O_2 mg/L	3.3	7.3	8.5
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	8.77	44.84	37.34
Numeración de Coliformes Totales	NMP/100mL	35×10^3	140	330×10^3
Numeración de Coliformes Fecales(1)	NMP/100mL	130×10^3	33	33×10^3

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

**Resultados de campo proporcionados por el cliente				
Parámetro	Unidades	Confluencia 100 m río abajo	Lavado de filtros PTAP Chan Chan	Lavado de filtros PTAP Yanguyo
		22092242	22092243	22092244
**Conductividad	uS/cm	2052	606	376
**pH	unid. pH	7.45	8.42	7.83
**Temperatura	°C	23.7	26.8	14.23
**TDS	mg/L	1027	303	188
**Oxigeno Disuelto	mg/L	1.44	4.33	1.50

**Resultados proporcionados por el cliente, no forman parte del alcance de la acreditación INACAL-DA e IAS.

INFORME DE ENSAYO Nº 164025-2022
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Matriz analizada		Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de muestreo		2022-09-30	2022-09-30	2022-09-30	2022-09-30
Hora de inicio de muestreo (h)		12:00	12:15	12:30	11:30
Condiciones de la muestra		Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente		Ingreso PTAR OMO	Salida Laguna secundaria	Salida PTAR OMO	Lavado de Filtros PTAP Chen Chen
Código del Laboratorio		22062989	22062990	22062991	22062992
ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS-829					
Ensayo	Unidades	Resultados			
Oil and Grease Aceites y grasas	mg/L	72.75	7.61	7.11	<0.50
ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)					
Ensayo	Unidades	Resultados			
Fosfatos (PO_4^{-3})	PO_4^{-3} mg/L	2.580	0.140	22.810	0.056
Nitratos	NO_3^- - N mg/L	0.098	<0.033	<0.033	0.471
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	247.80	38.58	46.60	18.08
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO_5)	mg/L	254.00	50.88	61.34	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O_2 mg/L	651.0	259.0	236.0	<10.0
Oxígeno Disuelto OD	O_2 mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	8.4
Numeración de Coliformes Totales	NMP/100mL	170×10^7	33×10^6	33×10^5	130
Numeración de Coliformes Fecales (1)	NMP/100mL	49×10^7	79×10^5	33×10^5	33

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

**Resultados de campo proporcionados por el cliente					
Parámetro	Unidades	Ingreso PTAR OMO	Salida Laguna secundaria	Salida PTAR OMO	Lavado de Filtros PTAP Chen Chen
		22062989	22062990	22062991	22062992
**Caudal	---	192	---	117	---
**Conductividad	uS/cm	1302	1442	1411	588
**pH	unid. pH	7.68	7.58	8.75	8.64
**Temperatura	°C	21.8	20.1	19.4	16.3
**TDS	mg/L	651	721	705	294

**Resultados proporcionados por el cliente, no forman parte del alcance de la acreditación INACAL-DA e IAS.

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos : Lourdes Mamani Mamani
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 74621409
Correo electrónico : lrds.mamani@gmail.com
Teléfono/Celular : 974859829

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (X)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : Relación de los parámetros Fisicoquímicos del agua residual y los gases de efecto invernadero (metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y dióxido de carbono (CO_2)) de la planta de tratamiento de aguas residuales EMA? provincia Mariscal Nieto - Región Moquegua - 2020
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.07.00
c) Fecha de publicación : 2024

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : Dr. José Antonio Valeriano Zapana
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 43500364
c) ORCID : 0000-0002-5571-0531

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 74621409
NOMBRES Y APELLIDOS : Lourdes Mamani Mamani

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 74621409

NOMBRES Y APELLIDOS : LOURDES MAMANI MAMANI

FECHA : 12-11-2024



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, Lourdes Mamani Mamani,
bachiller de la Escuela Profesional de: Ingenieria Ambiental,
de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado(a) con DNI Nº 74621409, autor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis / Trabajo de suficiencia profesional, denominado:
"RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL Y LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (METANO (CH4), ÓXIDO NITROSO (N2O) Y DIÓXIDO DE CARBONO (CO2)) DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "OMO", PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, REGIÓN MOQUEGUA-2020"

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que, el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 12-11-2024



Huella digital

Nombres y Apellidos: Lourdes Mamani Mamani
DNI: 74621409

NOMBRE DEL TRABAJO

2UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEG UA tesis lourdes mamani1.pdf

RECUENTO DE PALABRAS

18888 Words

RECUENTO DE CARACTERES

100973 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

126 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

9.0MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 2, 2024 9:06 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 2, 2024 9:08 AM GMT-5

24% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 22% Base de datos de Internet
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES
"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA Nº 787-2024-UNAM/CO

Moquegua, 27 de noviembre de 2024

LA COMISIÓN ORGANIZADORA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

VISTOS:

El Acuerdo de Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de fecha 27 de noviembre de 2024; PROVEÍDO N° 12047-2024 de fecha 22 de noviembre de 2024 emitido por la Presidencia de la Comisión Organizadora; INFORME N° 591-2024-UNAM-CO-P/SG de fecha de recepción 21 de noviembre de 2024 emitido por la Secretaria General; CARTA Nº 189-2024-GYT/UNAM-PCAS de fecha de recepción 20 de noviembre de 2024 emitido por el Área de Grados y Títulos; Sobre el otorgamiento del Título Profesional de Ingeniero Ambiental y demás documentos que escoltan el expediente administrativo, y;

CONSIDERANDO:

Que, la Constitución Política del Perú en su artículo 18º prevé que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico, y el artículo 8º de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica las organizaciones de su sistema académico, económico y administrativo, así como la administración de sus bienes y rentas, elaborar su presupuesto y aplicar sus fondos con la responsabilidad que impone la Ley;

Que, de conformidad con la Ley N° 28520 de fecha 23/05/2005, se creó la Universidad Nacional de Moquegua, cuyo artículo 1º dispone: "créase la Universidad Nacional de Moquegua como persona jurídica de derecho público interno, con sede en la ciudad de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua". Asimismo, a través de la Resolución del Consejo Directivo N° 103-2017-SUNEDU/CD, el Concejo Directivo de la SUNEDU, le otorgó la Licencia Institucional a la Universidad Nacional de Moquegua; la misma que fue modificada a través de la Resolución del Consejo Directivo N° 135-2022-SUNEDU/CD;

Que, el artículo 29° de la Ley Universitaria, Ley N° 30220, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación (MINEDU), constituye una Comisión Organizadora integrada por tres (3) académicos de reconocido prestigio, que cumplan los mismos requisitos para ser Rector (…). Esta Comisión tiene a su cargo la aprobación del estatuto, reglamentos y documentos de gestión académica y administrativa de la universidad, formulados en los instrumentos de planeamiento, así como su conducción y dirección hasta que se constituyan los órganos de gobierno que, de acuerdo a la presente Ley, le correspondan";

Que, mediante Resolución Viceministerial Nº 011-2024-MINEDU de fecha 31/01/2024, se reconformó la Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Moquegua, integrada por los académicos: Dr. Jorge Lázaro Franco Medina, como Presidente; Dr. Edwin Molina Porcel, como Vicepresidente Académico y Dr. Avid Roman Gonzalez, como Vicepresidente de Investigación;

Que, el artículo 58° de la Ley Universitaria, Ley Nº 30220, concordado con el artículo 14º del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado con Resolución de Comisión Organizadora Nº 578-2021-UNAM, establecen que el **Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la universidad.** En el caso de la Universidad Nacional de Moquegua, dada su condición y naturaleza, corresponde ejercer dicha atribución a la Comisión

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

Organizadora quien hace las veces de Consejo Universitario, disposición relacionada con la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y sus modificatorias;

Que, el artículo 44° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, señala que las universidades otorgan los grados académicos de Bachiller, Maestro, Doctor y los Títulos Profesionales que correspondan, a nombre de la Nación (...);

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, precisa **los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional**. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora Nº 1153-2021-UNAM, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que fue modificado a través de las Resoluciones de Comisión Organizadora N° 410, 453 y 890-2022; N° 880-2023 y N° 081, 484-2024-UNAM el cual establece los requisitos y norma los procedimientos para la obtención de los grados académicos y títulos profesionales conferidos por esta Casa Superior de Estudios;

Que, mediante Carta Nº 189-2024-GYT/UNAM-PCAS de fecha 20.11.2024, el Especialista del Área de Grados y Títulos, remite a Secretaria General, el expediente de cuatro (4) bachiller de la Escuela Profesional Ingeniería Ambiental, quienes se encuentran aptos para la expedición del Título Profesional de Ingeniero Ambiental por la modalidad de sustentación de Tesis y Trabajo de Suficiencia Profesional, al haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos legales y reglamentarios[1], exigidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme lo señala la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, razón por la cual la Secretaría General a petición de la PCO incluye los expedientes como punto de agenda para ser tratados en Sesión de Comisión Organizadora de fecha 27 de noviembre de 2024;

[1] Artículo 122°. - Requisitos para la obtención del Título Profesional
Para obtener el Título Profesional el interesado deberá presentar ante su Escuela Profesional un expediente con la siguiente documentación:

a. Solicitud dirigida al Director de la Escuela Profesional o quien haga sus veces, indicando la fecha y numero de comprobante de pago.
b. Dos (2) fotografías de frente, tamaño pasaporte a color con fondo blanco (con traje formal); para garantizar la seguridad ciudadana.
c. Dos ejemplares de la Tesis, del Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe del Examen Profesional en físico, uno para la Biblioteca y otro para la Escuela Profesional, y un CD con la versión digital.
d. Formulario de autorización del graduado para la publicación de la Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe de Examen Profesional en el repositorio.
e. Declaración Jurada de originalidad de la Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe de Examen Profesional.

La Escuela Profesional es responsable de completar el expediente del bachiller en un plazo máximo de 3 días hábiles y derivar a la Oficina de Secretaría General, adjuntando los siguientes documentos:

a. Copia del acta de sustentación indicando la modalidad de obtención del título profesional.
b. Constancia de "no adeudo" de Bienes a la Universidad, bienes a los Laboratorios Básicos y de Especialidad, material bibliográfico; dichos documentos deberán ser refrendados por los responsables a cargo.

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

///... **Resolución de Comisión Organizadora N° 787-2024-UNAM/CO**

Que, se ha establecido como atribución de la Comisión Organizadora de la UNAM, la facultad de conferir los grados académicos y los títulos profesionales (...), por lo que en mérito al pedido del Secretario General y debatido el caso en Sesión Ordinaria de fecha 27 de noviembre 2024, se acordó por unanimidad **conferir a nombre de la Nación el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, por la modalidad de la Sustentación de Tesis y Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional, a cuatro (4) Bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua;**

Que, estando en uso de las facultades y atribuciones conferidas en el artículo 18° de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 30220, Ley Universitaria; el Documento Normativo denominado: "Disposiciones para la Constitución y Funcionamiento de las Comisiones Organizadoras de las Universidades Públicas en proceso de Constitución", aprobado mediante la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y sus modificatorias, y en la Resolución Viceministerial Nº 011-2024-MINEDU, así como en el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua y demás normas concordantes;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO: CONFERIR, a nombre de la Nación el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL** por la modalidad de Sustentación de Tesis y Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional, a los Bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua, de acuerdo al siguiente detalle:

1. **KARLA PATRICIA VALERIANO LOPEZ**

   TESIS : "EFECTO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN LA BIOSORCIÓN DE As (V), Pb (II) Y Cd (II) UTILIZANDO LA CÁSCARA DE TUNA (Opuntia ficus-indica) COMO BIOSORBENTE BAJO UN SISTEMA DE BATCH", cuyo Asesor fue el Dr. José Antonio Valeriano Zapana.

2. **KENNY ANDERSON CASTRO HUAYCOCHEA**

   TESIS : "EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE BIOGÁS CON PRESENCIA DE RESIDUOS DE CLORTETRACICLINA EN ESTIÉRCOL PORCINO" cuyo Asesor fue el Dr. Salomon Rey Ramos Rivera y Coasesor el Dr. Franz Zirena Vilca.

3. **LOURDES MAMANI MAMANI**

   TESIS : "RELACION DE LOS PARÁMETROS FISICO-QUIMICOS DEL AGUA RESIDUAL Y LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (METANO (CH4), OXIDO NITROSO (N2O) Y DIOXIDO DE CARBONO (CO2) DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "OMO", PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, REGION MOQUEGUA 2020" cuyo Asesor fue el Dr. José Antonio Valeriano Zapana.

4. **LORENZO MARTIN ALVA MUÑOZ**

   TRABAJO : "MEJORA CONTINUA A TRAVÉS DEL PROGRAMA ANUAL DE GESTIÓN AMBIENTAL (TLT) TERMINAL DE LÍQUIDOS DE TRAMARSA-ILO" cuyo Asesor fue el Dr. Milko Raul Rivera Campano.

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

ARTÍCULO SEGUNDO: AUTORIZAR, a la Secretaría General de la Universidad Nacional de Moquegua, expedir y registrar los Diplomas correspondientes para su otorgamiento.

ARTÍCULO TERCERO: ENCARGAR al Área de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, para que realice las acciones pertinentes conducentes, relacionadas con la inscripción de los grados y títulos en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU.

ARTÍCULO CUARTO: NOTIFICAR, la presente Resolución a todas las instancias y dependencias administrativas y académicas de la Universidad Nacional de Moquegua, para su conocimiento, cumplimiento y demás fines pertinentes.

ARTÍCULO QUINTO: ENCARGAR, a la Oficina de Tecnología de la Información, la publicación de la presente Resolución en el portal de transparencia de la Universidad Nacional de Moquegua.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, CÚMPLASE Y ARCHÍVESE.

DR. JORGE LAZARO FRANCO MEDINA
Presidente de la Comisión Organizadora
Universidad Nacional de Moquegua

ABOG. KEVIN YUVER CHIHUAN QUISPE
Secretario General
Universidad Nacional de Moquegua

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe