



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

**CONSTANCIA**

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

**“Tratamiento de aguas residuales domesticas mediante depuración biológica para su reuso del efluente en cultivos agrícolas, Distrito de Salas, Ica, 2021”**

Presentado por:

Bach. **GUZMÁN RODRÍGUEZ, GREISHLY SHEYLA**

ROL DEL AUTOR del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es PORCENTAJE DE SIMILITUD del 6% por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 07 MARZO 2022 de 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
UNIDAD DE INVESTIGACION  
  
Dr. Jaime Rodríguez Hernández  
DIRECTOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA**



**INFORME FINAL DE TESIS**

**Tratamiento de aguas residuales domesticas mediante  
depuración biológica para su reúso del efluente en cultivos  
agrícolas, Distrito de Salas, Ica, 2021**

**Línea de investigación:**

**Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles**

**Presentado Por:**

**BACH. GUZMÁN RODRÍGUEZ, GREISHLY SHEYLA**

**ICA- PERU**

**2022**

**INFORME FINAL DE TESIS:**

**Tratamiento de aguas residuales domesticas mediante  
depuración biológica para su reúso del efluente en cultivos  
agrícolas, Distrito de Salas, Ica, 2021**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles**

**AUTOR:**

**BACH. GUZMÁN RODRÍGUEZ, GREISHLY SHEYLA**

**ASESOR:**

**Dr. PEDRO CORDOVA MENDOZA**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mi Mamá **Betty**, que siempre está conmigo, con todo su cariño, apoyo, confianza y amor, que me enseña a ser perseverante y a seguir adelante a pesar de las adversidades.

## AGRADECIMIENTO

- ✚ A mis Padres, **Edgar y Betty** que me entregaron todo su total amor y apoyo, cuyo mejor regalo ha sido mi educación.
- ✚ Al **Dr. Pedro Córdova Mendoza**, mi asesor por su orientación incondicional para el desarrollo de la presente tesis.
- ✚ A la **Dra. Antonina García Espinoza**, al **Dr. Jaime Antonio Martínez Hernández**, por las enseñanzas, conocimientos y consejos inculcados; así como por su paciencia y tiempo, pudieron ayudarme a crecer profesionalmente y personalmente.
- ✚ A mi alma mater la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, a través de sus docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria quienes transmiten sus mejores conocimientos a los estudiantes quienes orgullosos de haber egresado somos forjadores del desarrollo de nuestra Ica, a todos es ellos mi especial consideración.

## INDICE DE CONTENIDO

INFORME FINAL DE TESIS:.....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
INDICE DE CONTENIDO.....	V
INDICE DE TABLAS .....	VIII
INDICE DE FIGURAS .....	IX
RESUMEN .....	X
SUMMARY .....	XI
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.2.1. Antecedentes a nivel internacional .....	1
1.2.2. Antecedentes a nivel nacional .....	3
1.2.3. Antecedentes a nivel local .....	4
<b>1.3. BASES TEÓRICAS.....</b>	<b>4</b>
1.3.1. Aguas residuales domesticas .....	4
1.3.2. Aguas residuales .....	4
1.3.3. Tratamiento secundario – proceso biológico: .....	4
1.3.4. Procesos de oxidación biológica.....	5
1.3.5. Tratamiento aerobio.....	5
1.3.6. Oxígeno disuelto.....	5
1.3.7. Demanda bioquímica de oxígeno .....	5
1.3.8. Demanda química de oxígeno .....	6
1.3.9. Bacterias .....	6
1.3.10. Sistema depurador biológico .....	6
1.3.11. Relación alimento / microorganismos (f/m) .....	7
1.3.12. Solidos totales (st) .....	7
1.3.13. Índice volumétrico del lodo .....	7
1.3.14. Velocidad de utilización de oxígeno (vuo) .....	8
1.3.15. Edad del lodo .....	8
1.3.16. Ph.....	8
1.3.17. Temperatura.....	8
1.3.18. “reúso del efluente en cultivos agrícolas .....	9
<b>1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>9</b>

1.4.1.	Problema principal.....	10
1.4.2.	Problemas específicos.....	10
<b>1.5.</b>	<b>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.5.1.	Objetivo principal.....	11
1.5.2.	Objetivos específicos.....	11
<b>1.6.</b>	<b>HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.6.1.	Hipótesis principal.....	11
1.6.2.	Hipótesis específicas.....	11
<b>1.7.</b>	<b>VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.7.1.	Variable independiente.....	11
1.7.2.	Variable dependiente.....	12
1.7.3.	Variable interviniente.....	12
1.7.4.	Operacionalización de variables.....	13
<b>1.8.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....</b>	<b>14</b>
1.8.1.	Justificación.....	14
1.8.2.	Importancia.....	15
<b>1.9.</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>15</b>
1.9.1.	Gestión del agua.....	15
1.9.2.	Nueva cultura del agua.....	15
1.9.3.	Reúso de aguas servidas regeneradas.....	16
1.9.4.	Aguas residuales.....	16
1.9.5.	Saneamiento y salud.....	16
1.9.6.	Recirculación.....	16
1.9.7.	Carga orgánica.....	17
1.9.8.	Tiempo de retención hidráulico (trh).....	17
<b>II.</b>	<b>ESTRATEGIA METODOLOGICA.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.</b>	<b>ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.</b>	<b>LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>20</b>
2.2.1.	Tipo y nivel de la investigación.....	20
2.2.2.	Población y muestra.....	20
<b>2.3.</b>	<b>MARCO LEGAL.....</b>	<b>20</b>
2.3.1.	Normas para los estudios de ingeniería básica.....	20
2.3.2.	Técnica de recolección de datos.....	22
2.3.3.	Instrumentos de recolección de datos.....	22
2.3.4.	Técnicas de procesamiento de datos.....	23
2.3.5.	Análisis e interpretación de los datos.....	23
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1.</b>	<b>EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA SU REÚSO DEL EFLUENTE EN CULTIVOS AGRÍCOLAS.....</b>	<b>24</b>

3.1.1.	Descripción del equipo utilizado .....	24
3.1.2.	Zona de ubicación de muestreo del agua residual domestica .....	25
3.1.3.	Caja de información y asignación de caudal.....	27
3.1.4.	Caracterización del agua residual de la laguna de oxidación de salas .....	27
<b>3.2.</b>	<b>TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA Y EL ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODOS (IVL)</b>	<b>28</b>
3.2.1.	Información obtenidos del monitoreo de la t°, od y ph.....	28
3.2.2.	Monitoreo de solidos suspendidos volátiles en el licor de mezcla (ssvIm) .....	31
3.2.3.	Obtención neta del fango en condición permanente en el sistema.....	35
3.2.4.	Monitoreo para índice volumétrico de lodos .....	35
<b>3.3.</b>	<b>LA VELOCIDAD DE CONSUMO DE OXIGENO (VUO) PARA EL REÚSO DEL EFLUENTE EN CULTIVOS AGRÍCOLAS.....</b>	<b>37</b>
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
4.1.	EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA SU REÚSO DEL EFLUENTE EN CULTIVOS AGRÍCOLAS .....	50
4.2.	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y EL ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODOS (IVL) .....	51
4.3.	LA VELOCIDAD DE CONSUMO DE OXIGENO (VUO) PARA EL REÚSO DEL EFLUENTE EN CULTIVOS AGRÍCOLAS.....	52
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO</b>	<b>.....</b>	<b>64</b>
ANEXO I	.....	65
ANEXO II	.....	66

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 “Clasificación de bacterias según el rango de temperatura” [24] .....	6
Tabla 2 Operacionalización de variables .....	13
Tabla 3 Caracterización del ARD de la Laguna del Distrito Salas-Guadalupe.....	27
Tabla 4 Temperatura en los depuradores biológicos .....	28
Tabla 5 Temperatura media en los depuradores biológicos .....	29
Tabla 6 Monitoreo de pH y OD.....	30
Tabla 7 “Monitoreo de SSVLM de cada Reactor durante Operación del sistema”[19].....	33
Tabla 8 Producción neta de lodos por el depurador biológico .....	35
Tabla 9 Monitoreo de índice volumétrico de lodos.....	36
Tabla 10 Datos de las pruebas realizadas el 16 de setiembre del 2021 en DB1.....	37
Tabla 11 Datos de las pruebas realizadas el 17 de setiembre en el DB1.....	39
Tabla 12 Datos de las pruebas realizadas el 16 de setiembre del 2021 en DB2.....	41
Tabla 13 Datos de las pruebas realizadas el 17 de setiembre del 2021 en DB2.....	42
Tabla 14 Datos de las pruebas realizadas el 16 de setiembre del 2021 en DB3.....	43
Tabla 15 Datos de las pruebas realizadas el 17 de setiembre del 2021 en DB3.....	45
Tabla 16 Datos de las pruebas realizadas el 16 de setiembre del 2021 en DB4.....	47
Tabla 17 Datos de las pruebas realizadas el 17 de setiembre del 2021 en DB4.....	48

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Departamento de Ica.....	18
Figura 2 Ubicación de la Municipalidad del Distrito de San Andrés en la Provincial de Pisco .....	19
Figura 3 Ubicación de la municipalidad del distrito de San Andrés .....	19
Figura 4 Depuradores biológicos a escala de laboratorio .....	25
Figura 5 Vista panorámica de la empresa municipal de agua potable y alcantarillado de Salas Guadalupe .....	25
Figura 6 Vista panorámica del parque ecológico Golda Meir en el distrito de Salas Guadalupe .....	25
Figura 7 Vista panorámica de la laguna facultativa de agua residual en el parque ecológico Golda Meir del distrito de Salas Guadalupe.....	26
Figura 8 Vista panorámica de la laguna facultativa de agua residual en el parque ecológico Golda Meir del distrito de Salas Guadalupe.....	26
Figura 9 Vista panorámica de la laguna facultativa de agua residual en el parque ecológico Golda Meir del distrito de Salas Guadalupe.....	26
Figura 10 Temperatura media en los depuradores biológicos.....	30
Figura 11 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB1, día 16 de setiembre del 2021 .....	38
Figura 12 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB1, día 16 de setiembre del 2021, con un 95.02% de eficiencia.....	39
Figura 13 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB1, día 17 de setiembre del 2021 .....	40
Figura 14 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB1, día 17 de setiembre del 2021, con un 97.37% de eficiencia.....	40
Figura 15 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB2, día 16 de setiembre del 2021 .....	41
Figura 16 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB2, día 16 de setiembre del 2021, con un 98.96% de eficiencia.....	42
Figura 17 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB2, día 17 de setiembre del 2021 .....	43
Figura 18 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB2, día 17 de setiembre del 2021, con un 98.20% de eficiencia.....	43
Figura 19 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB3, día 16 de setiembre del 2021 .....	44
Figura 20 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB3, día 16 de setiembre del 2021, con un 97.89% de eficiencia.....	45
Figura 21 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB3, día 17 de setiembre del 2021 .....	46
Figura 22 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB3, día 17 de setiembre del 2021, con un 96.10% de eficiencia.....	46
Figura 23 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB4, día 16 de setiembre del 2021 .....	47
Figura 24 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB4, día 16 de setiembre del 2021, con un 96.88% de eficiencia.....	48
Figura 25 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB4, día 17 de setiembre del 2021 .....	49
Figura 26 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB4, día 17 de setiembre del 2021, con un 95.68% de eficiencia.....	49

## RESUMEN

**Objetivo:** Explicar que el tratamiento de aguas residuales domesticas mediante depuración biológico mejora significativamente para su reúso del efluente en cultivos agrícolas, distrito de Salas. **Material y Métodos:** la investigación fue de enfoque cuantitativo, tipo observacional-de corte transversal, nivel aplicado y diseño experimental. **Resultados,** se concluye que los parámetros de operación: temperatura en la laguna de oxidación en el parque Goldar Meir se registró el promedio de todo el tratamiento fue de 20.2°C, con pH en el afluente un promedio de 8.55 y en el efluente un valor promedio de 7.91, y en el caso del oxígeno disuelto (OD) se examinó los datos beneficiados en la literatura, sobresalientes a 2mg/l; el índice volumétrico de lodos (IVL), en el depurador biológico 4, es 3.98 Kg/m<sup>3</sup> siendo el adecuado, conforme la norma OS-090; La velocidad de consumo de oxigeno (VUO), en el depurador biológico 2, alcanza valor 77 de DBO<sub>5</sub>/l, en un TR-18 horas con una eficiencia del 98.36%, para el caso de depurador biológico 3, alcanza valor 75 de DBO<sub>5</sub>/l, en un TR-18 horas con una eficiencia del 97.89%, para el periodo de aireación del agua residual entre las horas 6:00 am a 6:00 pm. **Conclusiones,** La mezcla completa de la remoción de la DBO<sub>5</sub> está en un rango de 85-95 como lo estable la norma OS.090, los ensayos en la muestra a las 14 horas alcanzaron para la DBO<sub>5</sub> de 77 DBO<sub>5</sub>/l, encontrándose una mejor eficiencia.

**Palabras Claves:** *Depurador biológico, índice volumétrico de lodos, oxigeno biológico disuelto.*

## SUMMARY

**Objective,** Explain that the treatment of domestic wastewater through biological purification improves significantly for its reuse of the effluent in agricultural crops, district of Salas. **Material and Methods,** the research had a quantitative approach, observational-cross-sectional type, applied level and experimental design. **Results,** it is concluded that the operating parameters: temperature in the oxidation lagoon in the Goldar Meir park, the average of all the treatment was recorded was 20.2 ° C, with pH in the influent an average of 8.55 and in the effluent a value average of 7.91, and in the case of dissolved oxygen (DO) the data obtained in the literature was examined, outstanding at 2mg/l; the volumetric index of sludge (IVL), in the biological purifier 4, is 3.98 Kg/m<sup>3</sup>, being adequate, according to the OS-090 standard; The rate of oxygen consumption (VUO), in the biological purifier 2, reaches a value of 77 of BOD<sub>5</sub>/l, in a TR-18 hours with an efficiency of 98.36%, for the case of biological purifier 3, it reaches a value of 75 of BOD<sub>5</sub> /l, in a TR-18 hours with an efficiency of 97.89%, for the aeration period of the residual water between the hours 6:00 am to 6:00 pm. **Conclusions,** The complete mixture of the BOD<sub>5</sub> removal is in a range of 85-95 as established by the OS.090 standard, the tests in the sample at 14 hours reached for the BOD<sub>5</sub> of 77 BOD<sub>5</sub>/l, finding a better efficiency.

**Key Words:** *Biological scrubber, sludge volumetric index, dissolved biological oxygen.*

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Situación problemática

*Egbuikwem et al.*, “La mala gestión de las aguas residuales y la creciente demanda de agua dulce, especialmente en los sectores agrícola e industrial, están contribuyendo enormemente a la escasez de agua y las crisis mundiales”[1].

... Con el desarrollo de la agricultura intensiva y la expansión industrial destinada a satisfacer las crecientes necesidades de la población, el recurso finito de agua dulce del mundo seguirá sufriendo un estrés sin precedentes cada día. La proyección científica de que dos tercios de la población mundial podrían enfrentar una grave escasez de agua para 2025 genera una gran preocupación, lo que incita a las autoridades a establecer y fomentar programas de reutilización del agua en la agricultura. En los países de ingresos bajos a medianos, solo entre el 0,02% y el 13,8% de la población tiene acceso a sistemas de alcantarillado con infraestructuras de tratamiento (ONU-Agua, 2015), componentes industriales y complejos orgánicos refractarios en las mezclas. La integración de tales mezclas de agua en la práctica de reutilización del agua en la agricultura requiere el empleo de tratamientos adecuados y rentables.

## 1.2. Antecedentes de la investigación

### 1.2.1. Antecedentes a nivel internacional

*Egbuikwem et al.*, contribuye con su investigación científica que: “La selección de técnicas de tratamiento adecuadas y rentables para el tratamiento de aguas residuales es crucial para una gestión segura y sostenible del reciclaje de agua”[1]. *Egbuikwem et al.*, con otros investigadores manifiestan que: “Los procesos biológicos tienen registros probados de alta eficiencia para la degradación de compuestos orgánicos recalcitrantes en mezclas complejas de aguas residuales”[2] y en su investigación *Varjani*, explica que: “son económicos los procesos biológicos en comparación con los métodos químicos”[3]. *Ozturk et al.*, en su aporte científico manifiestan que: “Mientras tanto, los elevados

requisitos energéticos, principalmente para la aireación y la circulación de lodos, constituyen el principal inconveniente de los procesos biológicos convencionales de tratamiento de aguas residuales”[4]. *Fan et al.*, también hacen alusión a: “La aireación sigue siendo un elemento de entrada vital en los sistemas de tratamiento de aguas residuales convencionales y representa más del 50% del gasto total de energía en una planta típica de tratamiento de aguas residuales a base de lodos activados”[5]. *Han et al.*, en su aporte científico que: “En los últimos años, la atención se ha centrado en modificar los sistemas de lodos activados a biorreactores compactos y robustos (de una sola unidad) en un intento por reducir la huella energética y la demanda considerablemente”[6].

*Odejobi et al.*, en su aporte de tratamiento biológico indican que: “realizaron una investigación sobre el tratamiento anaeróbico de aguas residuales mediante un reactor de flujo ascendente en Nigeria”[7], “diseñó un reactor de volumen de 0.03 m<sup>3</sup> y calcularon el porcentaje de DBO y la eliminación de sólidos volátiles durante un período de 5 semanas, la eficiencia del reactor con una remoción de los sólidos volátiles (SV) fue 76,9 % y la DBO 65.1%”[7].

Los investigadores, *Diaz et al.*, llevaron a cabo en la ciudad de Belo Horizonte, Brasil, donde diseñaron:

... un depurador biológico es un estanque de maduración (con y sin deflectores) y un filtro de roca granular en serie en ella les ha permitido concluir que el efluente cumplió con los estándares de descarga europeos y las directrices de la OMS para algunas formas de riego, una opción adecuada para el tratamiento de las aguas residuales domésticas para comunidades con temperaturas cálidas.[8].

*Según Salazar et al.*, en sus aportes publicaron lo siguiente: “que tuvieron como objetivo evaluar la eficiencia del proceso primario anaerobio de los cuatro depuradores biológicos o UASB de una PTAR en Río Frío, Bucaramanga, Colombia durante un periodo de nueve años (2007 a 2015)”[9].

### 1.2.2. Antecedentes a nivel nacional

*Orozco et al.*, en la región andino amazónica del Perú en su investigación que: “consistió en evaluar las condiciones de arranque y operación mediante un depurador biológico a escala laboratorio para el tratamiento de aguas residuales domésticas” [10].

“*Suasnabar*, en su contribución científica tuvo el objetivo de investigar que:

...el procedimiento de diluir el sobrante comunitario mediante un depurador biológico a nivel de laboratorio, para la remoción de la carga orgánica en el barrio “Ocopilla-Huancayo, los resultados obtenidos muestran que se logró un retiro del 93,578% del DQO a priori compete un periodo de permanencia de 5 horas; un pH de 8 y 40°C incluido en el fluido.[11].

*Huaytalla y Cruz*, en su manuscrito desarrollaron su estudio planteandose como objetivo de investigación que:

... evaluar la eficiencia del depurador biológico a escala piloto, para el tratamiento de aguas residuales domésticas, se tomaron muestras del afluente y efluente, con una remoción del sistema de DBO 200 mgO<sub>2</sub>/L.d, turbiedad 80 NTU, DQO 290 mgO<sub>2</sub>/L.d, coliformes totales y fecales mayores a 2500 y 2450 NMP/100ml y “los datos del efluente fueron: DBO 20.4 mgO<sub>2</sub>/L.d, turbiedad 4,63 NTU, DQO 28.8 mgO<sub>2</sub>/L.d, coliformes totales y fecales 823 y 691 NMP/100ml.[12].

*Castillo y Bonifacio* en su investigación para optimizar el tratamiento de aguas residuales, “utilizo el sistema de depuración biológica en la localidad de Nuevo Chimbote, como tratamiento primario de los afluentes domésticos, previo al tratamiento secundario en la laguna facultativa”[13].

“*Según Canales.*, en el depurador biológico o reactor UASB contribuyo basando su estudio en el tratamiento de agua residual: “en una revisión bibliográfica de los métodos de depuración biológica o reactores UASB resultando, ser el más eficiente en el tratamiento de AR doméstica, los

cuáles presentan diversas ventajas, pero también presentan parámetros que limitan su eficiencia” [14].

### **1.2.3. Antecedentes a nivel local**

Se ha revisado la bibliografía relacionada al tema de investigación y no se han encontrado estudios que tengan relación con la investigación.

## **1.3. Bases teóricas**

### **1.3.1. Aguas residuales domesticas**

*Montoya*, [15] “Cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica., se aprovechan para el riego de áreas verdes; estas aguas contienen cierta cantidad de nutrientes, sin embargo, al no ser tratadas presentan un peligro para el medio ambiente y la salud del hombre”.

*Metcalf y Eddy*, [16]“El agua residual municipal fresca y aerobia tiene olor a queroseno y color gris. El agua residual con más tiempo de haber sido generada es séptica y pesllfera; su olor característico es a sulfhídrico, similar al de los huevos podridos”.

### **1.3.2. Aguas Residuales**

*Montoya*, “Son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica que se aprovechan para el riego de áreas verdes; generalmente provienen de residencias, instituciones públicas o privadas, establecimientos comerciales e industriales, o la mezcla de todas ellas”[15]. “Estas aguas contienen cierta cantidad de nutrientes, sin embargo, al no ser tratadas presentan un peligro para el medio ambiente y la salud del hombre. Las aguas residuales presentan algunos elementos que limitan su uso en riego”[15].

### **1.3.3. Tratamiento secundario – Proceso biológico:**

*García*, “Se utilizan para convertir la materia orgánica que se encuentra finamente dividida y disuelta en el agua residual en sólidos sedimentables floculantes que puedan separarse en tanques de sedimentación” [17].

*Vasquez & Valdez*, “En un tratamiento biológico, las bacterias activas y otros microorganismos destruyen y metabolizan las materias orgánicas solubles y coloidales, reduciendo la DBO y la DQO a valores inferiores a 100 mg/l. La velocidad de degradación depende de la presencia de microorganismos” [18].

#### 1.3.4. Procesos de Oxidación Biológica

*Aguirre & Yanac*, sobre: “La oxidación biológica es el mecanismo mediante el cual los microorganismos degradan la materia orgánica contaminante del agua residual”[19]. “De esta forma, estos microorganismos se alimentan de dicha materia orgánica en presencia de oxígeno y nutrientes, de acuerdo con la siguiente reacción:

$$\text{Materia orgánica} + \text{Microorganismos} + \text{Nutrientes} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Productos Finales} + \text{Nuevos microorganismos} + \text{Energía} \text{ [19].}$$

#### 1.3.5. Tratamiento Aerobio

*Setty et al.*, “La biomasa está constituida por microorganismos aerobios o facultativos, consumidores de oxígeno. El carbono de la materia orgánica disuelta en el agua se convierte parcialmente en CO<sub>2</sub>, con producción de energía” [20].

#### 1.3.6. Oxígeno disuelto

*Metcalf y Eddy*, [16] “Debido a que el sistema de lodos activados es un proceso aeróbico, una concentración adecuada de Oxígeno Disuelto (OD) en el depurador biológico, es vital, para permitir la respiración de los microorganismos”. *Ramalho.*, “Este parámetro debe hallarse en concentraciones superiores a 2 mgO<sub>2</sub>/L, siendo este valor, el mínimo necesario para el correcto desarrollo de la biomasa”[21].

#### 1.3.7. Demanda bioquímica de oxígeno

*Ramírez & Duran*, que: “Es la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para descomponer la materia orgánica en condiciones aerobias”[22]. *Ramírez & Duran*, “Puede considerarse como un procedimiento en el cual los organismos vivos sirven como medio para la

oxidación de la materia orgánica hasta dióxido de carbono y agua. El análisis se realizó a 20°C y durante cinco días, por esto se denomina: DBO<sub>5</sub>” [22].

### 1.3.8. Demanda química de oxígeno

*Días et al.*, “Mide el oxígeno equivalente de sustancias orgánicas en una muestra acuosa que es susceptible a la oxidación por dicromato de potasio en una solución de ácido sulfúrico del agua residuales, sus características y la forma en que se tomaron las muestras” [8].

### 1.3.9. Bacterias

*Farfán*, “Pueden ser autótrofas o heterótrofas. En procesos de lodos activos normalmente las bacterias constituyen el 95 % del material celular (biomasa)”[24]. Continúa *Farfán* que: “La temperatura del medio es importante para el crecimiento bacteriano y de otros organismos, cada especie de bacterias se desempeña mejor dentro de cierto rango de temperatura, fuera de estas temperaturas su actividad es afectada apreciablemente”, como se muestra en la **tabla 1**” [24].

**Tabla 1 “Clasificación de bacterias según el rango de temperatura” [24]**

Clasificación	Rango de Temperatura, °C	Optimo, °C
Psicrófilos	-5 a 30	10 a 20
Mesófilas	10 a 45	20 a 40
Termófilas	50 a 60	25 a 80

### 1.3.10. Sistema depurador biológico

*Farfán*, “De acuerdo a la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos un depurador biológico, es un sistema de tratamiento de lodos activados cuyo funcionamiento se basa en la secuencia de ciclos de llenado y vaciado”[25]. “En este sistema el agua residual entra en una tanda al depurador biológico, recibe tratamiento para remover componentes indeseables y luego se descarga”[25].

### 1.3.11. Relación alimento / microorganismos (F/M)

*Mendez et al.*, [26]“La relación alimento microorganismos (A/M), hace referencia a la cantidad de materia orgánica alimentada, expresada como DBO<sub>5</sub> o DQO, por unidad de biomasa presente en el reactor, como kgSSV”. *Ramalho*, [21]“Valores típicos de la relación A/M se encuentran en el rango de 0,2-0,6 (kgDBO<sub>5</sub>/kgSSV•d), siendo la relación optima de 0,3-0,6 (kgDBO<sub>5</sub>/kgSSV•d)”. *Metcalf and Eddy*, “Este parámetro puede ser modificado desde la operación del sistema, ya que, la concentración de microorganismos puede ser rectificada aumentando o disminuyendo la purga de lodos”[16].

### 1.3.12. Solidos totales (ST)

*Torres & Lozano*, “Materia sólida que está suspendida, disuelta o asentada en un líquido, tal como el agua, aguas residuales y permanecen luego de la evaporación y secado”[26].

### 1.3.13. Índice volumétrico del lodo

*Aguirre & Yanac*, [19]“El índice volumétrico del lodo o IVL, es un indicador macroscópico que permite evaluar las características de decantación del lodo”. *Sezgin* en su investigación explica sobre IVL que:

...corresponde al volumen en litros, que ocupa 1 gramo de sólidos en suspensión del licor de mezcla en peso seco, después de sedimentar por 30 minutos. En el control de una planta de tratamiento de aguas, el IVL se usa para determinar si se está produciendo un aumento de volumen del lodo, denominado lodo floculento o Bulking.[27].

$$IVL = \frac{V_{30}}{SST} \left\{ \frac{ml}{g} \right\}$$

*Sezgin*, “Este fenómeno, se caracteriza por producir un IVL mayor a 100 mL/gSST, junto a la presencia excesiva de bacterias filamentosas”[27].

*Ramalho*, [21]“Los valores típicos de IVL para lodos con buenas características de sedimentación están dentro del intervalo de 150 - 35 mL/gSST”.

#### 1.3.14. Velocidad de utilización de oxígeno (VUO)

*Aguirre & Yanac*, “El conocimiento de la actividad bacteriana, es esencial para evaluar la degradación de la materia orgánica, la cual puede verse disminuida por condiciones desfavorables en el sistema”[19]. *Córdova et al.*, [28]“La medida de la bioactividad del lodo, puede evidenciar por ejemplo, la presencia en el influente de alzas repentinas en la carga orgánica o el ingreso de elementos tóxicos”.

#### 1.3.15. Edad del lodo

*Metcalf y Eddy*, [16] “Corresponde al tiempo promedio en que los microorganismos permanecen en el proceso de tratamiento. La edad del lodo puede variar de 4 - 15 d, en sistemas convencionales”.

$$Edad\ del\ lodo = \frac{V_{Reactor}}{Q_{Purga}} (dia)$$

#### 1.3.16. pH.

*Aguirre & Yanac*, “El pH es una medida de la actividad del ion hidrógeno en una solución, y es igual:

$$pH = -\log\{H^+\}$$

La concentración del ion hidrogeno (H+), es un indicador de calidad del medio y permite la adecuada proliferación y desarrollo de organismos”.

*Ramalho*, [21]“Los niveles de pH deben encontrarse entre 4,0-9,5, ya que este, es el rango tolerado por las bacterias, existiendo un intervalo óptimo de 6,5-7,5”. *Torres & Lozano* [26] “Con valores de pH inferiores a 6,5, se produce el crecimiento de hongos filamentosos en lugar de bacterias, mientras que un pH por sobre 9, inhibe la actividad bacteriana”. *Morales*, [29]“Fluctuaciones repentinas del pH en el reactor, tienen como consecuencia, la muerte de microorganismos, lo que afectará de manera indirecta la eficiencia de eliminación de materia orgánica del proceso”

#### 1.3.17. Temperatura.

*Metcalf and Eddy*, [16]“La importancia de la temperatura se debe a su influencia, tanto en el desarrollo de los microorganismos, como sobre las

reacciones químicas y velocidades de reacción”. En particular, **Ramalho**, [21] “la solubilidad del oxígeno disminuye a medida que la temperatura aumenta, variando desde 14,74 mg/L a 0°C hasta 7,03 mg/L a 35°C”. Por otro lado, **Metcalfe and Eddy**, [16] “un incremento de la temperatura produce el aumento en las velocidades de las reacciones químicas, lo que, a su vez, la eleva aún más”. **Ramalho**, [21] “Ello, combinado con la reducción del oxígeno, puede causar agotamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto. Además, un cambio brusco de temperatura puede generar la mortalidad de gran parte de los microorganismos”.

#### **1.3.18. “Reúso del efluente en cultivos agrícolas**

*Sorinolu et al.*, [30] “Los tratamientos convencionales de aguas residuales (lodos activados, zanjas oxidativas, contactores biológicos rotatorios, etc.) implican el uso de procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar los contaminantes de las aguas residuales”.

### **1.4. Formulación del problema**

De acuerdo a la “UNESCO se estima que la población mundial presenta un crecimiento acelerado a tasas de 80 millones de personas/año, lo cual implica un aumento en el consumo de agua”[31]. “Burek , se espera que la demanda mundial de agua continúe aumentando a un ritmo parecido hasta 2050, lo que representa un incremento del 20 al 30% por encima del nivel actual de uso del agua” [32].

“WWAP, a nivel mundial, se estima que más del 80% de las aguas residuales se liberen al medio ambiente sin un tratamiento adecuado”[33].

“Continua WWAP, el nivel de tratamiento de aguas residuales industriales y domésticos, en los países de ingresos alto tratan al 70% de sus aguas residuales que generan”[33], “mientras que en los países de ingreso medios-altos la proporción disminuye al 38% y al 28% en los países de ingresos medios-bajos, en países de ingresos bajos este porcentaje llega a ser solo el 8%”[33].

“Manifiesta Lizana que en pocos países latinoamericanos se han desarrollado avances importantes en el tratamiento de las aguas residuales”[34], “entre los países

que tratan más de la mitad de sus aguas residuales resaltan Brasil, México, Uruguay y Chile, la mayoría de los países no puede hacerle frente a este desafío”[34].

Por ello Salazar et al., en países como Brasil, México y Colombia por más de 20 años se viene optando por el “uso del sistema de depuración biológica que tiene mayor uso para tratamiento de aguas residuales domésticas, en estos países se reportan eficiencias de reducción de DBO5, DQO y SS”[9].

En el Perú, según el estudio de desempeño ambiental del Perú del año 2016, respecto a la “situación de las aguas residuales domesticas generada, se puede señalar que solo el 40 % del volumen total reciben un tipo de tratamiento previo a su vertimiento en un cuerpo receptor”[35]. Cabe destacar que esto es insuficiente y las tecnologías existentes son relativamente costosas.

En la región Ica, se ha ido incrementando la escasez de agua potable y aumentando el volumen del fluido residual, haciendo necesario proponer una alternativa de tratamiento sostenible y económico para tratar los efluentes municipales, para su posterior reúso, sobre todo el Distrito de Salas que no cuenta con un eficiente proceso de fluido residual comunitario.

Estas consideraciones nos permitieron plantearnos la siguiente interrogante:

#### **1.4.1. Problema principal**

¿De qué manera el tratamiento de aguas residuales domesticas mediante depuración biológico mejora significativamente para su reúso del efluente en cultivos agrícolas, distrito de Salas, Ica, 2021?

#### **1.4.2. Problemas específicos**

**P.E.1:** ¿Como el tratamiento de aguas residuales domesticas mediante depuración biológico mejora significativamente el índice volumétrico de lodos, distrito de Salas, Ica, 2021?

**P.E.2:** ¿Como la velocidad de consumo de oxigeno mediante depuración biológico mejora significativamente en el reúso del efluente en cultivos agrícolas, distrito de Salas, Ica, 2021?

## **1.5. Objetivos de la investigación**

### **1.5.1. Objetivo principal**

Explicar que el tratamiento de aguas residuales domesticas mediante depuración biológico mejora significativamente para su reúso del efluente en cultivos agrícolas, distrito de Salas, Ica, 2021

### **1.5.2. Objetivos específicos**

**O.E.1.** Determinar que el tratamiento de aguas residuales domesticas mediante depuración biológico mejora significativamente el índice volumétrico de lodos, distrito de Salas, Ica, 2021

**O.E.2.** Evaluar que la velocidad de consumo de oxigeno mediante depuración biológico mejora significativamente en el reúso del efluente en cultivos agrícolas, distrito de Salas, Ica, 2021

## **1.6. Hipótesis de investigación**

### **1.6.1. Hipótesis principal**

El tratamiento de aguas residuales domesticas mediante depuración biológico mejora significativamente para su reúso del efluente en cultivos agrícolas, distrito de Salas, Ica, 2021.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

**H.E.1.** El tratamiento de aguas residuales domesticas mediante depuración biológico mejora significativamente el índice volumétrico de lodos, distrito de Salas, Ica, 2021.

**H.E.2.** La velocidad de consumo de oxigeno mediante depuración biológico mejora significativamente en el reúso del efluente en cultivos agrícolas, distrito de Salas, Ica, 2021.

## **1.7. Variables de investigación**

### **1.7.1. Variable independiente**

*Tratamiento de agua residual*

**1.7.2. Variable dependiente**

*Reúso del efluente Cultivos Agrícolas*

**1.7.3. Variable interviniente**

*Depuración biológica*

### 1.7.4. Operacionalización de variables

Tabla 2 Operacionalización de variables

VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES
<b>VI: Tratamiento de agua residual</b>	<i>Alpire, [36]</i> “Los lodos activados son un proceso biológico empleado en el tratamiento de aguas residuales convencional, que consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculos en un depósito agitado, aireado” y “alimentado con el agua residual, que es capaz de metabolizar como nutrientes los contaminantes bilógicos presentes en esa agua”[36].	<b>D<sub>I,1</sub></b> : Índice volumétrico de lodos	<b>I<sub>I,1,1</sub></b> : Volumen del lodo ( <i>denominado lodo floculante o bulking</i> )
<b>VD: Reúso del efluente</b>	<i>García-Ochoa &amp; Gómez, [37]</i> “Con el propósito de conocer el efecto de los factores del coeficiente de transferencia de oxígeno, se han desarrollado diferentes trabajos para evaluar la incidencia de cada factor buscando mejorar los procesos de transferencia de oxígeno”, “logrando en algunos casos superar las limitaciones a las que los microorganismos se encuentran expuestos en los diseños convencionales”[37]. <i>Durán &amp; Rojas, [38]</i> “La transferencia de oxígeno mediante aeración y/o aireación, es una operación unitaria que juega un papel primordial en los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales”.	<b>D<sub>D,1</sub></b> : Velocidad de consumo de oxígeno	<b>I<sub>D,1,1</sub></b> : pH <b>I<sub>D,1,2</sub></b> : Demanda química de oxígeno (DQO) <b>I<sub>D,1,3</sub></b> : Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) <b>I<sub>D,1,4</sub></b> : Coliformes fecales NMP/100 ml

## **1.8. Justificación e importancia**

### **1.8.1. Justificación**

La finalidad de la búsqueda fue explicar sobre el procedimiento de las aguas residuales empleando la depuración biológica o el llamado reactor anaerobio y su influencia significativa con la finalidad de reusar el agua tratada en beneficio de la agricultura de tallo mediano, a modo de efecto del análisis de investigación, como fundamento al monitoreo que se realizó in situ en las fechas programadas con el permiso de la Municipalidad de Salas

El estudio busca aportar con los fundamentos científicos en el desarrollo de emplear los conocimientos actualizados en bien del distrito de Salas, que permita un óptimo y eficiente proceso de las aguas residuales domesticas en el distrito. Del mismo modo, se busca reducir todo impacto de contaminación que pueda existir en las aguas residuales tratadas a fin de que éstas puedan ser reutilizadas en el progreso del medio ambiente, como en las labores agrícolas.

La investigación florece de la exigencia de monitorear el comportamiento de los fluidos excedentes domésticas, con el propósito de identificar la cantidad de carga contaminante que existen en la laguna de oxidación ubicado en el parque Goldar Mayer, “tal como lo expresan los habitantes que viven cerca de la mencionada laguna de oxidación, así como las estrategias de prevención adoptadas por la Municipalidad de Salas en bien de los lugareños de esa comunidad”[39].

La investigación busca proporcionar impacto positivo en la comunidad del lugar, en base a la información que se obtendrá del monitoreo, en el aprovechamiento del reuso de las aguas residuales que va permitir enriquecer la mejora del efluente en beneficio en cultivos agrícolas.

A pesar de las aplicaciones generalizadas de la reutilización del agua en la agricultura, todavía falta un marco regulatorio integral que incluya requisitos a la resistencia a los antibióticos (RA), determinantes en tierras agrícolas y cultivos.

### **1.8.2. Importancia**

“Que la reutilización de aguas residuales no solo proporciona una cantidad significativa de agua de riego, sino que también contribuye a conservar los recursos potables y reduce el impacto ambiental relacionado con la descarga de efluentes en los cuerpos de agua”[40].

El desarrollo de esta investigación respecto de la descomposición de la masa biológica por medio del sistema de depuración biológica, es de suma importancia, debido a que permitirá conocer la eficacia, en el procesos del afluente residual comunitario, por otro lado, de proponer una opción tecnológica que permita mejorar la eficacia de remover de la carga biológica del fluido excedente comunitario, a su vez permita minimizar los costos económicos, el uso de recursos disponibles, simplificar y mejorar los procesos de tratamiento de agua residual municipales.

## **1.9. Marco conceptual**

### **1.9.1. Gestión del Agua**

“A la pregunta: ¿Qué estamos haciendo para atender los problemas y desafíos del problema del agua?”[41], “Las respuestas a los problemas del agua, como cualquier problema ambiental, incluyen tanto los instrumentos político-administrativos, económico-financieros, tecnológicos de intervención física, de educación y sensibilización pública, que ayudan a disminuir los grados de contaminación o el uso excesivo del recurso”[41].

### **1.9.2. Nueva Cultura del Agua**

“El termino Nueva Cultura del Agua surge a mediados de los años noventa del siglo XX surge como un movimiento socio ambiental, este concepto poco a poco fue refiriéndose a toda forma diferente de tratar y abordar los temas relacionados con el manejo y gestión”[42]. “Sus actores son los movimientos ecologistas y ambientalistas de los años 70 y 80, en el Valle del Ebro, tomaron el recurso hídrico como bien básico de acción antrópica, y era vista como una expresión de las contradicciones del capitalismo industrial”[42].

“De este modo se concibió el agua como un activo `socialecológico`, y surge la necesidad de gestionar la demanda en lugar de la oferta, aplicando técnicas como análisis y evaluación beneficio-costos o el estudio y evaluación de la degradación ambiental”[42] y “la manera de visualizar la cuenca hidrográfica e hidrológica como una unidad de planificación territorial, intentando reducir y eliminar los trasvases de cuenca y las presas”[42].

### **1.9.3. Reúso de aguas servidas regeneradas**

“Para reusar las aguas residuales tratadas que genere Siempre que se trate del mismo fin para el cual le fue otorgado dicho derecho. En este caso carece de objeto tramitar un pronunciamiento expreso de la Autoridad Nacional del Agua”[43].

### **1.9.4. Aguas Residuales**

“Cabe indicar, que el agua residual, es aquella cuya característica original ha sido modificada por actividades humanas (domésticas, industriales e institucionales) y que, por su calidad, exigen una depuración previa”[44].

### **1.9.5. Saneamiento y Salud**

“En Latino América y el Caribe, una de las dificultades sanitarios más álgidos es la descarga sin control de aguas negras sin depuración alguna, que impacta y contaminan las aguas subterráneas y superficiales. En muchos países las aguas residuales que son regeneradas no cuentan con adecuado tratamiento”[45].

### **1.9.6. Recirculación**

*Metcalf y Eddy*, [16], “La recirculación de los microorganismos desde el sedimentador secundario al tanque de aireación, permite mantener una concentración de biomasa constante en el reactor. Valores de recirculación varían en función del caudal de entrada, desde una fracción de 0,25 a 1,25”.

### 1.9.7. Carga orgánica

*Méndez et al*, [26]“La Carga Orgánica (CO), se refiere a la cantidad de materia orgánica que ingresa al sistema, representándose como la alimentación de  $\text{DBO}_5$  por unidad de volumen de reactor, expresada como  $(\text{kgDBO}_5/\text{m}^3\cdot\text{d})$ ”. *Ramalho*, explica que, “La carga orgánica varía con la operación de la planta, tanto en flujo, como en concentración de material orgánico. Típicamente, los valores de diseño son entre 0,3–1,6  $(\text{KgDBO}_5/\text{m}^3\cdot\text{d})$ ”[21].

### 1.9.8. Tiempo de retención hidráulico (TRH)

*Metcalf y Eddy*, [16], “Al tiempo de residencia del agua residual en el sistema, el cual debe ser suficiente para permitir un contacto adecuado entre la materia orgánica disuelta y los microorganismos”. *Ramalho*, [21]. “Los sistemas convencionales presentan TRH entre 3-10 h, mientras que los de aireación extendida de 12-36 h”

## II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

### 2.1. Área de estudio

“El departamento de Ica es uno de los veinticuatro departamentos que forman la República del Perú, ubicado en el centro oeste del país, limitando al norte con Lima, al este Huancavelica y Ayacucho, al sur Arequipa y al oeste el Océano Pacífico”[46].



Fuente: [https://www.ecured.cu/Departamento\\_de\\_Ica\\_\(Per%C3%BA\)#/media/File:Mapa-perc3ba-ica.jpg](https://www.ecured.cu/Departamento_de_Ica_(Per%C3%BA)#/media/File:Mapa-perc3ba-ica.jpg)

**Figura 1** Departamento de Ica

El distrito de Salas es uno de los catorce distritos de la provincia de Ica que conforma la provincia de Ica, en el departamento de Ica en el sur centro del Perú.

**Altitud:** 430 m.s.n.m

**Superficie:** 651.72 km<sup>2</sup>

**Provincia:** Ica

**El distrito limita con:**

**Norte:** provincia de Pisco con los distritos de San Andrés y Humay

**Sur:** distrito de Subtanjalla.

**Este:** con los distritos de San José de los Molinos y San Juan Bautista.

**Oeste:** Océano Pacífico y el distrito de Paracas.

### *Clima*

En Salas, los veranos son cortos, cálidos, húmedos y nublados; los inviernos son largos, calurosos y parcialmente nublados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 19 °C a 34 °C y rara vez baja a menos de 17 °C o sube a más de 36 °C



Fuente: [https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Location\\_of\\_the\\_province\\_Ica\\_in\\_Ica.svg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Location_of_the_province_Ica_in_Ica.svg)  
Fuente: <http://elblogdemiregionica.blogspot.com/2015/08/los-distritos-mas-antiguos-de-ica.html>

**Figura 2** Ubicación de la Municipalidad del Distrito de San Andrés en la Provincial de Pisco



Fuente: <http://noticiasdeica.blogspot.com/2011/02/distrito-de-salas-de-guadalupe-celebra.html>  
Fuente: [https://www.wikiwand.com/es/Distrito\\_de\\_Salas\\_\(Ica\)](https://www.wikiwand.com/es/Distrito_de_Salas_(Ica))

**Figura 3** Ubicación de la municipalidad del distrito de San Andrés

## **2.2. La Investigación**

### **2.2.1. Tipo y nivel de la investigación**

**“Tipo** De acuerdo al propósito de la investigación es de tipo aplicado, observacional-retrospectivo-transversal, puesto que se aplicó conocimientos previos adquiridos de un aprendizaje teórico, además resolver problemas reales”[47].

**“Nivel** Es descriptivo, ya que se describió la variable y el fenómeno en general pero también se explicó la relación que existe entre dos variables”[48].

**“Diseño**, Por su naturaleza es una investigación experimental ya que ha permitido manipular la variable” [47].

### **2.2.2. Población y muestra**

**“Población:** Aguas residuales domesticas proveniente de la planta de tratamiento en el parque ecológico Golda Meir. [28].

**Muestra:** “El tamaño de la muestra está determinado de acuerdo al volumen del depurador biológico”[28].

## **2.3. Marco legal**

### **“Norma OS. 090 plantas de tratamiento de aguas residuales**

El presente Reglamento establece las disposiciones generales:”[49].

#### **2.3.1. Normas para los estudios de ingeniería básica**

**2.3.1.1.** “El propósito de los estudios de ingeniería básica es desarrollar información adicional para que los diseños definitivos puedan concebirse con un mayor grado de

seguridad. Entre los trabajos que se pueden realizar en este nivel se encuentran:”[49].

... *Estudios adicionales de caracterización* de las aguas residuales o desechos industriales que pueden requerirse para obtener datos que tengan un mayor grado de confianza;

*Estudios geológicos y geotécnicos* que son requeridos para los diseños de cimentación de las diferentes unidades de la planta de tratamiento;

*Estudios de mecánica* de suelo son de particular importancia en el diseño de lagunas de estabilización, específicamente para el diseño de los diques, impermeabilización del fondo y movimiento de tierras en general.[49].

**2.3.1.2.** “De mayor importancia, sobre todo para ciudades de gran tamaño y con proceso de tratamiento biológico, son los estudios de tratabilidad, para una o varias de las descargas de aguas residuales domésticas o industriales que se admitan:”[49].

... La finalidad de los estudios de tratabilidad biológica es determinar en forma experimental el comportamiento de la biomasa que llevará a cabo el trabajo de biodegradación de la materia orgánica, frente a diferentes condiciones climáticas y de alimentación. En algunas circunstancias se tratará de determinar el comportamiento del proceso de tratamiento, frente a sustancias inhibidoras o tóxicas. Los resultados más importantes de estos estudios son:.[49].

- ✓ “Las constantes cinéticas de biodegradación y mortalidad de bacterias
- ✓ Los requisitos de energía (oxígeno) del proceso
- ✓ La cantidad de biomasa producida, la misma que debe tratarse y disponerse posteriormente
- ✓ Las condiciones ambientales de diseño de los diferentes procesos”[49].

... Estos estudios deben llevarse a cabo obligatoriamente para ciudades con una población actual (referida a la fecha del estudio) mayor a 75000 habitantes y otras de menor tamaño que el organismo competente considere de importancia por su posibilidad de crecimiento, el uso inmediato de aguas del cuerpo receptor, la presencia de descargas industriales, etc.;

Los estudios de tratabilidad podrán llevarse a cabo en plantas a escala de laboratorio, con una capacidad de alrededor de 40 l/d o plantas a escala.[49].

### **2.3.2. Técnica de recolección de datos**

Para la recolección de datos, se utilizaron técnicas experimentales, estadísticas y de laboratorio, en caso de las técnicas de experimentales consistió en la observación del aspecto del agua tratada a diferentes tiempos de retención; respecto a las técnicas de laboratorio corresponde a análisis cuantitativo de cada parámetro evaluado; finalmente para el análisis de datos que se obtuvieron en las pruebas de la planta piloto, se utilizó la técnica estadística y el uso de graficas de tendencia. Entre las principales técnicas de laboratorio fueron APHA, WEF Y EPA Methods 1664, así mismo como técnica estadística se utilizó el programa Microsoft Excel.

### **2.3.3. Instrumentos de recolección de datos**

#### ***Materiales***

- ✓ “Embace de plásticos y de vidrio, color ámbar de 1litro para toma de muestras.
- ✓ Probeta graduada de 1000 ml, probeta de 100 ml y cono Imhoff para mediciones volumétricas”[50].
- ✓ “Cajas térmicas para el traslado y conservación de las muestras.
- ✓ Plumones indelebles, libreta de campo, para etiquetado de embaces y anotación de observaciones”[50].

#### **Equipos**

- ✓ **pH** metro. para la medición de pH.
- ✓ “Compresora, utilizado para el suministro de aire comprimido.
- ✓ Cronometro, utilizado para la medición de caudal.

#### ***Indumentaria de Protección***

Guardapolvo, Guardapolvo, guantes de látex descartable, lentes de seguridad, utilizado para la protección personal y manipuleo de muestras”[51].

#### **2.3.4. Técnicas de procesamiento de datos**

Para la interpretación de los datos se considerará el Excel

#### **2.3.5. Análisis e interpretación de los datos**

##### ***Regresión lineal simple***

“Muchas veces las decisiones se basan en la relación funcional entre dos o más variables, una relación funcional se expresa mediante una función matemática, si X es la variable independiente e Y es la variable dependiente, entonces:  $Y = f(x)$ ” [52].

##### ***Gráficos o diagramas de dispersión***

“Muestran la relación existente entre variables, sino también resaltan las observaciones individuales que se desvían de la relación general, estas observaciones son conocidas como outliers o valores inusitados, que son puntos de los datos que aparecen separado del resto”[52].

### III. RESULTADOS

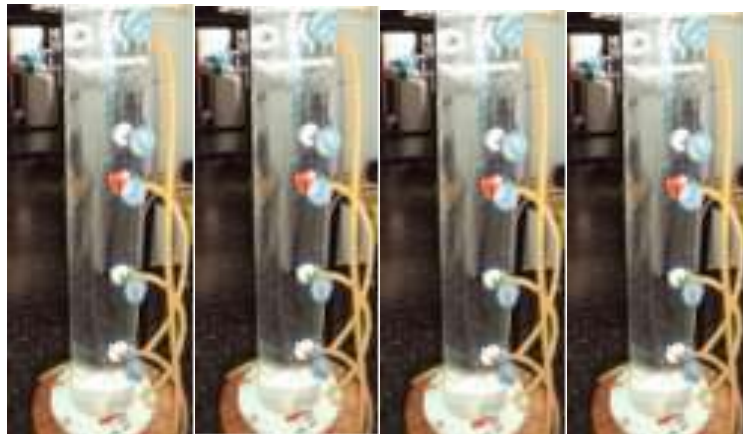
#### 3.1. El tratamiento de aguas residuales domesticas para su reúso del efluente en cultivos agrícolas

##### 3.1.1. Descripción del equipo utilizado

El equipo para obtener la velocidad de consumo de oxígeno en un procedimiento que se aplica continuamente, consiste de 04 cajas de vidrio transparente, que proporciona una bondadosa transparencia de lo que acontece a lo largo de la totalidad el proceso.

Se distribuye en dos áreas, un área o zona oxigenada (depurador biológico), adonde se desarrolla la eliminación de los contaminantes recurriendo a la generación de flocs biológico suspendido, con volumen determinado en función del tiempo de retención y el mecanismo de operación, y la otra área o zona de sedimentación, adonde suceda la division del líquido y lodo (clarificación), a ambas áreas o zonas las divide una tabique de vidrio deslizable, aceptando un agujero de entre 0.3mm a 1.6mm, para conceder que de la zona o área de sedimentación pase el lodo activado y decantado.

Cada caja de aeracion, considera con dos difusores de 9.5 cm de diámetro administrando oxigeno de burbuja fina, estas son suministradas por un equipo de aireación de 9W de potencia.



**Figura 4 Depuradores biológicos a escala de laboratorio**

**3.1.2. Zona de ubicación de muestreo del agua residual domestica**



**Figura 5 Vista panorámica de la empresa municipal de agua potable y alcantarillado de Salas Guadalupe**



**Figura 6 Vista panorámica del parque ecológico Golda Meir en el distrito de Salas Guadalupe**



**Figura 7 Vista panorámica de la laguna facultativa de agua residual en el parque ecológico Golda Meir del distrito de Salas Guadalupe**



**Figura 8 Vista panorámica de la laguna facultativa de agua residual en el parque ecológico Golda Meir del distrito de Salas Guadalupe**



**Figura 9 Vista panorámica de la laguna facultativa de agua residual en el parque ecológico Golda Meir del distrito de Salas Guadalupe**

### 3.1.3. Caja de información y asignación de caudal

“La caja consta de 01 cilindro mediano de material plástico de 20 litros de capacidad, 04 griferías de 1/2”, “Con accesorios PVC, 02 bombas de pecera de 4W de potencia, 01 válvula esférica de purga de 1”, Tubería de PVC x 1” de 2.5 ml, 02 coladores de hierro (para tamizado)”[19].

### 3.1.4. Caracterización del agua residual de la laguna de oxidación de Salas

El agua residual doméstico, descargadas en el parque ecológico Goldar Mayer. Las cuales son evacuadas a través de las redes de alcantarillado.

El punto de descarga del colector en el parque ecológico Goldar Mayer, se encuentra ubicado a la entrada de distrito de Salas Guadalupe, según las coordenadas UTM S: 75°46'23"O, 13°59'10"S y a 430 m.s.n.m., con respecto al sistema de coordenadas UTM Wgs84 DATUM, Zona 18 Sur.

De acuerdo con la naturaleza del agua residual a ocuparse obedecerá a la procedencia de los lodos activados, por lo cual es considerable identificar las características físicas, químicas y microbiológicas.

#### *Capacidad de flujo*

- ✓ Qpm = 83.56 lts/seg. (Caudal en colector)
- ✓ Qmh = 105.80 lts/seg (Caudal en colector)

**Tabla 3 Caracterización del ARD de la Laguna del Distrito Salas-Guadalupe**

Parámetros	Unidad	LMP	Afluente		Efluente	
			ARD-010-A	ARD-010-B	ARD-020A	ARD-020-B
			17.09.2021 Hora: 8:00 am	17.09.2021 Hora: 10:00 am	20.09.2021 Hora: 8:00 am	20.09.2021 Hora: 10:00 am
Aceites y Grasas	mg/L	20	27	26	0.7	0.6
Coliformes Totales	NMP/100ml	10000	1.8x10 <sup>6</sup>	1.6x10 <sup>6</sup>	4.7x10 <sup>4</sup>	3.1 x 10 <sup>4</sup>
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	N.D,	3.2x10 <sup>5</sup>	3.5x10 <sup>5</sup>	3.9x10 <sup>3</sup>	1.4 x 10 <sup>3</sup>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100	320	305	77	67
DQO	mg/L	200	345	360	135.4	133.8
pH	Unidad de pH	6.5 – 8.5	8.57	8.52	7,92	7,89

Solidos Totales Suspendidos	mg/L	150	126.9	130.5	81.30	75.4
Temperatura (Max.)	°C	< 35	26	27.3	25	26

### 3.2. Tratamiento de agua residual doméstica y el índice volumétrico de lodos (IVL)

#### 3.2.1. Información obtenidos del monitoreo de la T°, OD y pH

Para tal efecto se cuenta unas cajas de depuradores biológicos completamente operativos, con los fangos activados produciendo de manera eficiente y con la finalidad de adquirir la estabilidad ecológica microbiana del lodo.

**Tabla 4 Temperatura en los depuradores biológicos**

N°	Fecha	Temperatura media en los depuradores biológicos		
		T° Min	T° Max	T° Media
1	16/09/2021	11.2	27.1	19.2
2	17/09/2021	11.0	27.3	19.2
3	18/09/2021	11.1	27.6	19.5
4	19/09/2021	11.5	27.6	19.6
5	20/09/2021	11.1	27.6	19.4
6	21/09/2021	11.4	27.8	19.6
7	22/09/2021	11.6	27.7	19.7
8	23/09/2021	11.5	27.8	10.7
9	24/09/2021	11.5	27.8	19.7
10	25/09/2021	11.8	27.9	19.9
11	25/09/2021	11.9	28.0	20.0
12	25/09/2021	11.7	28.3	20.0
13	25/09/2021	11.9	28.3	20.1
14	25/09/2021	11.8	28.5	20.2
15	25/09/2021	12.0	28.5	20.3
16	01/10/2021	12.1	28.6	20.4
17	02/10/2021	12.1	28.6	20.4
18	03/10/2021	12.3	28.6	20.5
19	04/10/2021	12.4	28.7	20.6

20	05/10/2021	12.4	28.7	20.6
21	06/10/2021	12.6	28.7	20.7
22	07/09/2021	12.5	28.7	20.6
23	08/09/2021	12.5	28.7	20.6
24	09/09/2021	12.5	28.6	20.6
25	10/09/2021	12.7	28.6	20.7
26	11/09/2021	12.5	28.6	20.6
27	12/09/2021	12.8	28.8	20.8
28	13/09/2021	12.8	28.8	20.8
29	14/09/2021	12.8	28.8	20.8
30	15/09/2021	12.8	28.8	20.8
<b>T° máximo</b>				<b>28.3</b>
<b>T° mínimo</b>				<b>12.0</b>
<b>T° promedio</b>				<b>20.2</b>

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=ica&p=pronostico-detalle>

**Tabla 5 Temperatura media en los depuradores biológicos**

<b>Fecha</b>	<b>T° Media</b>
16/09/2021	19.2
17/09/2021	19.2
18/09/2021	19.5
19/09/2021	19.6
20/09/2021	19.4
21/09/2021	19.6
22/09/2021	19.7
23/09/2021	19.7
24/09/2021	19.7
25/09/2021	19.9
26/09/2021	20
27/09/2021	20
28/09/2021	20.1
29/09/2021	20.2

30/09/2021	20.3
01/10/2021	20.4
02/10/2021	20.4
03/10/2021	20.5
04/10/2021	20.6
05/10/2021	20.6
06/10/2021	20.7
07/10/2021	20.6
08/10/2021	20.6
09/10/2021	20.6
10/10/2021	20.7
11/10/2021	20.6
12/10/2021	20.8
13/10/2021	20.8
14/10/2021	20.8
15/10/2021	20.8

Con los siguientes datos registrados en el campo sobre las temperaturas medias vs las fechas de salida al campo se tiene la siguiente figura 5

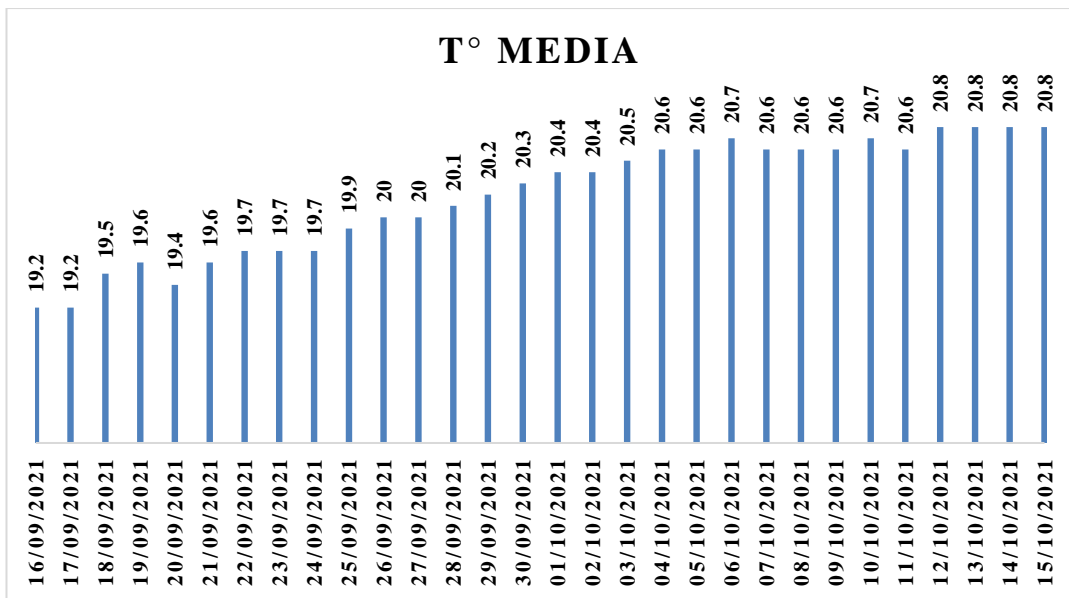


Figura 10 Temperatura media en los depuradores biológicos

Tabla 6 Monitoreo de pH y OD

N° depurador biológico	Fecha	pH	OD (ppm)	Estado del sistema
------------------------	-------	----	----------	--------------------

Depurador biológico 1	24/09/2021	8.57	5.38	Adaptación
	26/09/2021	8.53	0.63	
	28/09/2021	8.49	4.54	
	02/10/2021	7.97	3.82	Estabilizado
	04/10/2021	7.97	1.78	
	06/10/2021	7.88	4.84	
Depurador biológico 2	24/09/2021	8.59	5.29	Adaptación
	26/09/2021	8.53	0.93	
	28/09/2021	8.50	5.86	
	02/10/2021	7.99	3.74	Estabilizado
	04/10/2021	7.95	1.28	
	06/10/2021	7.87	4.71	
Depurador biológico 3	24/09/2021	8.58	5.10	Adaptación
	26/09/2021	8.55	0.96	
	28/09/2021	8.53	4.09	
	02/10/2021	7.93	3.99	Estabilizado
	04/10/2021	7.88	3.41	
	06/10/2021	7.85	4.26	
Depurador biológico 4	24/09/2021	8.55	3.87	Adaptación
	26/09/2021	8.49	1.08	
	28/09/2021	8.37	2.67	
	02/10/2021	7.91	4.15	Estabilizado
	04/10/2021	7.89	3.81	
	06/10/2021	7.86	4.27	

### 3.2.2. Monitoreo de solidos suspendidos volátiles en el licor de mezcla (SSVLM)

*Ramalho*, indica que para la determinación de los SSVLM, “se realizaron los ensayos de laboratorio, con el fin de mantener una concentración adecuada de microorganismos en el licor de mezcla de la cámara de

aireación debiendo encontrarse en el rango de 2000 mg/l SSV a 4000 mg/l SSV”[21].

“Para determinar los SSVLM se toma una muestra de 50ml del licor mezclado de cada depurador biológico, para luego filtrar con la ayuda de una bomba de vacío, matraz de kitasato y papel filtro”[21], “después son llevadas las muestras a un horno estufa para ser secados por un periodo de 1 hora a 105°C obteniendo los *sólidos suspendidos totales* (SST)”[21]; “luego de este paso se procede a llevar a calcinación las muestras colocadas en crisoles en una mufla por un periodo de 1 hora a 550°C, obteniendo los sólidos suspendidos fijos, operando una resta de SST-SSF obtenemos los SSVLM” [21].

#### **Cálculo de SSVLM**

$$SSVLM (g) = (Peso\ de\ crisol + muestra, g) \\ - (Peso\ de\ crisol + Muestra\ calcinada, g)$$

#### **Cálculo de SSVLM, ppm = X, mg/l**

$$SSVLM (ppm) = \frac{(SSVLM, g)}{50\ ml} \times \frac{1000\ ml}{1\ L} \times \frac{1000\ mg}{1\ g}$$

50 ml = muestra de agua

**Tabla 7 “Monitoreo de SSVLM de cada Reactor durante Operación del sistema”[19]**

N° Depurador biológico	Fecha	Peso papel filtro, (g)	Peso de papel filtro + Muestra, (g)	SST (g), Para una muestra de 50 ml	Peso de Crisol (g)	Peso de crisol + Muestra, (g)	SSF (g)	SSV = SST- SSF, (g)	SSV = SST-SSF, (mg/l)	Estado del sistema
Depurador biológico 1	22/09/2021	1.069	1.418	0.326		44.574	0.086	0.251	5020.000	Adaptación
	23/09/2021	1.087	1.394	0.285		44.570	0.081	0.214	4280.000	
	29/09/2018	1.056	1.365	0.309		44.558	0.070	0.251	5016.000	
	30/09/2021	1.063	1.223	0.160	44.378	44.527	0.039	0.132	2636.000	
	06/10/2021	1.067	1.214	0.147		44.404	0.026	0.121	2420.000	Estabilizado
	07/10/2021	1.064	1.225	0.161		44.405	0.027	0.134	2680.000	
Depurador biológico 2	22/09/2021	1.104	1.440	0.337		48.492	0.076	0.261	5218.000	Adaptación
	23/09/2021	1.060	1.359	0.299		48.490	0.074	0.225	4494.000	
	29/09/2021	1.040	1.342	0.302	48.384	48.475	0.058	0.243	4868.000	
	30/09/2021	1.059	1.212	0.153		48.445	0.029	0.124	2478.000	
	06/10/2021	1.045	1.211	0.166		44.422	0.038	0.128	2560.000	Estabilizado
	07/10/2021	1.069	1.232	0.163		44.408	0.024	0.139	2780.000	
Depurador biológico 3	22/09/2021	1.083	1.375	0.292		35.763	0.083	0.209	4180.000	Adaptación
	23/09/2021	1.095	1.352	0.258		35.751	0.071	0.186	3728.000	
	29/09/2021	1.059	1.347	0.288		35.747	0.067	0.221	4410.000	
	30/09/2021	1.066	1.273	0.206	44.572	35.727	0.047	0.160	3190.000	
	06/10/2021	1.071	1.249	0.178		44.614	0.042	0.136	2720.000	Estabilizado
	07/10/2021	1.083	1.228	0.184		44.611	0.039	0.145	2900.000	
Depurador	22/09/2021	1.065	1.346	0.281	44.136	34.279	0.068	0.213	4264.000	

biológico 4	23/09/2021	1.068	1.312	0.244	34.277	0.066	0.178	3556.000	Adaptación
	29/09/2021	1.049	1.317	0.268	34.278	0.067	0.201	4010.000	
	30/09/2021	1.073	1.270	0.197	34.259	0.049	0.149	2972.000	
	06/10/2021	1.086	1.273	0.187	44.179	0.043	0.144	2880.000	Estabilizado
	07/10/2021	1.073	1.262	0.189	44.177	0.041	0.148	2960.000	

### 3.2.3. Obtención neta del fango en condición permanente en el sistema

Para la producción neta de lodos, se determina la producción de *solidos suspendidos volátiles en el licor de mezcla* (SSVLM) en un  $\emptyset_0 = 0$  horas y  $\emptyset_1 = 24$  horas, los cuales fueron realizados los días 06 y 07 de octubre del 2021, como se indica en la tabla adjunta:

**Tabla 8 Producción neta de lodos por el depurador biológico**

N° Depurador biologic	Fiche	SSVLM (mg/l)	Production neta de lodos (mg/l)	Estado del Sistema
Depurador biologico1	06/10/2021	2420.000	260.000	Stabilized
	07/10/2021	2680.000		
Depurador biologico2	06/10/2021	2560.000	220.000	Stabilized
	07/10/2021	2780.000		
Depurador biologico3	06/10/2021	2720.000	180.000	Stabilized
	07/10/2021	2900.000		
Depurador biologico4	06/10/2021	2880.000	80.000	Stabilized
	07/10/2021	2960.000		

### 3.2.4. Monitoreo para índice volumétrico de lodos

*Ramallo*, “El índice volumétrico del lodo o IVL, es un indicador macroscópico que permite evaluar las características de decantación del lodo”[21]. “Corresponde al volumen en litros, que ocupa 1 gramo de sólidos en suspensión del licor de mezcla en peso seco, después de sedimentar por 30 minutos”[21]. “En el control de una planta de tratamiento de aguas, el IVL se usa para determinar si se está produciendo un aumento de volumen del lodo, denominado lodo floculento o Bulking”[21], como lo indica el anexo I y anexo II.

$$IVL = \frac{V_{30}}{SST} \left\{ \frac{ml}{g} \right\}$$

Calculando el índice volumétrico de lodos (IVL), para el depurador biológico 1:

$$SST = \frac{0.147 \text{ g}}{50 \text{ ml}} * \frac{1000 \text{ ml}}{l} = 2.94 \frac{\text{g}}{l}$$

$$SST = \frac{0.161 \text{ g}}{50 \text{ ml}} * \frac{1000 \text{ ml}}{l} = 3.22 \frac{\text{g}}{l}$$

$$SST = \frac{0.099 \text{ g}}{50 \text{ ml}} * \frac{1000 \text{ ml}}{l} = 1.98 \frac{\text{g}}{l}$$

$$SST = \frac{0.096 \text{ g}}{50 \text{ ml}} * \frac{1000 \text{ ml}}{l} = 1.92 \frac{\text{g}}{l}$$

Calculando el índice volumétrico de lodos (IVL), para el depurador biológico 2:

$$SST = \frac{0.166 \text{ g}}{50 \text{ ml}} * \frac{1000 \text{ ml}}{l} = 3.32 \frac{\text{g}}{l}$$

$$SST = \frac{0.163 \text{ g}}{50 \text{ ml}} * \frac{1000 \text{ ml}}{l} = 3.26 \frac{\text{g}}{l}$$

$$SST = \frac{0.127 \text{ g}}{50 \text{ ml}} * \frac{1000 \text{ ml}}{l} = 2.54 \frac{\text{g}}{l}$$

$$SST = \frac{0.141 \text{ g}}{50 \text{ ml}} * \frac{1000 \text{ ml}}{l} = 2.82 \frac{\text{g}}{l}$$

**Tabla 9 Monitoreo de índice volumétrico de lodos**

N° Depurador biológico	Fecha	SST (g/l)	Sedimentación en cono IMHOFF ml/l	Índice volumétrico de lodos (IVL) ml/g	Estado del sistema
Depurador biológico 1	07/10/2021	2.94	340	115.65	Estabilizado
	08/10/2021	3.22	280	86.96	
	10/10/2021	1.98	140	70.71	
	11/10/2021	1.92	190	98.96	
Depurador	07/10/2021	3.32	340	102.65	Estabilizado

biológico 2	08/10/2021	3.26	320	98.16	
	10/10/2021	2.54	340	133.86	
	11/10/2021	2.82	390	138.30	
Depurador biológico 3	07/10/2021	3.56	340	95.51	Estabilizado
	08/10/2021	3.68	330	89.67	
	10/10/2021	3.38	390	115.38	
	11/10/2021	3.50	410	117.14	
Depurador biológico 4	07/10/2021	3.74	340	90.91	Estabilizado
	08/10/2021	3.78	320	84.66	
	10/10/2021	3.70	310	83.78	
	11/10/2021	3.98	410	103.02	

### 3.3. La velocidad de consumo de oxígeno (VUO) para el reúso del efluente en cultivos agrícolas

*Alonso*, “El conocimiento de la actividad bacteriana, es esencial para evaluar la degradación de la materia orgánica, la cual puede verse disminuida por condiciones desfavorables en el sistema”[53].

“La determinación del VUO en cada reactor es esencial para conocer cuando el sistema se encuentra en estado estacionario o estabilidad ecológica microbiana, siendo el valor del VUO constante durante la fase de estabilidad”[53].

Para determinar la VUO se grafica los valores de OD vs Tiempo, despreciando los primeros valores hasta que la pendiente se estabilice, ya que los primeros minutos hay pérdida de aire atrapado en el licor de mezcla, también se desprecia los últimos puntos debido a la sensibilidad del equipo. El cual se puede verificar en los siguientes cuadros y gráficos.

**Tabla 10 Datos de las pruebas realizadas el 16 de setiembre del 2021 en DB1**

Parámetros	Unidad	TR-6	TR-8	TR-10	TR-12	TR-14	TR-16	TR-18
Aceites y Grasas	mg/L	27	18.0	3.8	2.0	1.1	1.0	0.8
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	3.2x10 <sup>5</sup>	1.8x10 <sup>5</sup>	9.6x10 <sup>4</sup>	3.8x10 <sup>4</sup>	2.5x10 <sup>4</sup>	1.8x10 <sup>4</sup>	4.0x10 <sup>3</sup>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	320	280	245	199	100	81	78
DQO	mg/L	345	320	315	248	180	152	140
pH	Unidad de pH	8.57	8.45	8.32	8.10	8.10	7.92	7.91
TSS	mg/L	150	141	139	124	101	93	80
Temperatura	°C	26	26	26.5	27.3	26	24	22

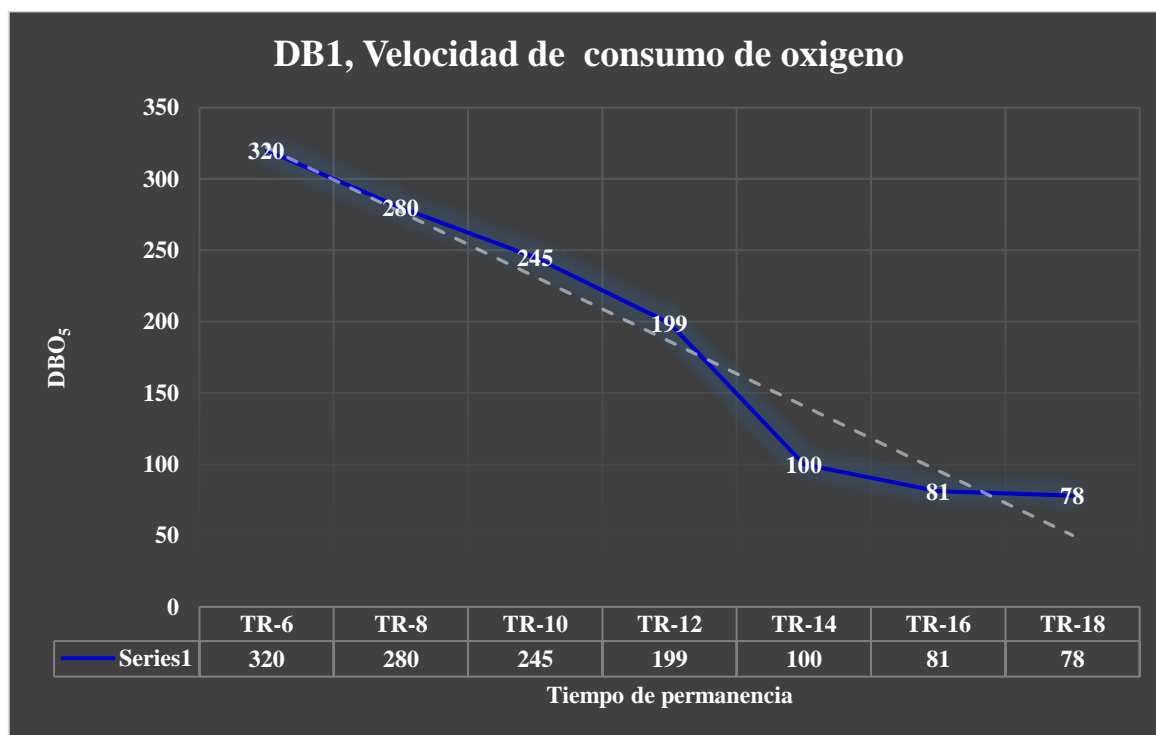


Figura 11 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB1, día 16 de setiembre del 2021

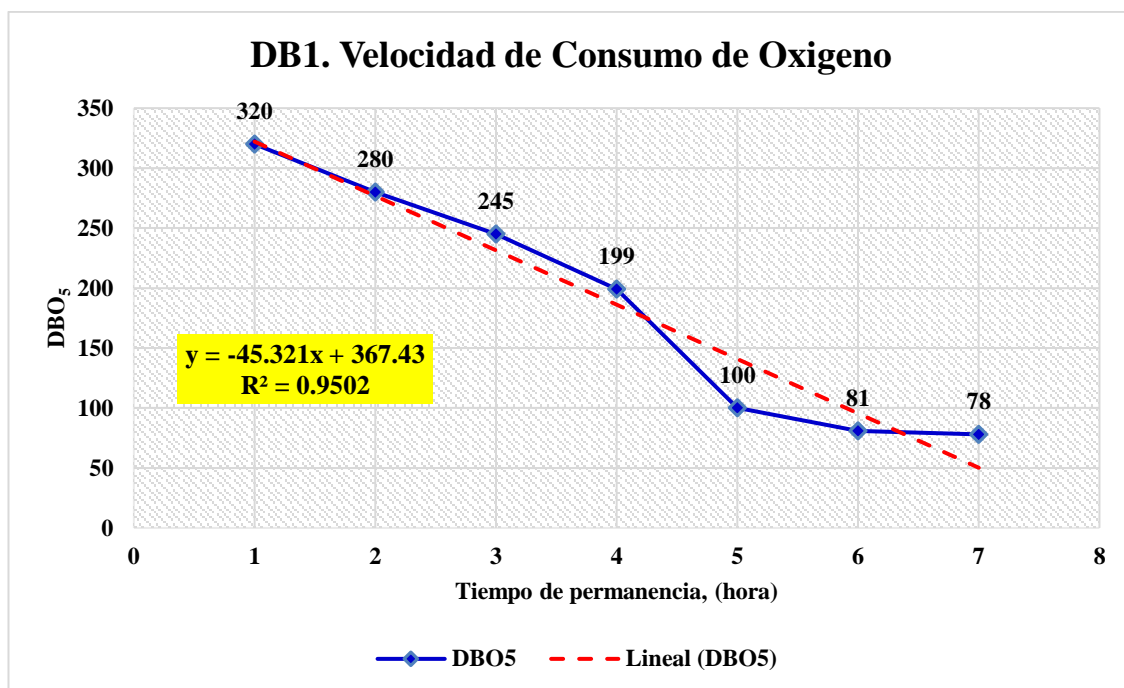


Figura 12 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB1, día 16 de setiembre del 2021, con un 95.02% de eficiencia

Tabla 11 Datos de las pruebas realizadas el 17 de setiembre en el DB1

Parámetros	Unidad	TR-6	TR-8	TR-10	TR-12	TR-14	TR-16	TR-18
Aceites y Grasas	mg/L	26	19.0	4.8	2.2	1.3	0.9	0.6
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	3.5x10 <sup>5</sup>	2.1x10 <sup>5</sup>	8.5x10 <sup>4</sup>	3.6x10 <sup>4</sup>	2.4x10 <sup>4</sup>	1.5x10 <sup>4</sup>	1.5x10 <sup>3</sup>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	305	298	264	193	145	99	68
DQO	mg/L	360	313	267	210	205	197	135
pH	Unidad de pH	8.52	8.41	8.12	8.01	7.99	7.92	7.85
TSS	mg/L	126.9	120	112	105	99	81	75
Temperatura	°C	26	26.5	27.5	27.7	26	24	22

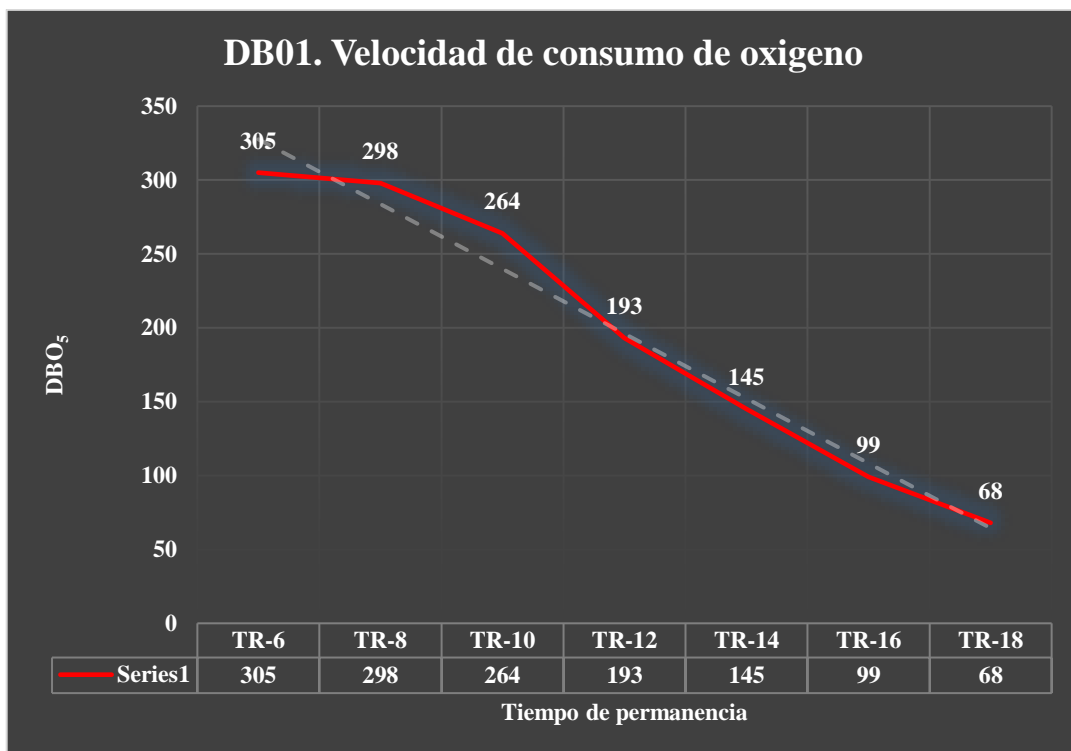


Figura 13 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB1, día 17 de setiembre del 2021

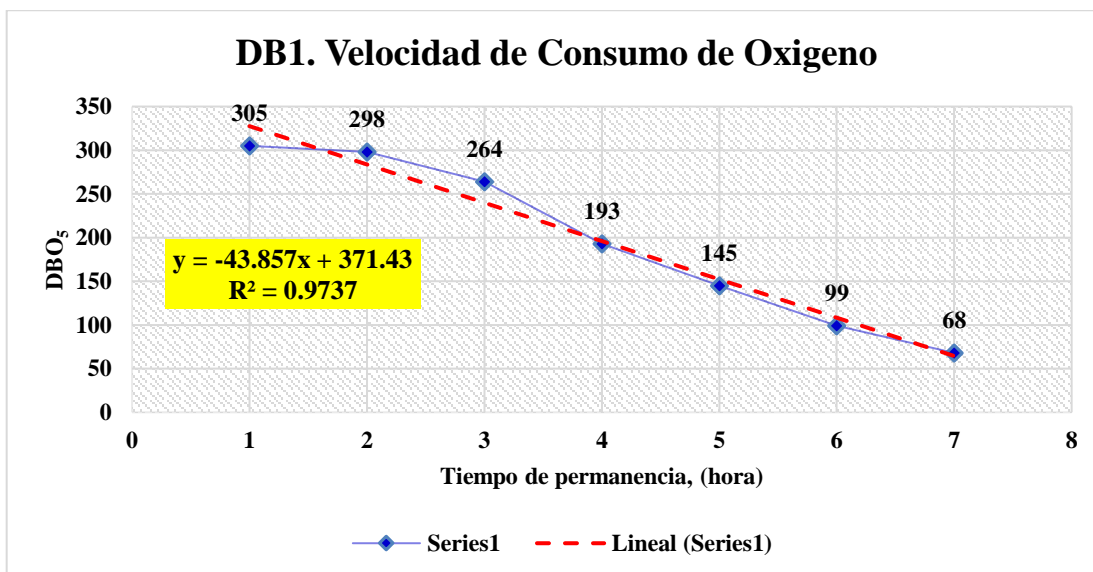
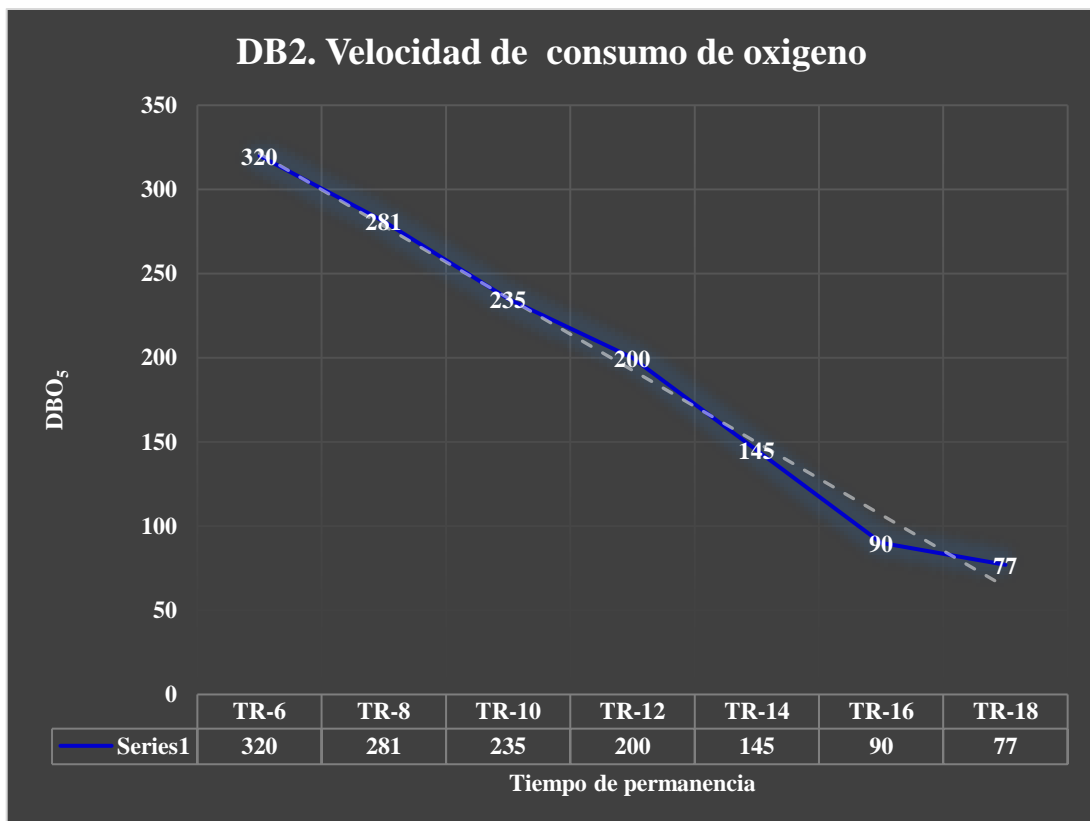


Figura 14 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB1, día 17 de setiembre del 2021, con un 97.37% de eficiencia

**Tabla 12 Datos de las pruebas realizadas el 16 de setiembre del 2021 en DB2**

Parámetros	Unidad	TR-6	TR-8	TR-10	TR-12	TR-14	TR-16	TR-18
Aceites y Grasas	mg/L	27	20	15	10	5	0.9	0.8
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	3.2x10 <sup>5</sup>	1.9x10 <sup>5</sup>	9.1x10 <sup>4</sup>	3.2x10 <sup>4</sup>	2.0x10 <sup>4</sup>	1.3x10 <sup>4</sup>	3.8x10 <sup>3</sup>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	320	281	235	200	145	90	77
DQO	mg/L	345	335	300	269	200	165	141
pH	Unidad de pH	8.57	8.4	8.28	8.09	7.99	7.95	7.94
TSS	mg/L	150	139	132	115	99	90	81
Temperatura	°C	26	26	27	27.5	26	24	22



**Figura 15 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB2, día 16 de setiembre del 2021**

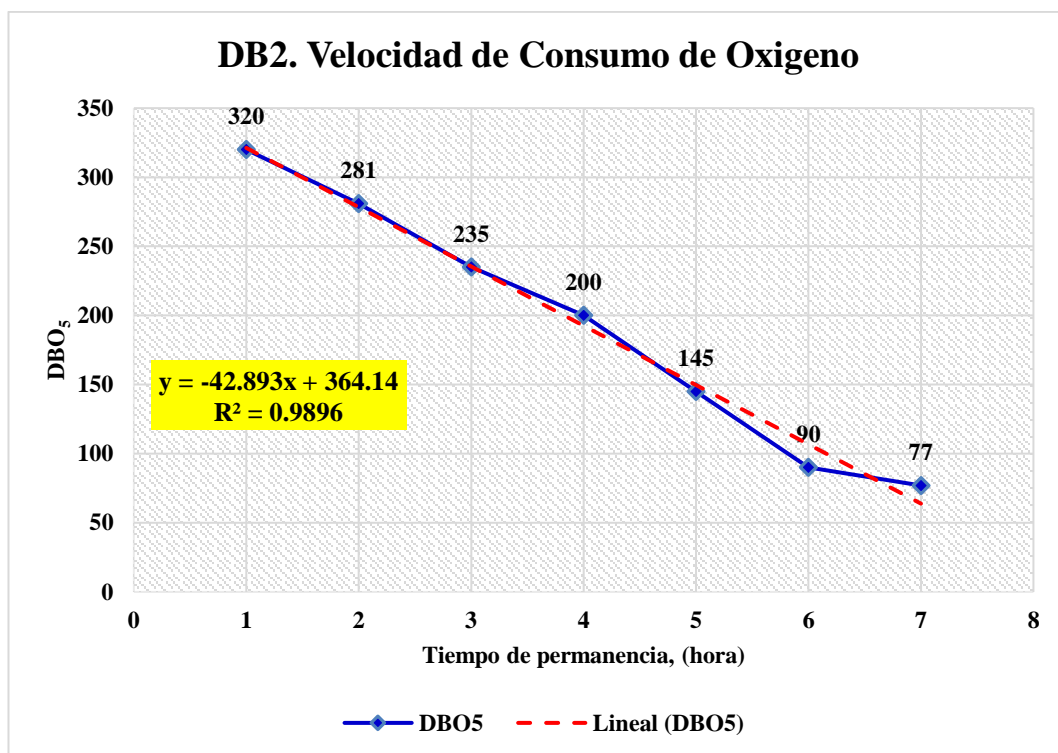


Figura 16 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB2, día 16 de setiembre del 2021, con un 98.96% de eficiencia

Tabla 13 Datos de las pruebas realizadas el 17 de setiembre del 2021 en DB2

Parámetros	Unidad	TR-6	TR-8	TR-10	TR-12	TR-14	TR-16	TR-18
Aceites y Grasas	mg/L	26	21	12	10	6	1	0.7
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	3.5x10 <sup>5</sup>	2.4x10 <sup>5</sup>	7.3x10 <sup>4</sup>	2.2x10 <sup>4</sup>	1.1x10 <sup>4</sup>	1.0x10 <sup>4</sup>	1.4x10 <sup>3</sup>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	305	285	235	183	120	89	66
DQO	mg/L	360	313	281	223	199	168	130
pH	Unidad de pH	8.52	8.39	8.09	7.99	7.95	7.92	7.84
TSS	mg/L	126.9	119	115	104	97	79	74
Temperatura	°C	26	26.5	27.5	27.7	26	24	22

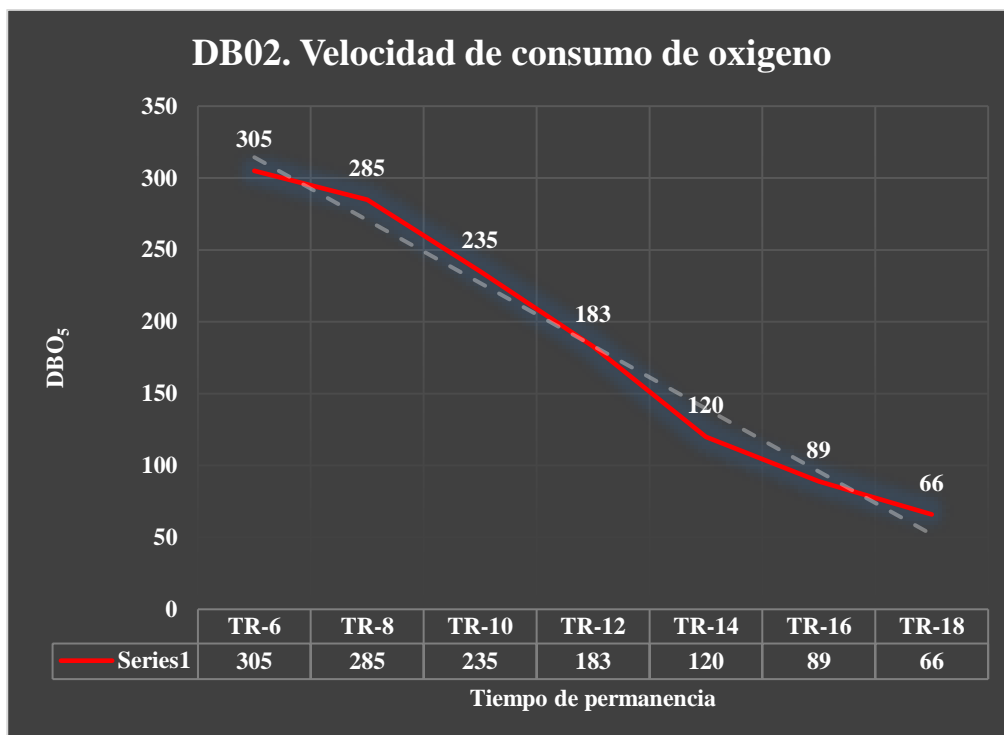


Figura 17 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB2, día 17 de setiembre del 2021

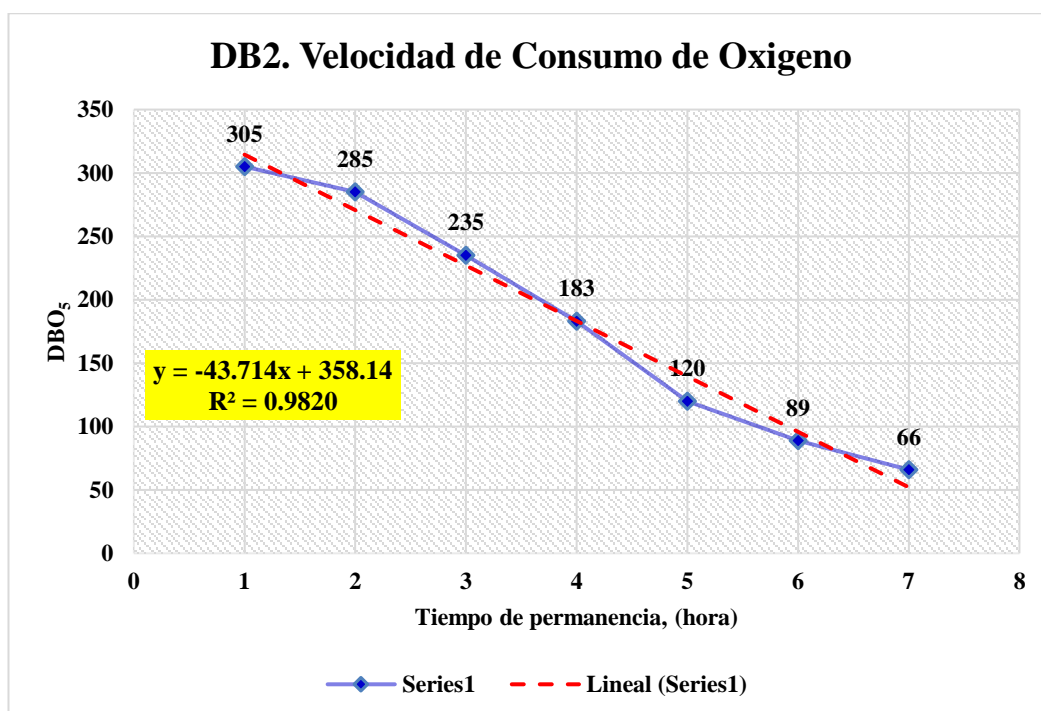
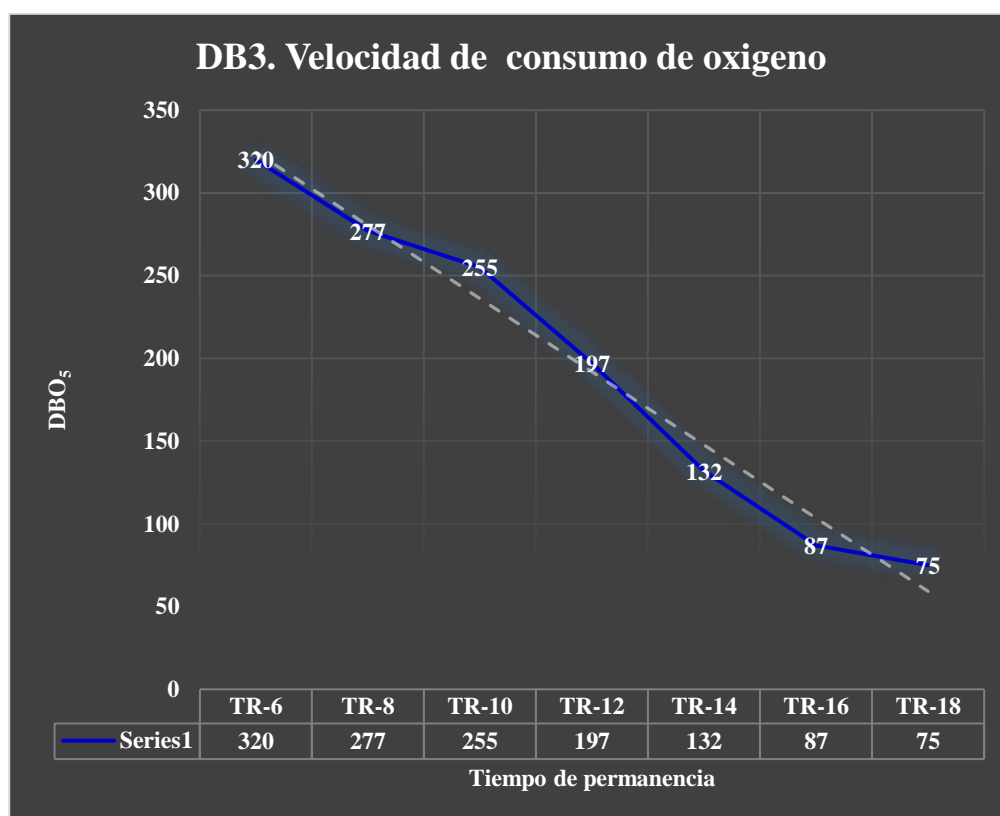


Figura 18 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB2, día 17 de setiembre del 2021, con un 98.20% de eficiencia

Tabla 14 Datos de las pruebas realizadas el 16 de setiembre del 2021 en DB3

Parámetros	Unidad	TR-6	TR-8	TR-10	TR-12	TR-14	TR-16	TR-18
Aceites y Grasas	mg/L	27	20	15	10	5	0.9	0.8

<b>Coliformes Termotolerantes</b>	<b>NMP/100ml</b>	3.2x10 <sup>5</sup>	2.1x10 <sup>5</sup>	8.7x10 <sup>4</sup>	3.2x10 <sup>4</sup>	2.0x10 <sup>4</sup>	1.3x10 <sup>4</sup>	3.7x10 <sup>3</sup>
<b>DBO5</b>	<b>mg/L</b>	320	277	255	197	132	87	75
<b>DQO</b>	<b>mg/L</b>	345	346	301	271	205	173	142
<b>pH</b>	<b>Unidad de pH</b>	8.57	8.43	8.27	8.03	7.98	7.96	7.92
<b>TSS</b>	<b>mg/L</b>	150	138	130	114	97	95	80
<b>Temperatura</b>	<b>°C</b>	26	26	27	27.5	26	24	22



**Figura 19 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB3, día 16 de setiembre del 2021**

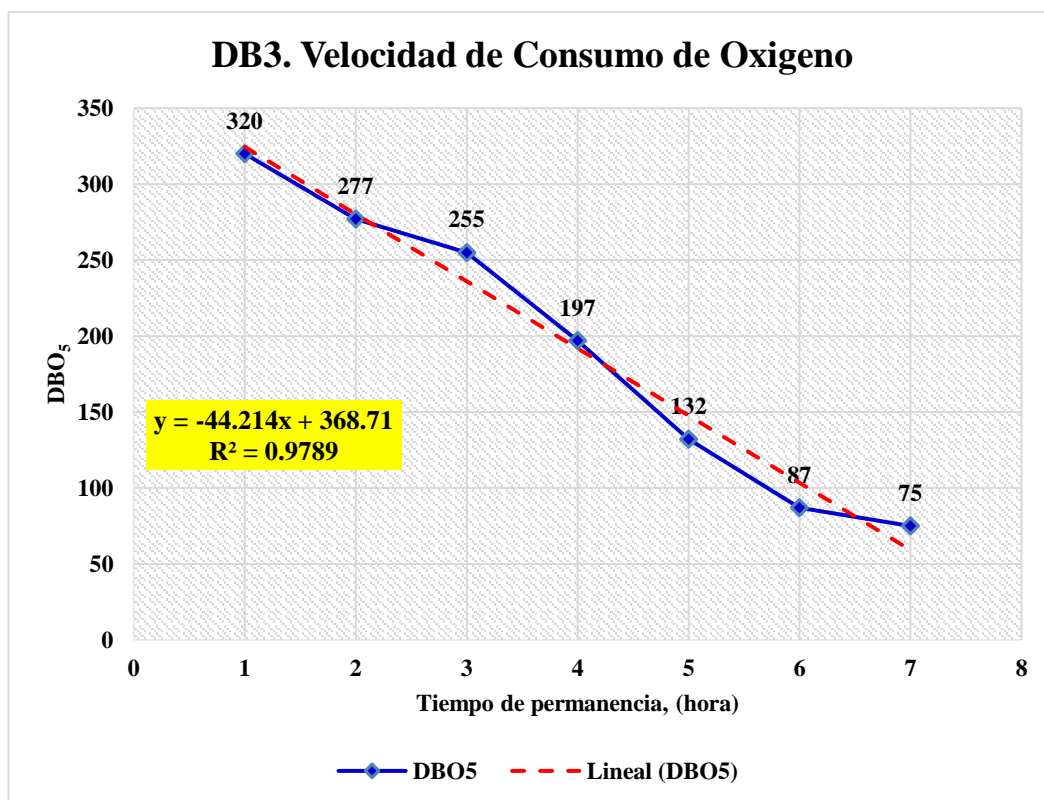


Figura 20 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB3, día 16 de setiembre del 2021, con un 97.89% de eficiencia

Tabla 15 Datos de las pruebas realizadas el 17 de setiembre del 2021 en DB3

Parámetros	Unidad	TR-6	TR-8	TR-10	TR-12	TR-14	TR-16	TR-18
Aceites y Grasas	mg/L	26	20	15	9	5	0.9	0.8
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	3.5x10 <sup>5</sup>	2.4x10 <sup>5</sup>	7.7x10 <sup>4</sup>	3.2x10 <sup>4</sup>	1.5x10 <sup>4</sup>	1.1x10 <sup>4</sup>	1.4x10 <sup>3</sup>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	305	293	220	160	105	80	65
DQO	mg/L	360	315	278	219	180	161	129
pH	Unidad de pH	8.52	8.41	8.1	8.01	7.94	7.9	7.85
TSS	mg/L	126.9	201	119	101	92	81	74
Temperatura	°C	26	26.5	27.5	27.7	26	24	22

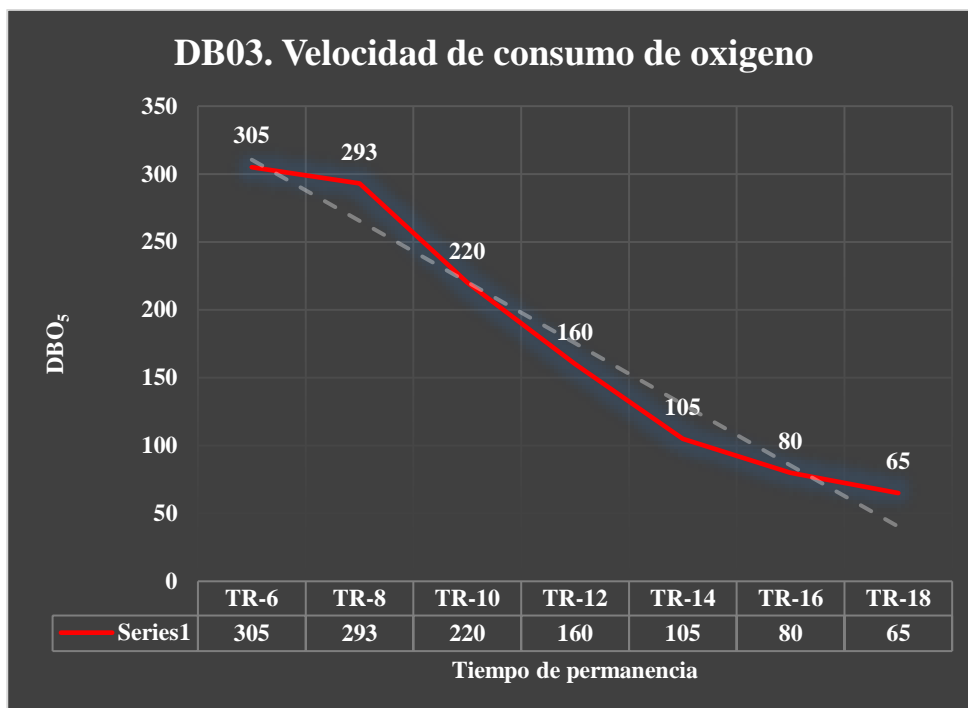


Figura 21 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB3, día 17 de setiembre del 2021

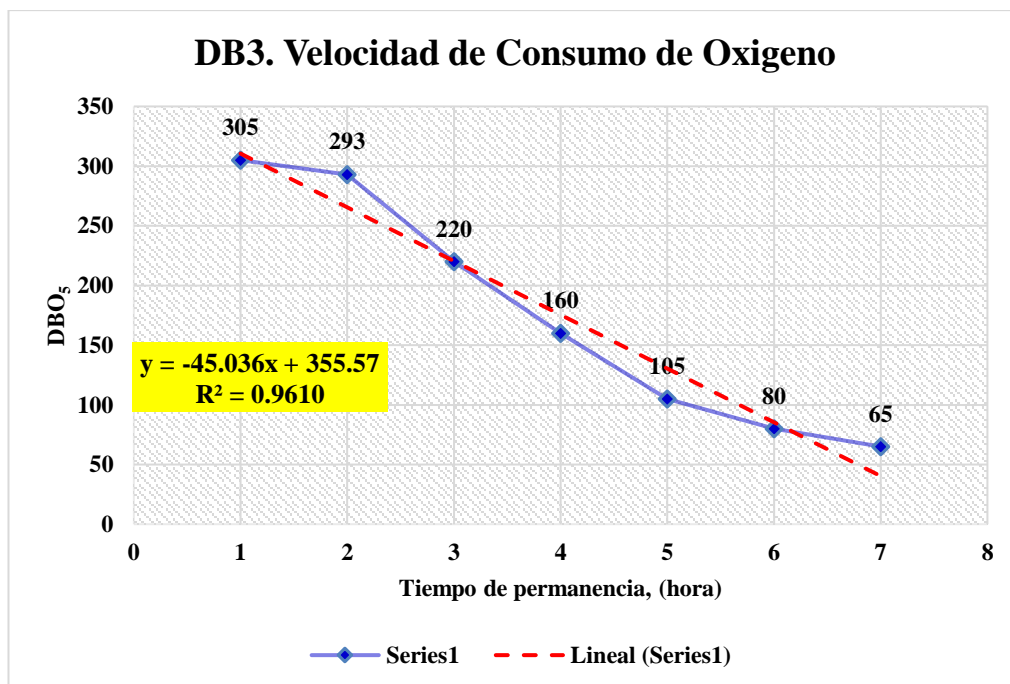
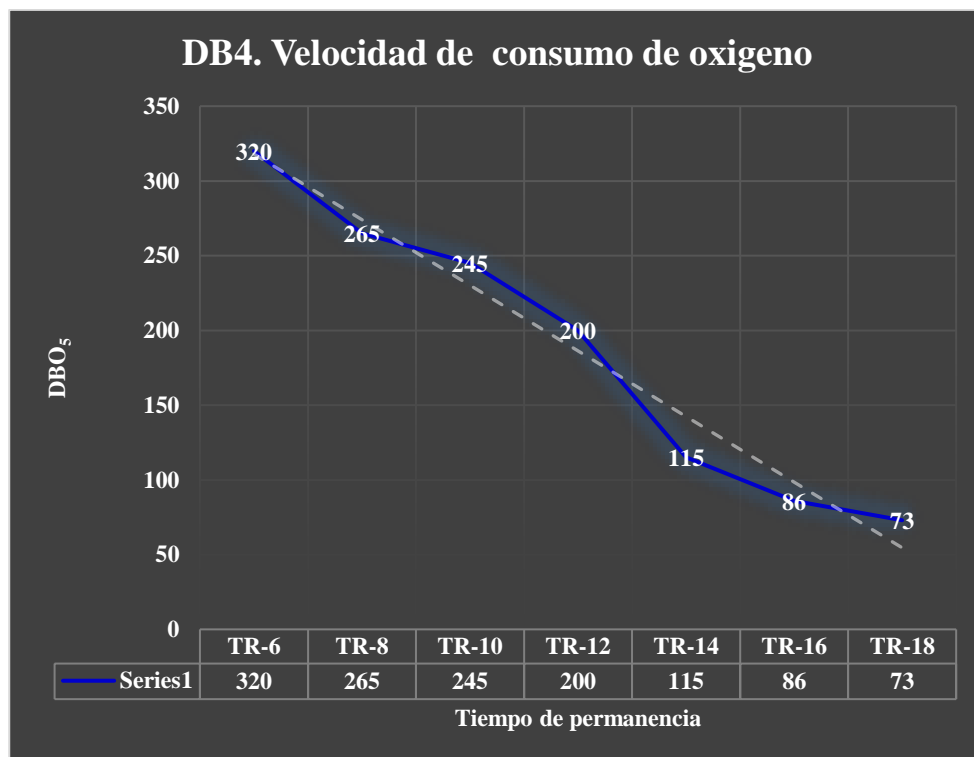


Figura 22 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB3, día 17 de setiembre del 2021, con un 96.10% de eficiencia

**Tabla 16 Datos de las pruebas realizadas el 16 de setiembre del 2021 en DB4**

Parámetros	Unidad	TR-6	TR-8	TR-10	TR-12	TR-14	TR-16	TR-18
Aceites y Grasas	mg/L	27	21	17	9	4	1	0.8
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	3.2x10 <sup>5</sup>	2.0x10 <sup>5</sup>	7.7x10 <sup>4</sup>	4.2x10 <sup>4</sup>	3.0x10 <sup>4</sup>	2.3x10 <sup>4</sup>	3.7x10 <sup>3</sup>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	320	265	245	200	115	86	73
DQO	mg/L	345	346	301	271	205	173	142
pH	Unidad de pH	8.57	8.42	8.25	8	7.97	7.95	7.92
TSS	mg/L	150	130	120	110	98	88	81
Temperatura	°C	26	26	27	27.5	26	24	22



**Figura 23 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB4, día 16 de setiembre del 2021**

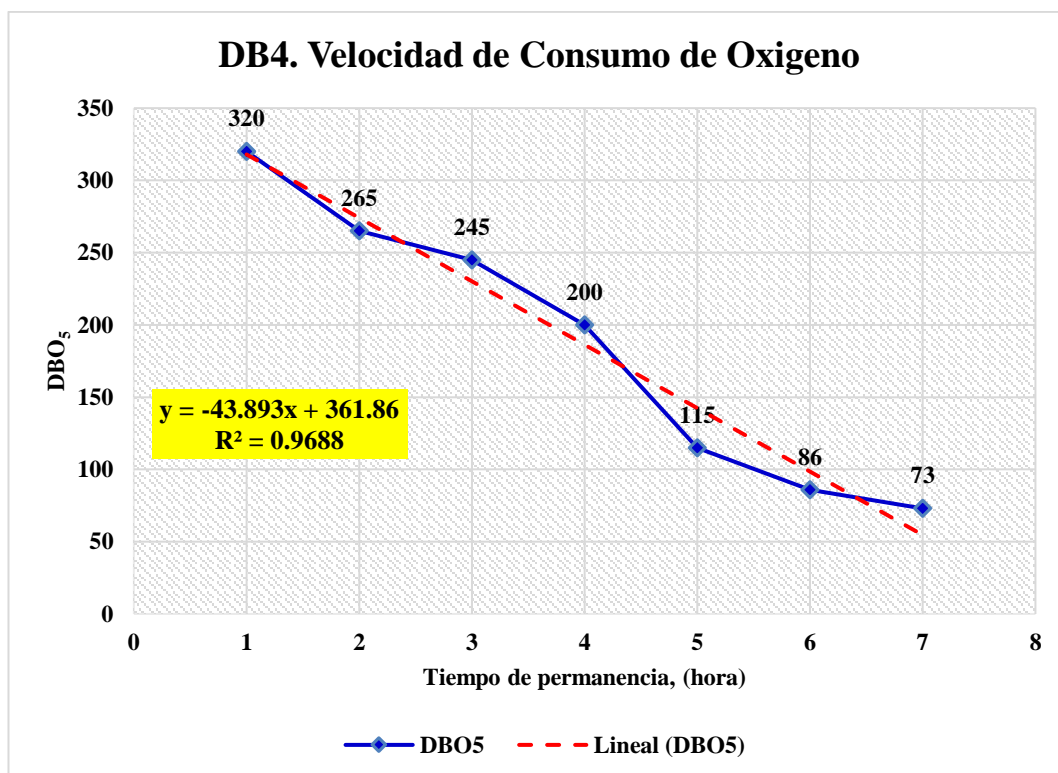


Figura 24 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB4, día 16 de setiembre del 2021, con un 96.88% de eficiencia

Tabla 17 Datos de las pruebas realizadas el 17 de setiembre del 2021 en DB4

Parámetros	Unidad	TR-6	TR-8	TR-10	TR-12	TR-14	TR-16	TR-18
Aceites y Grasas	mg/L	26	21	14	8	4	0.8	0.6
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	3.5x10 <sup>5</sup>	2.5x10 <sup>5</sup>	7.6x10 <sup>4</sup>	4.2x10 <sup>4</sup>	1.7x10 <sup>4</sup>	1.2x10 <sup>4</sup>	1.4x10 <sup>3</sup>
DBO5	mg/L	305	291	218	155	99	78	63
DQO	mg/L	360	315	278	219	180	161	129
pH	Unidad de pH	8.52	8.44	8.15	8.11	7.97	7.95	7.84
TSS	mg/L	126.9	200	103	95	90	79	74
Temperatura	°C	26	26.5	27.5	27.7	26	24	22

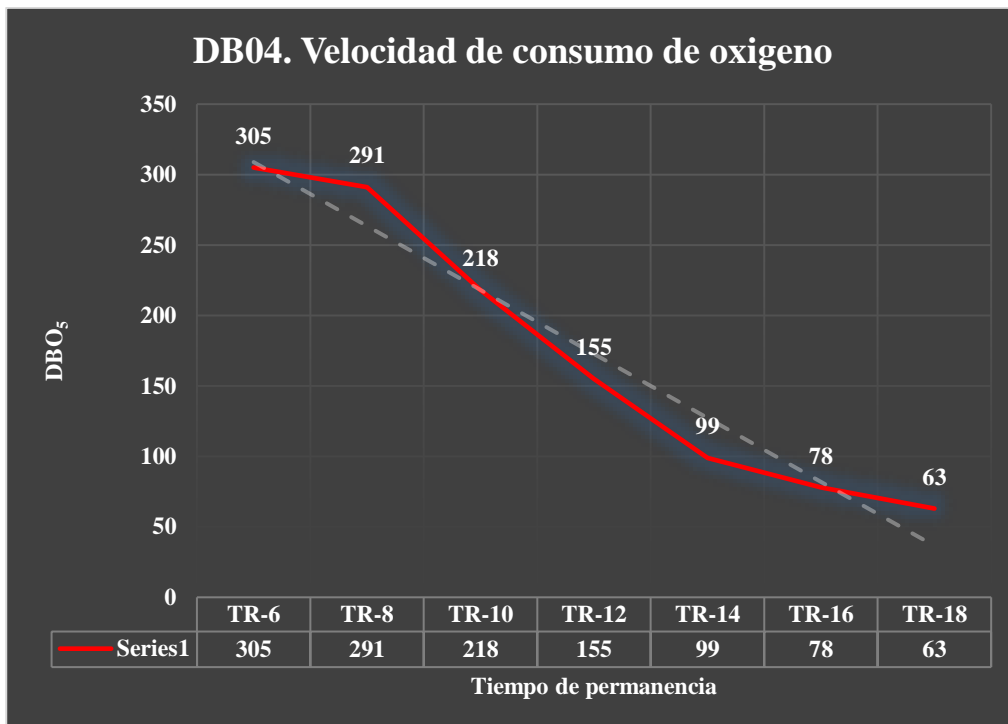


Figura 25 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB4, día 17 de setiembre del 2021

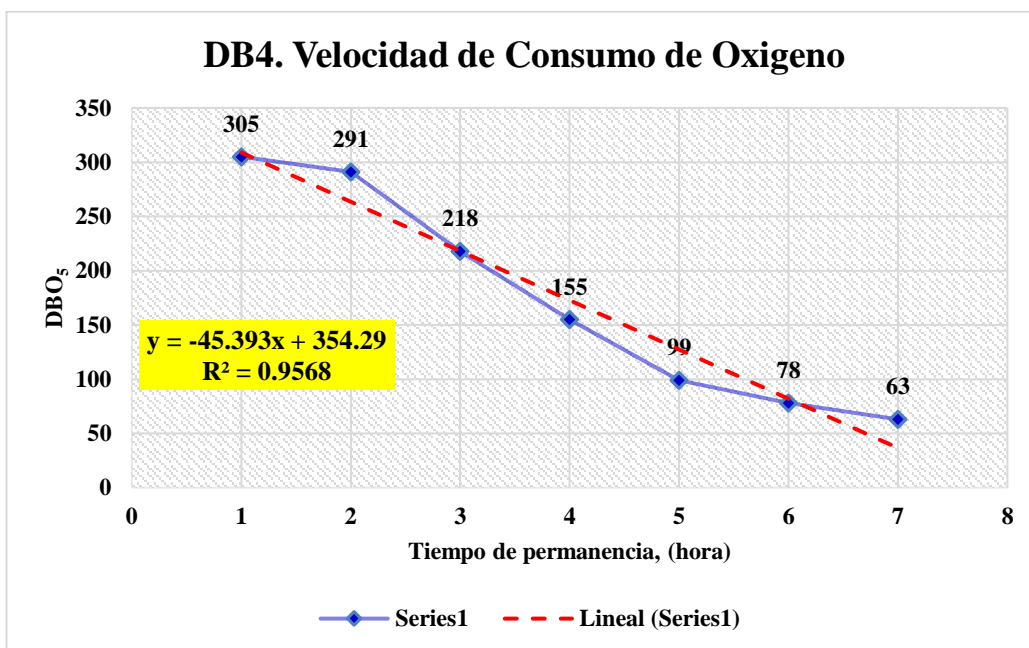


Figura 26 Velocidad de consumo de oxígeno, en el DB4, día 17 de setiembre del 2021, con un 95.68% de eficiencia

## IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. El tratamiento de aguas residuales domesticas para su reúso del efluente en cultivos agrícolas

En este capítulo se discutirá a mayor detalle los resultados obtenidos en el capítulo anterior de la presente investigación, así mismo se realizará una comparación con la norma OS 090 vigente y relacionándolos con otras investigación y experiencias en campo de investigación de tratamiento de aguas residuales con tecnología de lodos activados, de acuerdo a los objetivos planteados con la finalidad de contrastar la hipótesis planteada.

Los parámetros operaciones que se midieron, fueron la T°, el PH y el OD, podemos describir lo siguiente:

T°, con relación a este indicador funcional, es uno de los elementos significativos en la biodegradabilidad, chequeando tasa en una jerarquía de 11.2 °C a 27.1°C, en consecuencia, las determinaciones de este indicador operacional, se estableció a distintas condiciones ambientales y distintos horarios.

PH, con relación a la modificación del potencial de hidrogeno, se considera en una condición constituida, sujeta a no ocasionar dificultades de acidificar o alcalinidad, los cuales con trasladan a problemas tales como Bulking, Ph menor a 6.00, conforme a los apuntes logrados en las evaluaciones, mientras en la etapa de experimento, se conservó entre 7.92 y 7.89, siendo la categoría promedio de 7.91 a modo se considera en una categoría óptimo.

OD, la concentración de oxígeno proporciona que el procedimiento del proceso sea aerobio, con el propósito de que no posea restricción de oxígeno disuelto en el proceso, chequeando tasas mínimas en el trayecto de aclimatación (etapa exponencial microbiana), a continuación de esta fase se consignó datos beneficiados en catálogos o bibliografía, que recomienda que debe ser superior a 2mg/l.

#### 4.2. Tratamiento de aguas residuales domésticas y el índice volumétrico de lodos (IVL)

La aglutinación de sólidos suspendidos totales en el depósito de aireo (SSTA) permite determinar, el índice volumétrico del lodo (IVL), como se muestra en cada depurador biológico:

**Depurador biológico 1:** en esa caja de aireo para la etapa de permanencia y en el examen de laboratorio ha permitido localizar el IVL a  $1.92 \text{ Kg/m}^3$ , considerándose, bajo de la categoría beneficiada en la norma OS-090. Implica que la cuantía de microbios adheridos a los sólidos suspendidos estables actuales en el depurador biológico, es pequeño

**Depurador biológico 2:** en esa caja de aireo para la etapa de permanencia y en el examen de laboratorio ha permitido localizar el IVL a  $2.82 \text{ Kg/m}^3$ , estando por debajo del rango recomendado en la norma OS-090. Quiere decir que la cantidad de microorganismos adheridos a los sólidos suspendidos fijos presentes en el depurador biológico, es pequeño.

**Depurador biológico 3,** en esa caja de aireo para la etapa de permanencia y en el examen de laboratorio ha permitido localizar el IVL a  $3.50 \text{ Kg/m}^3$ , considerándose, bajo de la categoría beneficiada en la norma OS-090. Implica que la cuantía de microbios adheridos a los sólidos suspendidos estables actuales en el depurador biológico, es el conveniente.

**Depurador biológico 4,** en esa caja de aireo para la etapa de permanencia y en el examen de laboratorio ha permitido localizar el IVL a  $3.98 \text{ Kg/m}^3$ , estando por dentro del rango recomendado en la norma OS-090. Implica que la cuantía de microbios adheridos a los sólidos suspendidos estables actuales en el depurador biológico, es el conveniente.

#### **4.3. La velocidad de consumo de oxígeno (VUO) para el reúso del efluente en cultivos agrícolas**

##### **Resultados de los datos obtenidos del depurador biológico 1, el día 16 de setiembre del 2021: DBO<sub>5</sub>**

El afluente al ser tratado en el depurador biológico, se tomó la muestra a las 6:00 a.m., en el colector de ingreso a la laguna de oxidación ubicado en el parque ecológico Golda Meir, en el distrito de Salas, ciudad de Ica, el cual se le realizó su respectivo análisis, del agua residual cruda resultado de 320 mg DBO<sub>5</sub>/l, como se observa en la Tabla 2 y luego llevo al sistema del depurador biológico anaerobio, se obtuvo los resultados a diferente TR-H, como se muestran en la Tabla 9 y a las de TR-18 horas se tomó la última muestra del agua residual resultando un TR-18 de 78 mg DBO<sub>5</sub>/l. En la Tabla 9, se puede distinguir que la concentración de DBO<sub>5</sub> disminuye respectivamente siguiendo una pendiente negativa en las primeras horas, obteniendo una eficiencia del 95.02%.

##### **Resultados de los datos obtenidos del depurador biológico 1, el día 17 de setiembre del 2021: DBO<sub>5</sub>**

El afluente al ser tratado en el depurador biológico, se tomó la muestra a las 6:00 a.m., en el colector de ingreso a la laguna de oxidación ubicado en el parque ecológico Golda Meir, en el distrito de Salas, ciudad de Ica, el cual se le realizó su respectivo análisis, del agua residual cruda resultado de 305 mg DBO<sub>5</sub>/l, como se observa en la Tabla 2 y luego llevo al sistema del depurador biológico anaerobio, se obtuvo los resultados a diferente TR-H, como se muestran en la Tabla 10 y a las de TR-18 horas se tomó la última muestra del agua residual resultando un TR-18 de 68 mg DBO<sub>5</sub>/l. En la Tabla 10, se puede distinguir que la concentración de DBO<sub>5</sub> disminuye respectivamente siguiendo una pendiente negativa en las primeras horas, obteniendo una eficiencia del 97.37%.

##### **Resultados de los datos obtenidos del depurador biológico 2, el día 16 de setiembre del 2021: DBO<sub>5</sub>**

El afluente al ser tratado en el depurador biológico, se tomó la muestra a las 6:00 a.m., en el colector de ingreso a la laguna de oxidación ubicado en el parque

ecológico Golda Meir, en el distrito de Salas, ciudad de Ica, el cual se le realizó su respectivo análisis, del agua residual cruda resultado de 320 mg DBO<sub>5</sub>/l, como se observa en la Tabla 2 y luego llevo al sistema del depurador biológico anaerobio, se obtuvo los resultados a diferente TR-H, como se muestran en la Tabla 11 y a las de TR-18 horas se tomó la última muestra del agua residual resultando un TR-18 de 77 mg DBO<sub>5</sub>/l. En la Tabla 11, se puede distinguir que la concentración de DBO<sub>5</sub> disminuye respectivamente siguiendo una pendiente negativa en las primeras horas, obteniendo una eficiencia del 98.86%.

#### **Resultados de los datos obtenidos del depurador biológico 2, el día 17 de setiembre del 2021: DBO<sub>5</sub>**

El afluente al ser tratado en el depurador biológico, se tomó la muestra a las 6:00 a.m., en el colector de ingreso a la laguna de oxidación ubicado en el parque ecológico Golda Meir, en el distrito de Salas, ciudad de Ica, el cual se le realizó su respectivo análisis, del agua residual cruda resultado de 305 mg DBO<sub>5</sub>/l, como se observa en la Tabla 2 y luego llevo al sistema del depurador biológico anaerobio, se obtuvo los resultados a diferente TR-H, como se muestran en la Tabla 12 y a las de TR-18 horas se tomó la última muestra del agua residual resultando un TR-18 de 66 mg DBO<sub>5</sub>/l. En la Tabla 12, se puede distinguir que la concentración de DBO<sub>5</sub> disminuye respectivamente siguiendo una pendiente negativa en las primeras horas, obteniendo una eficiencia del 98.20%.

#### **Resultados de los datos obtenidos del depurador biológico 3, el día 16 de setiembre del 2021: DBO<sub>5</sub>**

El afluente al ser tratado en el depurador biológico, se tomó la muestra a las 6:00 a.m., en el colector de ingreso a la laguna de oxidación ubicado en el parque ecológico Golda Meir, en el distrito de Salas, ciudad de Ica, el cual se le realizó su respectivo análisis, del agua residual cruda resultado de 320 mg DBO<sub>5</sub>/l, como se observa en la Tabla 2 y luego llevo al sistema del depurador biológico anaerobio, se obtuvo los resultados a diferente TR-H, como se muestran en la Tabla 13 y a las de TR-18 horas se tomó la última muestra del agua residual resultando un TR-18 de 75 mg DBO<sub>5</sub>/l. En la Tabla 13, se puede distinguir que la concentración de DBO<sub>5</sub>

disminuye respectivamente siguiendo una pendiente negativa en las primeras horas, obteniendo una eficiencia del 97.89%.

#### **Resultados de los datos obtenidos del depurador biológico 3, el día 17 de setiembre del 2021: DBO<sub>5</sub>**

El afluente al ser tratado en el depurador biológico, se tomó la muestra a las 6:00 a.m., en el colector de ingreso a la laguna de oxidación ubicado en el parque ecológico Golda Meir, en el distrito de Salas, ciudad de Ica, el cual se le realizó su respectivo análisis, del agua residual cruda resultado de 305 mg DBO<sub>5</sub>/l, como se observa en la Tabla 2 y luego llevo al sistema del depurador biológico anaerobio, se obtuvo los resultados a diferente TR-H, como se muestran en la Tabla 14 y a las de TR-18 horas se tomó la última muestra del agua residual resultando un TR-18 de 65 mg DBO<sub>5</sub>/l. En la Tabla 14, se puede distinguir que la concentración de DBO<sub>5</sub> disminuye respectivamente siguiendo una pendiente negativa en las primeras horas, obteniendo una eficiencia del 96.10%.

#### **Resultados de los datos obtenidos del depurador biológico 4, el día 16 de setiembre del 2021: DBO<sub>5</sub>**

El afluente al ser tratado en el depurador biológico, se tomó la muestra a las 6:00 a.m., en el colector de ingreso a la laguna de oxidación ubicado en el parque ecológico Golda Meir, en el distrito de Salas, ciudad de Ica, el cual se le realizó su respectivo análisis, del agua residual cruda resultado de 320 mg DBO<sub>5</sub>/l, como se observa en la Tabla 2 y luego llevo al sistema del depurador biológico anaerobio, se obtuvo los resultados a diferente TR-H, como se muestran en la Tabla 15 y a las de TR-18 horas se tomó la última muestra del agua residual resultando un TR-18 de 73 mg DBO<sub>5</sub>/l. En la Tabla 15, se puede distinguir que la concentración de DBO<sub>5</sub> disminuye respectivamente siguiendo una pendiente negativa en las primeras horas, obteniendo una eficiencia del 96.88%.

#### **Resultados de los datos obtenidos del depurador biológico 4, el día 17 de setiembre del 2021: DBO<sub>5</sub>**

El afluente al ser tratado en el depurador biológico, se tomó la muestra a las 6:00 a.m., en el colector de ingreso a la laguna de oxidación ubicado en el parque

ecológico Golda Meir, en el distrito de Salas, ciudad de Ica, el cual se le realizó su respectivo análisis, del agua residual cruda resultado de 305 mg DBO<sub>5</sub>/l, como se observa en la Tabla 2 y luego llevo al sistema del depurador biológico anaerobio, se obtuvo los resultados a diferente TR-H, como se muestran en la Tabla 16 y a las de TR-18 horas se tomó la última muestra del agua residual resultando un TR-18 de 63 mg DBO<sub>5</sub>/l. En la Tabla 16, se puede distinguir que la concentración de DBO<sub>5</sub> disminuye respectivamente siguiendo una pendiente negativa en las primeras horas, obteniendo una eficiencia del 95.68%.

## V. CONCLUSIONES

Los parámetros de operación considerados como la temperatura en la laguna de maduración en el parque Goldar Meir en el mes de mes de setiembre del 2021, estación de primavera, se registró un promedio de 19.2°C, y el promedio de todo el tratamiento de aguas residuales domesticas mediante depuración biológica fue de 20.2°C, se considera uno de los elementos significativos para la biodegradabilidad, en la tabla 2 se muestra el pH es otro factor influyente en el proceso, registrando en el afluente un promedio de 8.55 y en el efluente un valor promedio de 7.91, considerado como optimo y en el caso del oxígeno disuelto (OD) la concentración de oxígeno obliga a proceder que el procedimiento en el proceso sea aerobio, con el propósito de que no suceda restricción de oxígeno disuelto en el proceso, chequeando estimaciones pequeñas en el trayecto de adaptacion (etapa de estabilidad), seguidamente en esta fase encontrándose estimaciones favorecidas en los catálogos o bibliografía, que recomienda que debe ser superior a 2mg/l.

Referente al índice volumétrico de lodos (IVL), se considera la aglomeración de solidos suspendidos totales en el depósito de aireo (SSTA), ha permitido establecer (IVL), en los cuatro (04) depuradores biológicos se encontró que 1.92 Kg/m<sup>3</sup>, 2.82 Kg/m<sup>3</sup>, 3.50 Kg/m<sup>3</sup> y 3.98 Kg/m<sup>3</sup> respectivamente, conforme lo establece la norma OS-090

La velocidad de consumo de oxigeno (VUO), a la salida del depurador biológico 2, como se muestra en la tabla 11, alcanza valores 77 DBO<sub>5</sub>/l, en un TR-18 horas, obteniendo una eficiencia del 98.36% como se muestra en la figura 15; para el caso del depurador biológico 3, como se muestra en la tabla 13, alcanza valores 75 DBO<sub>5</sub>/l, en un TR-18 horas, obteniendo una eficiencia del 97.89%, como se muestra en la figura 19; encontrando dentro lo establecido en el ECA agua, para el periodo de aireación del agua residual entre las horas 6:00 am a 6:00 pm. En referencia con la Norma Técnica OS-090, plantas de tratamiento de aguas residuales, en el punto 5.5.3: recomienda para mezcla completa de la remoción de la DBO<sub>5</sub> en un rango de 85-95.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Velar por los parámetros operativos adentro de la condición beneficiados, por el pH en un intervalo de 6.5 a 8.5, oxígeno disuelto debe estar por encima a 2mg/l, es importante tomar en cuenta durante el proceso con la finalidad de que no se origine microbio filamentosos en exceso.

Se recomienda emplear los antecedentes determinados, chequeados y graficados a lo largo de la etapa de estabilización, para esta índole de saneamiento, por lo que se permite comprobare con los indicadores de estabilización del fango como son: (IVL, VUO y observación microscópica).

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. N. Egbuikwem, J. C. Mierzwa, y D. P. Saroj, «Evaluation of aerobic biological process with post-ozonation for treatment of mixed industrial and domestic wastewater for potential reuse in agriculture», *Bioresour. Technol.*, vol. 318, n.º October, p. 14 Pag., 2020, doi: 10.1016/j.biortech.2020.124200.
- [2] P. N. Egbuikwem, I. Naz, y D. P. Saroj, «Appraisal of suspended growth process for treatment of mixture of simulated petroleum, textile, domestic, agriculture and pharmaceutical wastewater», *Environ. Technol. (United Kingdom)*, vol. 41, n.º 25, pp. 3338-3353, 2020, doi: 10.1080/09593330.2019.1609097.
- [3] S. J. Varjani, «Microbial degradation of petroleum hydrocarbons», *Bioresour. Technol.*, vol. 223, pp. 277-286, 2017, doi: 10.1016/j.biortech.2016.10.037.
- [4] M. C. Ozturk, F. Martin Serrat, y F. Teymour, «Optimization of aeration profiles in the activated sludge process», *Chem. Eng. Sci.*, vol. 139, pp. 1-14, 2016, doi: 10.1016/j.ces.2015.09.007.
- [5] H. Fan, L. Qi, G. Liu, Y. Zhang, Q. Fan, y H. Wang, «Aeration optimization through operation at low dissolved oxygen concentrations: Evaluation of oxygen mass transfer dynamics in different activated sludge systems», *J. Environ. Sci. (China)*, vol. 55, pp. 224-235, 2017, doi: 10.1016/j.jes.2016.08.008.
- [6] B. C. Han, W. L. Jiang, Y. Zhang, W. Wei, y J. Chen, «Profile of organic carbon and nitrogen removal by a continuous flowing conventional activated sludge reactor with pulse aeration», *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 117, pp. 439-445, 2018, doi: 10.1016/j.psep.2018.05.022.
- [7] O. J. Odejobi, A. A. Oladunni, y A. O. Jegede, «Anaerobic treatment of wastewater using an upflow anaerobic sludge blanket reactor», *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, vol. 38, n.º 20, pp. 3011-3018, 2016, doi: 10.1080/15567036.2015.1129372.
- [8] D. F. C. Dias, R. G. Passos, V. A. J. Rodrigues, M. P. De Matos, C. R. S. Santos, y M. Von Sperling, «Performance evaluation of a natural treatment system for

- small communities, composed of a UASB reactor, maturation ponds (baffled and unbaffled) and a granular rock filter in series», *Environ. Technol. (United Kingdom)*, vol. 39, n.º 4, pp. 490-502, 2017, doi: 10.1080/09593330.2017.1304456.
- [9] L. Salazar Larrota, L. Uribe García, L. Gómez Torres, y C. Zafra Mejía, «Analysis of the efficiency of UASB reactors in a municipal wastewater treatment plant», *DYNA*, vol. 86, n.º 209, pp. 319-326, 2018, doi: 10.15446/dyna.v86n209.70332.
- [10] C. A. Orozco Gaviria, C. C. Triviño Cabrera, y L. Manrique Losada, «Arranque de un Reactor UASB para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Condiciones Andino Amazónicas», *Rev. Fac. Ciencias Básicas*, vol. 10, n.º 2, pp. 170-185, 2014, doi: 10.18359/rfcb.328.
- [11] H. Suasnabar Buendia, «Estudio del tratamiento de aguas residuales municipales del barrio Ocopilla-Huancayo mediante un reactor uasb a nivel de laboratorio para la remocion de la carga organica», Univeridad Nacional del Centro del Perú, 2015.
- [12] R. L. Huaytalla Ramirez y M. Cruz Huaranga, «Eficiencia del Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente ( UASB ) a escala piloto en el Tratamiento de las Aguas Residuales Domésticas provenientes de la comunidad de Carapongo - Lurigancho , Chosica», *Rev. Ciencia, Tecnol. y Desarro.*, vol. 2, n.º 1, pp. 7-23, 2016, doi: <https://doi.org/10.17162/rictd.v2i1.628>.
- [13] D. M. Castillo Wong y R. G. Marceliano Bonifacio, «Análisis y Optimización del Tratamiento de Aguas Residuales mediante el Sistema de Reactores UASB, en la PTAR “Centro Sur A”, Provincia del Santa, Departamento de Ancash», 2017.
- [14] D. C. Canales Villa, «Eficiencia de un reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) para el tratamiento de aguas residuales», 2019.
- [15] E. Montoya, «Evaluación de alternativas para la instalación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales con fines de riego agrícola en el sub sector San Agustín – Callao (Perú)», Universidad Nacional Agraria La Molina, 2007.

- [16] Metcalf y Eddy, *Ingeniería de Aguas Residuales. Volimen I: Tratamiento, Vertido y Reutilización*, Tercera Ed. España, 2016.
- [17] C. García, «Agua dulce y agua salada», 2006. .
- [18] A. Vasquez y E. Valdez, *Ingenieria de los sistemas de tratamiento y disposicion de aguas residuales tratamiento de agua*. Mexico: Fundacion ICA mexico, 2003.
- [19] N. T. Aguirre Tarazona y A. P. Yanac Munarriz, «Determinacion de Parametros Biocineticos del Agua Residual Del Colector Raymondí, en un Sistema de Lodos Activados a Escala de Laboratorio; Huaraz-Ancash, Diciembre 2015 – Mayo 2016», Universidad Nacional «Santiago Antunez de Mayolo», 2018.
- [20] A. K. E. Setty *et al.*, «Water quality, compliance, and health outcomes among utilities implementing Water Safety Plans in France and Spain», *Int. J. Hyg. Environ. Health*, p. 43 pp, 2017, doi: 10.1016/j.ijheh.2017.02.004.
- [21] R. Ramalho, «Tratamiento de Aguas Residuales», Barcelona:, 2003.
- [22] J. Ferrer y A. Seco, *Tratamientos biológicos de aguas residuales*, Primera Ed. Mexico: Alfa Omega Grupo Editor, 2008.
- [23] L. Ramirez y M. Duran, *Demanda química de oxígeno de muestras acuosas. Serie: Química Ambiental de los Residuos Peligrosos, Volumen 1*. Mexico: Programa de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (PIQAYQA) Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.
- [24] B. Shomar, K. Al-Darwish, y A. Vincent, «Optimization of wastewater treatment processes using molecular bacteriology», *J. Water Process Eng.*, vol. 33, n.º August 2019, p. 101030, 2020, doi: 10.1016/j.jwpe.2019.101030.
- [25] M. E. Farfan Reyes, «Evaluación de la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales domésticas para el riego de áreas verdes en el sistema de lodos activados de la planta piloto de la FIARN-UNAC.», *Univerddidad Nac. del Callao*, p. 89, 2015.
- [26] N. R. Méndez, V. R. Mena, B. R. E. Castillo, y R. M. R. Sauri, «Evaluación de un reactor UASB para aguas porcinas inoculado con líquido ruminal Evaluation

- of a UASB reactor for swine wastewater inoculated with ruminal liquid», vol. 17, n.º 1, p. 16 Pag., 2013, [En línea]. Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/pdf/467/46729718004.pdf>.
- [27] M. Sezgin, «Variation of sludge volume index with activated sludge characteristics», *Water Res.*, vol. 16, n.º 1, pp. 83-88, 1982, doi: 10.1016/0043-1354(82)90056-2.
- [28] I. C. Córdova Barrios, P. Córdova Mendoza, T. O. Barrios Mnedoza, A. J. Garcia Espinoza, y A. M. Huayta Arroyo, «Diseño de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente a Nivel de Laboratorio Para el Tratamiento de Agua Residual Municipal en el Distrito de Guadalupe», *Ñawparisun*, vol. 1, n.º 4, p. 92 Pag., 2019.
- [29] G. R. Morales, «Evaluación de la Estabilidad de un sistema de Lodos Activados mediante Indicadores Fisicoquímicos y Biológicos», 2014.
- [30] A. J. Sorinolu, N. Tyagi, A. Kumar, y M. Munir, «Antibiotic resistance development and human health risks during wastewater reuse and biosolids application in agriculture», *Chemosphere*, vol. 265, p. 129032, 2021, doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.129032.
- [31] UNESCO, «El agua en un mundo en constante cambio. El 3er Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo», 2016.
- [32] P. Burek *et al.*, «Water Futures and Solution Fast Track Initiative-Final Report», Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)., 2016.
- [33] WWAP, «Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2017: Aguas residuales, el recurso desaprovechado.», 2017.
- [34] P. Lizana Yarlequé, «Tratamiento de Aguas Residuales para el Caserío Villa Palambla», Universidad de Piura, 2018.
- [35] MINAM, «Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados, muestreo de aguas subterráneas», p. 22, 2016.
- [36] J. Alpírez, K. Avilés, H. Castillo, I. Pinzón, R. M. Poveda, y E. Vallester,

- «Evaluación de un sistema biológico de lodos activados a escala de laboratorio», *Rev. Iniciación Científica*, vol. 3, p. 8 Pag., 2017, [En línea]. Disponible en: [https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=utpridda2\\_\\_\\_::40973c1fcc7af8d37d0beea04ae06cba](https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=utpridda2___::40973c1fcc7af8d37d0beea04ae06cba).
- [37] F. Garcia-Ochoa y E. Gomez, «Bioreactor scale-up and oxygen transfer rate in microbial processes: An overview», *Biotechnol. Adv.*, vol. 27, n.º 2, pp. 153-176, 2009, doi: 10.1016/j.biotechadv.2008.10.006.
- [38] E. Durán Herrera y G. Rojas Meza, «Modelacio de la transferencia de oxígeno en sistemas de aeración analizado mediante un modelo de dos zonas simplificado», *Cienc. y Tecnol. (San José)*, vol. 24, n.º 2, p. 20 Pag., 2006.
- [39] E. Ayesa Iturrate y M. A. Larrea Urcola, «Optimización del diseño, operación y control de las EDAR utilizando modelos matemáticos y herramientas de simulación», *Tecnol. del Agua*, vol. 25, n.º 266, pp. 74-79, 2005.
- [40] A. Libutti *et al.*, «Agro-industrial wastewater reuse for irrigation of a vegetable crop succession under Mediterranean conditions», *Agric. Water Manag.*, vol. 196, pp. 1-14, 2018, doi: 10.1016/j.agwat.2017.10.015.
- [41] PNUMA, «Foro de Medio Ambiente en Colombia busca promover la agenda medioambiental de los ODS». Objetivos del Desarrollo Sostenible, Colombia, 2016, [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2016/03/pnuma-foro-de-medio-ambiente-en-colombia-busca-promover-la-agenda-medioambiental-de-los-ods/>.
- [42] F. VÁSQUEZ PERDOMO, «Tratamiento de aguas residuales, por sistema compacto de aireacion extendida para el riego de areas verdes en el distrito de Comas», Universidad Nacional Federico Villarreal, 2020.
- [43] H. Atencio Santiago, «Análisis de la Calidad del Agua para consumo localidad de San Antonio De Rancas , del Distrito De Simon Boloivar. Provincia y Region de Pasco.2018», Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, 2018.
- [44] DISEPROSA, «Planta de Tratamiento de Lodos de la Depuradora de San Adriá Del Besós», Madrid - España, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://diseprosa.com/proyectos/planta-de-tratamiento-de-lodos-de-la-depuradora->

de-san-adria-del-besos/.

- [45] J. F. Larios-Meño, C. Gonzalez-Taranco, y Y. Morales-Olivares, «LAS AGUAS RESIDUALES Y SUS CONSECUENCIAS EN EL PERÚ», *Rev. la Fac. Ing. la USIL*, vol. 2, n.º 2, p. 18 pag, 2015.
- [46] INEI, *Instituto Nacional de estadística e Informática. Sistema ESTADISTICO nacional*. Oficina Departamental de Estadística e Informática de ICA, 2017.
- [47] R. Hernandez, C. Fernandez, y P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, Sexta Edic. Mexico: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736, 2014.
- [48] M. Tamayo y Tamayo, *El Proceso de la Investigación Científica. Incluye evaluación y Administración de Proyectos de Investigación*, Cuarta Edi. Mexico - Mexico, 2003.
- [49] RNE, *Reglamento Nacional De Edificaciones*. 2011, p. 156 Pag.
- [50] M. Inca Alegría, «Percepcion de la Calidad y Acceso del Consumo de Agua Segura en Familias de la Red de Tamburco – Abancay 2018», Universidad Cesar Vallejo, 2018.
- [51] C. Escudero y L. Cortez, *Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica*[*Qualitative techniques and methods for scientific research*], Primera ed. Machala - Ecuador: redes 2017 Coleccion Editorial, 2018.
- [52] EPA, «Agencia de Protección del Medio Ambiente», 2005.
- [53] F. Alonso Diaz, «Desarrollo de un simulador de una planta de lodos activados», Facultad de Ingeniería Eléctrica. Universidad Central "Marta Abreu de las Villas, 2009.
- [54] B. OS.090, *Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. p. 65 Pag.

# **ANEXO**

## ANEXO I

### Normas para los estudios de ingeniería básica

- 4.4.1 El propósito de los estudios de ingeniería básica es desarrollar información adicional para que los diseños definitivos puedan concebirse con un mayor grado de seguridad. Entre los trabajos que se pueden realizar en este nivel se encuentran:
- 4.4.2 Estudios adicionales de caracterización de las aguas residuales o desechos industriales que pueden requerirse para obtener datos que tengan un mayor grado de confianza.
- 4.4.3 Estudios geológicos y geotécnicos que son requeridos para los diseños de cimentación de las diferentes unidades de la planta de tratamiento. Los estudios de mecánica de suelo son de particular importancia en el diseño de lagunas de estabilización, específicamente para el diseño de los diques, impermeabilización del fondo y movimiento de tierras en general.
- 4.4.4 De mayor importancia, sobre todo para ciudades de gran tamaño y con proceso de tratamiento biológico, son los estudios de tratabilidad, para una o varias de las descargas de aguas residuales domésticas o industriales que se admitan.

## ANEXO II

### Tratamiento con Lodos Activados

Tabla I

“Parámetros recomendados de diseño según norma OS.090”[54]

TIPO DE PROCESO	Remoción de DBO	Concentración de SSTA $\text{kg/m}^3$	Carga de la masa $\text{kg DBO/ (kg SSVTA.día)}$	Tasa de recirculación %
Convencional	85 - 90	1,5 - 3,0	0,20 - 0,40	25 - 50
Aeración escalonada	85 - 95	2,0 - 3,5	0,20 - 0,40	25 - 75
Alta carga	75 - 90	4,0 - 10	0,40 - 1,50	30 - 500
Aeración prolongada	75 - 95	3,0 - 6,0	0,05 - 0,50	75 - 300
Mezcla completa	85 - 95	3,0 - 6,0	0,20 - 0,60	25 - 100
Zanja de oxidación	75 - 95	3,0 - 6,0	0,05 - 0,15	75 - 300