

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**DISEÑO EXPERIMENTAL DE UN REACTOR DE BIOPELÍCULA DE  
LECHO MÓVIL PARA EL TRATAMIENTO SECUNDARIO DE LAS AGUAS  
RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL DISTRITO DE YARABAMBA,  
AREQUIPA 2017**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER**

**KAROL NOEMI QUEQUEZANA LÓPEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AREQUIPA – PERÚ**

**2018**

La presente investigación fruto de una ardua labor la dedico con mucho cariño a mi familia, quienes me impulsaron a estudiar una carrera profesional, por creer en mí y apoyarme siempre en todo momento.

A Dios por darme la vida, la sabiduría y la bendición de poder estudiar.

Agradezco a mis padres por apoyarme en mis estudios, muy a su manera cada uno, pero sobre todo a mi madre que me inspira y me da fuerza para seguir adelante.

A mis asesores que me apoyaron con su tiempo y conocimientos y a mis colegas de trabajo que me brindaron su apoyo para la realización de esta investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	xx
GLOSARIO DE ABREVIATURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
CAPÍTULO I .....	21
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	21
1.1. Caracterización de la realidad problemática .....	21
1.2. Formulación del Problema .....	21
1.2.1. Problema general .....	21
1.2.2. Problemas específicos.....	22
1.3. Objetivos .....	22
1.3.1. Objetivo general .....	22
1.3.2. Objetivos específicos .....	22
1.4. Justificación.....	23
1.5. Importancia.....	23
1.6. Limitaciones .....	24
CAPÍTULO II.....	25
FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	25
2.1. Marco referencial .....	25
2.1.1. Antecedentes de la investigación .....	25
2.1.2. Referencias históricas.....	28
2.2. Marco legal .....	29
2.3. Marco conceptual .....	34
2.4. Marco teórico .....	37
2.4.1. Aguas residuales domésticas .....	37

2.4.1.1. Definición .....	37
2.4.1.2. Composición de las aguas residuales domésticas.....	37
2.4.1.3. Caracterización de las aguas residuales .....	39
Características físicas .....	39
A. Temperatura.....	39
B. Color.....	39
C. Olor.....	40
D. Sólidos .....	40
E. Turbiedad.....	41
Características químicas .....	42
A. Materia Orgánica .....	42
B. Aceites y grasas .....	43
C. DQO .....	43
D. DBO.....	44
E. Materia Inorgánica.....	45
F. pH .....	45
G. Cloruros .....	46
H. Alcalinidad .....	46
I. Nitrógeno.....	46
J. Fósforo.....	47
K. Azufre .....	48
L. Metales .....	48
M. Gases.....	49
N. Oxígeno disuelto.....	50
Características biológicas .....	50
A. Bacterias .....	50
B. Virus .....	51
C. Algas.....	52
D. Protozoos .....	52
2.4.2. Tratamiento preliminar y tratamiento primario de las aguas residuales domésticas.....	52
2.4.2.1. Tratamiento preliminar .....	52
A. Desbaste o cámara de rejillas .....	52
B. Desarenado.....	53

C. Remoción de grasas y aceites.....	54
2.4.2.2.Tratamiento primario .....	55
A. Fosa séptica y pozo de absorción .....	55
2.4.3. Tratamientos secundarios biológicos para aguas residuales domésticas .....	56
2.4.3.1.Descripción .....	56
2.4.3.2.Metabolismo bacteriano.....	58
2.4.3.3.Clases de procesos biológicos.....	59
Proceso aerobio .....	59
Proceso anaerobio .....	60
2.4.3.4.Tratamientos anaerobios .....	62
A. Reactor biológico anaerobio .....	62
2.4.3.5.Tratamientos aerobios de lecho suspendido .....	66
A. Lodos activados.....	66
B. Reactor de Flujos Secuencial (SBR) .....	67
C. Reactores de Biomembrana (MBR) .....	69
D. Lagunajes .....	70
2.4.3.6.Tratamientos aerobios de lecho fijo.....	72
A. Biodiscos .....	72
B. Biofiltros o percoladores .....	74
2.4.4. Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil (MBBR) .....	75
2.4.4.1.Definición .....	75
2.4.4.2.Descripción del proceso biológico.....	75
2.4.4.3.Parámetros de diseño de un reactor en medio fijo .....	77
A. Área neta .....	77
B. Carga hidráulica .....	77
C. Tiempo de retención hidráulico .....	78
D. Agitación y aireación .....	78
2.4.4.4.Medios de soporte .....	79
2.4.4.5.Biopelícula .....	81
A. Formación .....	81
B. Rol de la biopelícula en el proceso del tratamiento .....	82
C. Crecimiento bacteriano .....	82
D. Inmovilización microbiana.....	85
E. Prerequisitos para lograr la inmovilización.....	86

F. Ventajas de la inmovilización .....	86
2.4.4.6. Ventajas frente a procesos biológicos convencionales .....	87
2.4.5. Aislamiento térmico.....	88
2.4.6. Normas de calidad de aguas residuales.....	89
2.4.6.1. Límites máximo permisibles .....	89
2.4.6.2. Estándares de calidad ambiental .....	91
2.4.7. Área de estudio .....	91
2.4.7.1. Ubicación geográfica .....	91
2.4.7.2. Clima y meteorología.....	92
2.4.7.3. Topografía.....	92
2.4.7.4. Población.....	93
2.4.7.5. Planta de tratamiento de aguas residuales.....	94
CAPITULO III.....	98
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	98
3.1. Metodología .....	98
3.1.1. Método .....	98
3.1.1.1. Ubicación geográfica .....	98
3.1.1.2. Caracterización del agua residual .....	99
3.1.1.3. Definición de parámetros de diseño .....	101
3.1.1.4. Construcción del reactor .....	107
3.1.1.5. Arranque y estabilización del reactor .....	111
3.1.1.6. Estimación de la remoción de contaminantes en el reactor de biopelícula de lecho móvil.....	113
3.1.1.7. Comparación del agua tratada con los LMP.....	113
3.1.2. Tipo de investigación .....	114
3.1.3. Nivel de investigación.....	114
3.2. Diseño de la investigación .....	114
3.3. Hipótesis de la investigación.....	116
3.3.1. Hipótesis general .....	116
3.3.2. Hipótesis específica.....	116
3.4. Variables .....	117
3.4.1. Variable independiente.....	117
3.4.2. Variable dependiente.....	117
3.4.3. Operacionalización de las variables .....	117

3.5. Cobertura del Estudio.....	117
3.5.1. Población.....	117
3.5.2. Muestra.....	118
3.5.3. Muestreo.....	118
3.6. Técnicas, instrumentos y fuentes .....	118
3.6.1. Técnicas de la investigación.....	118
3.6.2. Instrumentos de la investigación.....	119
3.6.3. Fuentes .....	119
3.7. Procesamiento estadístico de la información .....	119
3.7.1. Estadísticos.....	119
3.7.2. Representación .....	120
CAPÍTULO IV .....	121
ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	121
4.1. Resultados .....	121
4.2. Análisis económico .....	163
4.3. Balance de materia.....	168
4.4. Discusión de resultados.....	170
4.5. Contrastación de Hipótesis.....	171
CONCLUSIONES .....	173
RECOMENDACIONES.....	174
BIBLIOGRAFÍA .....	176
ANEXOS .....	180
ANEXO A. Normas ambientales para agua.....	181
ANEXO B. Registro fotográfico.....	185
ANEXO C. Visita a planta de tratamiento de aguas residuales de lodos activos. Stendal – Alemania .....	194
ANEXO D. Matriz de consistencia .....	198
ANEXO E. Análisis de laboratorio .....	200

## RESUMEN

En la actualidad, Arequipa presenta vacíos en términos de investigación acerca de reactores de biopelícula de lecho móvil; esto se evidencia en la aplicación de tecnologías que ya no deberían usarse como son los lodos activos, lagunas de aireación y pozos sépticos por mencionar algunos, los cuales al no ser llevados correctamente generan contaminación y malestar en la población. Sumado a esto la escasez de recursos hídricos como en el distrito de Yarabamba, obliga al tratamiento de sus aguas residuales para poder ser utilizadas en el riego de parques y jardines. Sin embargo, el agua tratada no cumple con los parámetros establecidos por la ley peruana.

En virtud de lo expuesto, el presente proyecto tiene por objeto diseñar un reactor de biopelícula de lecho móvil para el tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas de Yarabamba. De esta forma demostrar que el efluente tratado por el reactor de biopelícula de lecho móvil propuesto cumple con el tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas. Para demostrarlo se analizaron los parámetros tales como Aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, temperatura, Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Coliformes Termotolerantes. Por otro lado, el agua tratada por el reactor biológico de lecho móvil está dentro de la mayoría de los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales establecidos por la ley peruana.

Para la realización de la investigación, primero se caracterizó el agua residual doméstica de Yarabamba; luego se determinaron los parámetros de diseño del reactor. Seguidamente, se construyó el reactor y se puso en marcha empleando agua residual de la trampa de grasas de la planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba. Se realizó el seguimiento del comportamiento del reactor y el crecimiento de la biopelícula en los carriers. Una vez el reactor alcanzó la estabilización necesaria, se determinó la remoción de contaminantes a través de los parámetros seleccionados a diferentes tiempos de retención hidráulica. Por último, los resultados fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de tratamiento de aguas residuales.

Los resultados obtenidos de la investigación mostraron que el reactor de biopelícula de lecho móvil diseñado presenta, en los diferentes tiempos de retención hidráulica, una efectiva remoción de materia orgánica en términos de Demanda Biológica de Oxígeno.

El reactor de biopelícula de lecho móvil diseñado presentó los mejores resultados en términos de remoción de contaminantes a las 10 horas de retención hidráulica, removiendo el 99,99% de Aceites y Grasas, 90,5% de DBO; 77,17% de DQO; 99,47% de SST y 99,47% de Coliformes Termotolerantes, demostrando que los resultados obtenidos están dentro de los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales a excepción del parámetro de Coliformes Termotolerantes, para lo cual se sugiere un tratamiento terciario con desinfección. De esta forma, se concluyó que la implementación de este reactor de biopelícula de lecho móvil en el distrito de Yarabamba, puede ser considerado una alternativa técnicamente viable para la optimización del tratamiento secundario de sus aguas residuales domésticas.

Palabras clave: Reactor de biopelícula de lecho móvil, tratamiento de aguas residuales, tratamiento secundario, biopelícula, carriers.

## ABSTRACT

Nowadays, Arequipa has gaps in terms of research on moving bed biofilm reactors, this is evidenced by the application of technologies that should no longer be used, such as active sludge, aeration lagoons and wells septic to name a few, which not being carried correctly generate pollution and malaise in the population. Besides this, the scarcity of water resources as in the district of Yarabamba requires the treatment of wastewater to be use in the irrigation of parks and gardens, as it has been doing for a year. However, the treated water does not meet the parameters established by law.

In view of the foregoing, the present project aims to design a moving bed biofilm reactor, for the secondary treatment of domestic wastewater from Yarabamba. In this way, demonstrate that the effluent treated by the proposed moving bed biofilm reactor complies with the secondary treatment of domestic wastewater. To demonstrate this, physicochemical parameters such as Oils and fats, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), pH, Total Suspended Solids (TSS) and Thermotolerant Coliforms were analyzed. On the other hand, the water treated by the moving bed biofilm reactor is within the most of the Maximum Permissible Limits for effluents from Wastewater Treatment Plants established by Peruvian law.

In order to carry out the research, domestic wastewater from Yarabamba was characterized first and then the design parameters of the reactor were determined. The reactor was then built and started using residual water from the grease trap at the Yarabamba wastewater treatment plant. The behavior of the reactor and the growth of the biofilm in the carriers were monitored. Once the reactor reached the necessary stabilization, the removal of contaminants was determined through the selected parameters at different times of hydraulic retention. Finally, the results were compared with the Maximum Permissible Limits for effluents from wastewater treatment plants.

The results obtained from the investigation showed that the designed moving bed biofilm reactor presents, in the different times of hydraulic retention, an effective removal of organic matter in terms of Biological Demand of Oxygen.

The designed moving bed biofilm reactor presented the best results, in terms of removal of pollutants, at 10 hours of hydraulic retention time. Reaching the maximum removal of 99.99% of Oils and Fats, 90.5% of BOD; 77.17% COD; 92.73% of SST and 99.47% of

Thermotolerant Coliforms; demonstrating that the results obtained are within the maximum permissible limits for the effluents of wastewater treatment plants with the exception of the Thermotolerant Coliforms parameter, for which a tertiary treatment with disinfection is suggested. In this way, that the implementation of this moving bed biofilm reactor in the district of Yarabamba could be considered a technically viable alternative for the optimization of the secondary treatment of its domestic wastewater.

Keywords: moving bed biofilm reactor, wastewater treatment, secondary treatment, biofilm, carriers.

## INTRODUCCIÓN

El Perú genera aproximadamente 2 217 946 m<sup>3</sup> por día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado de las EPS Saneamiento y sólo el 32% de estas recibe tratamiento. Hay sobrecarga de aguas residuales en las plantas de tratamiento cuya infraestructura es insuficiente, lo cual origina que los efluentes tratados excedan los límites máximos permisibles, y no se cumplan con los estándares de calidad ambiental. Esto genera problemas ambientales como la contaminación de los cuerpos de agua y la generación de malos olores que causan conflictos con la población. Parte de las aguas descargadas a la red de alcantarillado es derivada a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales para su tratamiento, pasando por un tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario. Dentro del tratamiento secundario del agua residual se pueden emplear reactores anaerobios y aerobios de lecho suspendido o de lecho móvil, como es el caso del sistema MBBR. Para poder emplear el agua tratada en el riego de cultivos, áreas verdes, piscicultura o ser vertidas a cuerpos de agua natural, esta debe cumplir con las normas de calidad ambiental para aguas residuales como son los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP) (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2014).

El tratamiento de aguas residuales, a través de la degradación biológica, ha sido uno de los procesos más utilizados en la última década, debido a su alta eficiencia en la remoción de materia orgánica y sólidos suspendidos. Pero su instalación requiere de áreas superficiales bastante extensas, lo cual lo convierte en una limitante para su implementación. Para resolver esta limitante, se han desarrollado los reactores biológicos de lecho móvil. Estos sistemas presentan diferentes ventajas frente a procesos biológicos convencionales (Woolard, 2005).

La presente investigación, describe el diseño experimental de un reactor biológico de biopelícula de lecho móvil; así como el método que se empleó para su arranque, estabilización y operación. Los resultados en la estimación de remoción de contaminantes demostraron la alta eficiencia de la tecnología empleada; además, de obtener un agua tratada con bajos costos de operación y mantenimiento.

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

ANA	: Autoridad Nacional del Agua
DBO	: Demanda Biológica de Oxígeno
DQO	: Demanda Bioquímica de Oxígeno
ECA	: Estándares de Calidad Ambiental
EPS-S	: Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento
INCAL	: Instituto Nacional de Calidad
LMP	: Límites Máximos Permisibles
MBBR	: Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil
MBR	: Reactor de Membrana
MINAM	: Ministerio del Ambiente
MVCS	: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
PTAR	: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
SBR	: Reactor de Flujo Secuencial
SEDAPAR	: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa
SST	: Sólidos Suspendidos Totales
SUNASS	: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
TRH	: Tiempo de Retención Hidráulico

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición típica de un agua residual doméstica .....	38
Tabla 2. Comparación entre tratamientos biológicos anaerobios y aerobios. ....	62
Tabla 3. Parámetros técnicos de Carriers.....	80
Tabla 4. Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.....	90
Tabla 5. Población por sexo del distrito de Yarabamba .....	93
Tabla 6. Población según el ámbito urbano y rural distrito de Yarabamba - Año 2015.....	93
Tabla 7. Métodos para el análisis de los parámetros seleccionados .....	100
Tabla 8. Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras .....	101
Tabla 9. Características del Carrier PE04 .....	110
Tabla 10. Aplicación del volumen de carriers en el reactor de biopelícula de lecho móvil	112
Tabla 11. Tratamientos realizados para el diseño experimental .....	115
Tabla 12. Caracterización del agua residual doméstica de Yarabamba.....	121
Tabla 13. Concentración del agua residual doméstica de Yarabamba.....	122
Tabla 14. Características físicas del reactor.....	124
Tabla 15. Volumen de carriers y volumen de agua en el reactor.....	126
Tabla 16. Dimensiones de las Bombas de agua modelo P-800 .....	131
Tabla 17. Características del compresor de aire ACO 003.....	132
Tabla 18. Análisis de parámetros del agua tratada por el reactor de lecho móvil a las 6 horas de tratamiento .....	137
Tabla 19. Análisis de parámetros del agua tratada por el reactor de lecho móvil a las 8 horas de tratamiento .....	138
Tabla 20. Análisis de parámetros del agua tratada por el reactor de lecho móvil a las 10 horas de tratamiento .....	139
Tabla 21. Media y desviación típica para los distintos parámetros de estudio a las 6 horas de retención hidráulico y el agua residual sin tratamiento .....	140
Tabla 22. Media y desviación típica para los distintos parámetros de estudio a las 8 horas de retención hidráulico y el agua residual sin tratamiento .....	141
Tabla 23. Media y desviación típica para los distintos parámetros de estudio a las 10 horas de retención hidráulico y el agua residual sin tratamiento .....	142
Tabla 24. Evaluación de la concentración de aceites y grasas en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento .....	143

Tabla 25. Evaluación de la concentración de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.....	145
Tabla 26. Evaluación de la concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.....	147
Tabla 27. Evaluación del pH en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.....	149
Tabla 28. Evaluación de la concentración de Sólidos Suspendedos Totales (SST) en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.....	151
Tabla 29. Evaluación de la concentración de Coliformes Termotolerantes en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.....	153
Tabla 30. Evaluación de la temperatura en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento .....	155
Tabla 31. Concentración residual y remoción aceites y grasas según el tiempo de retención hidráulico en el reactor de biopelícula de lecho móvil .....	157
Tabla 32. Concentración residual y remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil.....	157
Tabla 33. Concentración residual y remoción de la Demanda Química de Oxígeno según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil.....	158
Tabla 34. Concentración residual y remoción de los Sólidos Suspendedos Totales según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil.....	159
Tabla 35. Concentración residual y remoción de los Coliformes Termotolerantes según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil.....	160
Tabla 36. Comparación de los promedios de los análisis obtenidos de las aguas residuales del reactor de biopelícula de lecho móvil con los LMP del D.S. 003-2010 MINAM.....	162
Tabla 37. Costos del diseño experimental del Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil .....	163
Tabla 38. Análisis económico de un Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil.....	164
Tabla 39. Estimación de costos de construcción de un Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil de cemento para 1000 habitantes.....	165
Tabla 40. Estimación de costos de equipos y sistema de aireación de un Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil de cemento para 1 000 habitantes.....	166
Tabla 41. Estimación de costos generales de un Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil de cemento para 1 000 habitantes.....	166
Tabla 42. Estimación del costo total de construcción de un Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil de cemento para 1 000 habitantes .....	166

Tabla 43. Estimación de operación y mantenimiento anual del Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil de cemento para 1 000 habitantes .....	167
--	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los sólidos en las aguas residuales .....	41
Figura 2. Diseño de una cámara de rejillas .....	53
Figura 3. Diseño de un desarenador.....	54
Figura 4. Diseño de un tanque de grasas.....	55
Figura 5. Diseño de una fosa séptica .....	56
Figura 6. Esquema de un tratamiento biológico de aguas residuales .....	58
Figura 7. Proceso aerobio .....	60
Figura 8. Proceso anaerobio.....	61
Figura 9. Esquemas de los sistemas clásicos anaerobios: (a) Tanque séptico; (b) Tanque Imhoff .....	63
Figura 10. Reactores de primera generación.....	64
Figura 11. Reactores de segunda generación.....	65
Figura 12. Reactores de tercera generación .....	65
Figura 13. Diagrama del Sistema de Lodos Activos.....	67
Figura 14. Esquema de funcionamiento de un Reactor de ciclos secuenciales .....	68
Figura 15. Esquema del Sistema MBR con membranas sumergidas.....	70
Figura 16. Esquema del Sistema de Lagunaje .....	72
Figura 17. Esquema del Sistema de Biodiscos .....	73
Figura 18. Esquema de un Filtro Percolador .....	74
Figura 19. Esquema de una planta de tratamiento de aguas residuales con un reactor de biopelícula de lecho móvil.....	76
Figura 20. Tipos de carriers para Reactores de Biopelícula de lecho móvil.....	80
Figura 21. Crecimiento de la biopelícula en el carrier.....	82
Figura 22. Fases del crecimiento bacteriano.....	83
Figura 23. Esquema de aislamiento térmico .....	89
Figura 24. Ubicación geográfica del distrito de Yarabamba .....	92
Figura 25. Ubicación de la Planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yarabamba .....	94
Figura 26. Cámara de rejillas y desarenador de la planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba .....	95
Figura 27. Trampa de grasas de la planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba .....	95

Figura 28. Tratamiento Secundario – Anaerobio de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba .....	96
Figura 29. Filtros percoladores de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba .	97
Figura 30. Almacenamiento del agua de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba .....	97
Figura 31. Entrada al distrito de Yarabamba .....	98
Figura 32. Ubicación satelital de la de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba .....	99
Figura 33. Esquema del sistema de filtración simple .....	108
Figura 34. Difusores de aire.....	109
Figura 35. Mangueras de plástico delgadas .....	109
Figura 36. Aislamiento del reactor con tecnopor y plástico burbuja. ....	109
Figura 37. Medio de soporte empleado PE04.....	110
Figura 38. Bomba de agua para acuario modelo P-800 Heto .....	131
Figura 39. a) Sistema de aireación; b) Compresor de aire.....	132
Figura 40. Cámaras y difusores del reactor de biopelícula de lecho móvil .....	133
Figura 41. Reactor de biopelícula de lecho móvil con aislamiento térmico a) Vista frontal; b) Vista superior .....	133
Figura 42. Arranque del reactor de biopelícula de lecho móvil .....	134
Figura 43. Medición de la temperatura en la etapa de arranque y estabilización del reactor de biopelícula de lecho móvil.....	135
Figura 44. a) Formación de la biopelícula en el carrier; b) Bacterias con la tinción de Gram .....	135
Figura 45. Diagrama de flujo del Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil .....	136
Figura 46. Comparación de la concentración de aceites y grasas en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento .....	144
Figura 47. Comparación de la concentración de DBO en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento .....	146
Figura 48. Comparación de la concentración de DQO en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento .....	148
Figura 49. Comparación de la concentración de pH en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento .....	150
Figura 50. Comparación de la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.....	152

Figura 51. Comparación de la concentración de Coliformes Termotolerantes en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.....	154
Figura 52. Comparación de la temperatura en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento .....	156
Figura 53. Porcentaje de remoción de aceites y grasas según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil .....	157
Figura 54. Porcentaje de remoción de DBO según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil.....	158
Figura 55. Porcentaje de remoción de DQO según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil.....	159
Figura 56. Porcentaje de remoción de SST según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil.....	160
Figura 57. Disminución de Coliformes Termotolerantes según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil .....	161
Figura 58. Dimensionamiento de un Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil de cemento para 1 000 habitantes.....	167
Figura 59. Módulo de Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil americano.....	168

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Caracterización de la realidad problemática

Actualmente en el Distrito de Yarabamba se encuentra una planta de tratamiento de aguas residuales la cual presenta un deficiente tratamiento de sus efluentes domésticos. En vista de que el distrito sufre de escasez de agua, el municipio ha optado por reusar el agua tratada por la planta para el riego de parques y jardines, de esta forma no descargar las aguas directamente al río que se encuentra a pocos metros de la planta.

La planta cuenta con un pozo séptico mejorado como tratamiento secundario. Sin embargo, la remoción de materia orgánica que presenta es baja, evidenciándose un problema en la operación de la planta y es su tratamiento secundario. El efluente de la planta no solo supera los Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, sino que también supera los Estándares de Calidad Ambiental para el riego de tallos altos establecidos por el MINAM.

El distrito cuenta con 1 072 habitantes a la fecha, cuyo caudal promedio de descarga de aguas residuales es de 0,16 L/s día. Se estima que para el año 2 021 la población ascenderá a 1 094 habitantes. Para cubrir la futura demanda se requiere un tratamiento más eficiente, es decir, con menor tiempo de retención y mayor campo de remoción de la carga orgánica.

#### 1.2. Formulación del Problema

##### 1.2.1. Problema general

¿Puede el diseño de un reactor de biopelícula de lecho móvil cumplir con el tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas del distrito de Yarabamba?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del agua residual doméstica del distrito de Yarabamba?
- ¿Cuáles serán los parámetros de diseño para el reactor de biopelícula de lecho móvil?
- ¿Cuál será la remoción de contaminantes del agua residual en el reactor de biopelícula de lecho móvil?
- ¿Cumplirá con los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2010 MINAM sobre el agua tratada por el reactor de biopelícula de lecho móvil?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Diseñar un reactor de biopelícula de lecho móvil para el tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas del distrito de Yarabamba

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas del agua residual doméstica del distrito de Yarabamba.
- Indicar los parámetros de diseño del reactor de biopelícula de lecho móvil.
- Estimar la remoción de contaminantes del agua residual en el reactor de biopelícula de lecho móvil.

- Comparar el agua tratada por el reactor de biopelícula de lecho móvil con los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2010 MINAM.

#### 1.4. Justificación

##### Justificación Ambiental

Actualmente el agua tratada por la planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba presenta niveles de contaminación importantes, que generan impactos negativos en el ambiente al ser empleada para el riego de parques y jardines del distrito o como efluente vertido al río Yarabamba.

##### Justificación Económica

Se requiere mejorar el tratamiento secundario, principal problema del funcionamiento de la planta, empleando una tecnología moderna con menor costo de operación y mantenimiento.

##### Justificación Social

Lograr tener un agua libre de contaminantes que no comprometa la salud de las personas, animales y plantas.

#### 1.5. Importancia

Los sistemas convencionales que se aplican para el tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Arequipa como los pozos sépticos, las lagunas de aireación o de oxidación, lodos activados, entre otros, presentan baja efectividad en el tratamiento de aguas residuales domésticas, ocupando grandes áreas para poder llevarse a cabo, generando otro tipo de problemas sobre la población. Hoy en día se cuenta con tecnologías más avanzadas para el tratamiento de aguas residuales con menores impactos y mayores beneficios tanto económicos como sociales y ambientales.

El presente estudio pretende difundir la tecnología de lecho móvil con formación de biopelícula en medios portantes llamados “Carriers”. La cual presenta menores

costos que una planta de tratamiento de aguas residuales tradicionales que emplea lodos activos: ocupa menor espacio, emplea tiempos de retención menores; además, es sencilla de operar, no genera olores lo cual se traduce en un menor impacto en el ambiente y la sociedad.

Esta investigación brindará una mayor visión a ingenieros y empresarios dedicados al tratamiento de aguas. Se espera que la aplicación de esta tecnología tenga un mayor alcance sobre más pueblos y ciudades durante los próximos años, de esta forma dar solución a problemas de contaminación de agua en distintos lugares que lo necesiten.

#### 1.6. Limitaciones

- Condiciones ambientales de temperatura en las diferentes estaciones del año durante la investigación
- Falta de automatización
- Solo aplicable a tratamientos secundarios

## CAPITULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Marco referencial

##### 2.1.1. Antecedentes de la Investigación

- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con un Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil en el Distrito de Matarani. En el distrito de Islay – Matarani, se terminó la construcción de la Planta de tratamiento de las aguas residuales en marzo de 2016 y al arranque oficial de la planta fue los primeros días de octubre del presente. El agua obtenida del tratamiento es utilizada por la Municipalidad de Islay - Matarani para el regadío de parques y jardines (Amado Lazo, 2017).

La planta fue adquirida a través de la empresa DYNAFLUX S.A. La planta opera automáticamente las 24 horas del día, los 7 días de la semana. La planta cuenta con vigilantes para el funcionamiento de la planta, además un especialista contratado por la municipalidad realiza inspecciones mensuales. A la fecha el tratamiento del agua funciona correctamente y eficientemente luego de haber realizados algunos ajustes en las primeras semanas de arranque. No existe ninguna queja por parte de la población pues no hay emisión de olores, un indicador de que el sistema funciona adecuadamente (Amado Lazo, 2017).

-“Comparación experimental entre el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil y el sistema de lodos activados para el tratamiento de aguas residuales municipales”. El objetivo de investigación fue la comparación de un Sistema de MBBR de bajo costo y un sistema de lodos activados. El sistema MBBR se compone de los medios plásticos FLOCOR RMP® con una superficie específica de aproximadamente  $160 \text{ m}^2/\text{m}^3$  (sólo superficie interna). La comparación con el lodo activado se realizó mediante dos líneas de tratamiento paralelas. La eliminación de sustancias orgánicas y la nitrificación se investigaron durante un período de 1 año. Comparando los resultados obtenidos con las dos líneas, se observó que los lodos activos tuvieron

eficiencias de eliminación superiores a MBBR; las eficiencias promedio para la remoción de DQO fueron 76% para MBRR y 84% para los lodos activos. Por el contrario, las remociones de DQO resultaron iguales (71% para ambos sistemas). A pesar de las notables variaciones de la temperatura de las aguas residuales, principalmente en invierno (rango de 5-21°C), la eficiencia media de remoción de amonio fue de 92% para MBBR y 98% para AS. Con una carga de amonio de hasta 1,0g/m<sup>2</sup> d-1 (hasta 0,12 kg rn-3 d-1), las eficiencias de nitrificación en MBBR fueron más del 98%. A mayores cargas se registró una disminución en la eficiencia del MBBR; que está relacionado con el aumento de la carga de DQO aplicada (Andreottola G. , Foladori, Ragazzi, & Tatàno, 2000).

- “Tratamiento de agua residual municipal utilizando biopelículas en suspensión”. El objetivo del trabajo fue desarrollar biopelículas sobre un material de soporte en forma de cubos, con alta porosidad y baja densidad, en un reactor aerobio completamente mezclado. Para la experimentación se construyó un reactor a nivel piloto, en donde la variable principal fue la tasa de alimentación de sustrato por unidad de área expuesta al crecimiento de biopelícula (carga orgánica aplicada). Entre las conclusiones se destaca que a medida que se incrementó la carga orgánica: 1) la biopelícula empezó a cubrir por completo las porosidades superficiales y su crecimiento tendió hacia el medio líquido en forma de filamentos; 2) las poblaciones responsables de la oxidación del nitrógeno amoniacal a nitrato disminuyeron su actividad y 3) aumentó la remoción de DQO (Gonzales Barceló, Gonzales Martinez, & Maldonado Orozco, 2002).

- “El desarrollo de un bioreactor de membrana de Biofilm”. Se investigó el desarrollo de una biopelícula-MBR combinando un reactor de biopelícula de lecho móvil con un reactor de separación de biomasa de membrana sumergida. Las eficiencias de tratamiento fueron que la producción de un efluente consistente de alta calidad, independientemente de las tasas de biorreactor o reactor de membrana. El rendimiento de la membrana es una función de la calidad del efluente del reactor de biopelícula y varía con las tasas de carga. Se encontró que el funcionamiento sostenible se

correlacionaba destino de la fracción de tamaño de partícula sub-micrométrica a lo largo del proceso de tratamiento (Ødegaard H. , 2005).

- “PET y PP como medios de crecimiento de Biopelícula fija aplicada al tratamiento aerobio de aguas residuales domésticas”. El objetivo de la investigación fue evaluar el desempeño de plásticos reciclables como Polietileno Tereftalato PET y Polipropileno PP como medios de soporte para el crecimiento de biopelícula en reactores aerobios de 2,8 L de lecho fijo para el tratamiento de agua residual doméstica. Estos materiales fueron evaluados durante 300 días. Los reactores con PET contenían pedazos de 5cm x 1cm, mientras que los PP con tiras de 80cm x 5cm. Como sustrato se utilizó agua residual del río Machángara (Quito-Ecuador), cuyo DQOs fue de 200 mg/L, a la que se fortificó con melaza entre 795 a 1 420 mg/L. El área específica para los materiales PET y PP fue de 654,62 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> y 882,5 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> respectivamente. Durante este tiempo la carga orgánica expresada en gramos de DQO fue para los reactores con material PET de 16,82g y 17,95g de DQO para aquellos con PP. Se logró eficiencias máximas de remoción de DQO del 95% y 96% para PET y PP respectivamente, siendo este último el mejor dado su mayor porcentaje de remoción alcanzado en menor tiempo (Lapo B. , Muñoz, Pozo, & Ayala, 2014)

- “Reactor aerobio con medio de soporte fijo utilizando botellas PET”. El objetivo de la investigación fue implementar un reactor biológico rectangular de 90 litros de capacidad, aireado y conteniendo en su interior botellas plásticas de PET (Polietileno Tereftalato) como medio de soporte para la producción de una biopelícula para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Durante el experimento se monitoreó el influente y efluente donde se obtuvo una remoción de la DBO<sub>5</sub> de 97,6% y DQO de 97,7%, como parámetros indicadores de la calidad del agua residual tratada con un tiempo promedio de tratamiento de 2,72 horas (Mendoza Burguete & Rodriguez Morales, 2016).

### 2.1.2. Referencias históricas

#### - Pozo séptico del distrito del Yarabamba

Desde el año 1 987 hasta el año 2 016 el distrito contó con un pozo séptico para el tratamiento de las aguas residuales del distrito. Ubicado a un costado del río Yarabamba en la entrada del distrito. Este pozo ocasionó problemas de contaminación durante años. La saturación del pozo ocasionó rebalses que a su vez provocaron problemas de eutrofización en los alrededores, malestar en los pobladores por olores desagradables de las aguas servidas y por último ser un foco infeccioso. El municipio limpiaba el pozo hasta 3 veces al año a través de una Empresa Prestadora de Servicios (EPS). Esto generaba gastos municipales significativos (Polanco Villanueva, 2016)

- Mantenimiento de la infraestructura del Pozo séptico del Distrito de Yarabamba y construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Los trabajos para el mejoramiento del pozo séptico y construcción de la PTAR empezaron a finales del año 2 016, concluyéndose en 3 meses. El principal objetivo fue mejorar el tratamiento de aguas residuales en el mismo lugar donde se ubicaba el pozo séptico. La planta cuenta con un tratamiento primario que consta de: cámara de rejillas, desarenador y trampa de grasas. El tratamiento secundario consta: del pozo séptico convertido en un reactor biológico con dos cámaras al cual se le agregó bacterias eco-eficientes. Sobre el techo del pozo se encuentran 4 tanques de 30 litros de capacidad que sirven de alimentación de microorganismos eco-eficientes hacia la planta. Por último el tratamiento terciario consta de 3 filtros percoladores (tanques de agua) cada uno de 1 000 litros de capacidad, en cuyo interior hay gravas de diferentes tamaños para la filtración del agua. Todo el sistema funciona únicamente por gravedad, es decir, no existe automatización en los diferentes procesos. La planta está cercada totalmente y sólo la oficina encargada de su mantenimiento tiene acceso a la planta. La limpieza de la cámara de rejillas se hace diario, el desarenador se hace semanalmente y de la trampa de grasas 1 vez al mes. Actualmente la planta trata un promedio de 15m<sup>3</sup> de agua al día. Las aguas obtenidas de la PTAR son almacenadas en un tanque de 10 m<sup>3</sup> y

posteriormente una cisterna del municipio extrae el agua para su empleo en el riego de parques y jardines (Polanco Villanueva, 2016).

## 2.2. Marco Legal

### 2.2.1. Constitución del Perú

“Artículo 2°.- Dentro de los derechos fundamentales establecidos por la constitución del Perú se tiene en el Inciso 22. Derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.”

### 2.2.2. Ley N° 28611. Ley General del Ambiente

“Artículo 31°.- del estándar de calidad ambiental. 31.1 El estándar de calidad ambiental - ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. (...)”.

“Artículo 121°.- del vertimiento de aguas residuales. El estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

Artículo 122°.- del tratamiento de residuos líquidos. 122.2 el sector vivienda, construcción y saneamiento es responsable de la vigilancia y sanción por el incumplimiento de LPM en los residuos líquidos domésticos, en coordinación

con las autoridades sectoriales que ejercen funciones relacionadas con la descarga de efluentes en el sistema de alcantarillado público”.

### 2.2.3. Ley N° 29338. Ley de Recursos Hídricos

“Artículo 79°.- vertimiento de agua residual. La autoridad nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las autoridades ambientales y de salud sobre el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental del agua (ECA-agua) y límites máximos permisibles (LMP). (...). En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la autoridad nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas. Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado”.

“Artículo 80°.- autorización de vertimiento. Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva. (..)”.

“Artículo 82°.- reutilización de agua residual. La autoridad nacional, a través del consejo de cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la autoridad ambiental nacional. El titular de una licencia de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia. Para actividades distintas, se requiere autorización. La distribución de las aguas residuales tratadas debe considerar la oferta hídrica de la cuenca”.

“Artículo 84°.- Régimen de incentivos. La autoridad nacional, en coordinación con el consejo de cuenca, otorga reconocimientos e incentivos a favor de quienes desarrollen acciones de prevención de la contaminación del

agua y de desastres, forestación, reforestación o de inversión en tecnología y utilización de prácticas, métodos o procesos que coadyuven a la protección del agua y la gestión integrada del agua en las cuencas. (...)”.

“Artículo 85°.- certificación de aprovechamiento eficiente. 1. El certificado de eficiencia es el instrumento mediante el cual la autoridad nacional certifica el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos por parte de los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica. 2. La autoridad nacional otorga “certificados de eficiencia” a los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica, que cumplan con los parámetros de eficiencia. 3. La autoridad nacional otorga “certificados de creatividad, innovación e implementación para la eficiencia del uso del agua” a los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica que diseñen, desarrollen o implementen equipos, procedimientos o tecnologías que incrementen la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos hídricos, así como la conservación de bienes naturales y el mantenimiento adecuado y oportuno de la infraestructura hidráulica”.

#### 2.2.4. Reglamento de la Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos

“Artículo 133°.- condiciones para autorizar el vertimiento de aguas residuales tratadas. 133.1 la autoridad nacional del agua podrá autorizar el vertimiento de aguas residuales únicamente cuando: a. Las aguas residuales sean sometidas a un tratamiento previo, que permitan el cumplimiento de los límites máximos permisibles – LMP. B. No se transgredan los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, ECA – agua en el cuerpo receptor, según las disposiciones que dicte el ministerio del ambiente para su implementación”.

“Artículo 148°.- autorizaciones de reúso de aguas residuales tratadas. Podrá autorizarse el reúso de aguas residuales únicamente cuando se cumplan con todas las condiciones que se detallan a continuación: a. Sean sometidos a los tratamientos previos y que cumplan con los parámetros de calidad establecidos para los usos sectoriales, cuando corresponda”.

- 2.2.5. Texto único ordenado del reglamento de la ley general de servicios de saneamiento Ley N° 26338, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-vivienda

“Artículo 183°.- en caso que un centro poblado cuente con una población de dos mil uno (2 001) a quince mil (15 000) habitantes, la municipalidad deberá constituir, como mínimo, una unidad de gestión para la prestación de los servicios de saneamiento dentro del ámbito de su responsabilidad”.

- 2.2.6. Ley N° 27972 – Ley Orgánica de Municipalidades

Funciones específicas compartidas de las municipalidades distritales: 4.1 Administrar y reglamentar, directamente o por concesión el servicio de agua potable, alcantarillado y desagüe, limpieza pública y tratamiento de residuos sólidos, cuando esté en capacidad de hacerlo. 4.2. Proveer los servicios de saneamiento rural y coordinar con las municipalidades de centros poblados para la realización de campañas de control de epidemias y control de sanidad animal.

- 2.2.7. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM - Decreto Supremo que aprueba los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales

“Artículo 1°.- aprobación de límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de agua residuales domésticas o municipales (PTAR). Aprobar los límites máximos permisibles para efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, los que en anexo forman parte integrante del presente decreto supremo y que son aplicables en el ámbito nacional”.

“Artículo 3°.- cumplimiento de los límites máximos permisibles de efluentes de PTAR 3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir

del día siguiente de su publicación en el diario oficial el peruano. 3.2 los LMP aprobados mediante el presente decreto supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino”.

- 2.2.8. Resolución Ministerial N° 269-2009-VIVIENDA que aprueba los lineamientos para la regulación de los servicios de saneamiento en los centros poblados de pequeñas ciudades

“Artículo 4°.- de las funciones para la prestación de los servicios de saneamiento. 4.3 de los gobiernos locales. Los gobiernos locales tienen la función específica de administrar y reglamentar, directamente o por concesión, los servicios de saneamiento, cuando esté en capacidad de hacerlo, de acuerdo a las normas sectoriales vigentes. (...)”.

- 2.2.9. Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. Aprueba Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establece disposiciones complementarias

“Artículo 1°.- La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.”

“Artículo 3°.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías 3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de Animales Agua para riego restringido. Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que

se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa)”.

### 2.3. Marco conceptual

- Agua Residual Doméstica: son las provenientes de las actividades domésticas de la vida diaria como lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, etc. Estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas. Su composición varía según los hábitos de la población que los genera (Orozco Jaramillo, 2014).
- Biomedia o Carrier: es un medio plástico de alta eficiencia utilizado como camas para el crecimiento bacteriano en procesos combinados de tratamiento biológico. Está hecho de polímeros con altas propiedades mecánicas y alta resistencia a agentes químicos, físicos y biológicos con los que podría estar en contacto (Baecheler, Zambrano, & Urrutia, 2001).
- Biopelícula: llamado también Biofilm, es un ecosistema microbiano organizado, conformado por uno o varios microorganismos asociados a una superficie viva o inerte, con características funcionales y estructuras complejas. Este tipo de conformación microbiana ocurre cuando las células planctónicas se adhieren a una superficie o sustrato, formando una comunidad, que se caracteriza por la excreción de una matriz extracelular adhesiva protectora (Baecheler, Zambrano, & Urrutia, 2001).
- Bulking filamentoso o esponjamiento: Alteración en la sedimentación de los fangos activos por crecimiento excesivo de las bacterias filamentosas (Orozco Jaramillo, 2014).
- Bulking viscoso: alteración en la sedimentación del fango producida por la excreción masiva de polímeros extracelulares, consecuencia del metabolismo estresado de las bacterias ante déficits de nutrientes (Orozco Jaramillo, 2014).

- Carga Hidráulica: Volumen de agua a tratar por metro cuadrado de superficie y por unidad de tiempo ( $m^3 / m^2 * hora$ ) (Alvarez Cruz & Bagué Serrano, 2012).
- Carga Orgánica: Es el producto de la concentración de un determinado contaminante por el caudal, en un lugar determinado (kg DBO<sub>5</sub> o DQO /día) (Alvarez Cruz & Bagué Serrano, 2012).
- Carga Volumétrica: Es la relación entre la masa de un determinado contaminante por unidad de tiempo (Carga másica u orgánica) y volumen (Alvarez Cruz & Bagué Serrano, 2012).
- Condiciones Anóxicas: en el tratamiento de aguas residuales, el agua con ausencia de oxígeno se indica como anóxica mientras que el término anaeróbica se utiliza para indicar la ausencia de cualquier aceptor de electrones común, tales como el nitrato, el sulfato u el oxígeno (Alvarez Cruz & Bagué Serrano, 2012).
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): parámetro que mide la cantidad de dioxígeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida. Es la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión (Alvarez Cruz & Bagué Serrano, 2012).
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O<sub>2</sub>/l) (Alvarez Cruz & Bagué Serrano, 2012).
- Dotación: es la carga contaminante que se emite diluida en una cierta cantidad de agua. Es la cantidad de agua que se evacua por cada persona y se expresa como una dotación en litros por persona y día (Alvarez Cruz & Bagué Serrano, 2012).
- Eficiencia de remoción: porcentaje de carga contaminante removido en un sistema de tratamiento de aguas residuales (Orozco Jaramillo, 2014).

- Estándar de Calidad Ambiental: valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2014).
- Flóculo: unidad ecológica y estructural del fango activo consistente en la agregación de partículas orgánicas e inorgánicas del agua residual, junto con bacterias formadoras de flóculo y bacterias filamentosas, que se ve facilitada por la excreción de polímeros extracelulares microbianos. La estructura generada es capaz de diferenciarse de la fase líquida y por lo tanto promover la separación de fases en los decantadores secundarios (Crities & Tchobanoglous, 2000).
- Límite Máximo Permisible: valor máximo de concentración de elemento(s) o sustancia(s) en los diferentes componentes del ambiente, determinado a través de métodos estandarizados, reglamento a través de instrumentos legales (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2014).
- MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor): tratamiento biológico para aguas residuales que utiliza microorganismos purificantes que crecen en una biopelícula inmovilizada en un medio portador (Comsa Corporación, 2013).
- Nitrógeno Kjeldahl: es un indicador utilizado en química analítica cuantitativa. Refleja la cantidad total de nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal (Metcalf & Eddy, 1995).
- PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales): consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano (Comisión Nacional del Agua, 2016).
- Tiempo de Retención Hidráulico: Es el tiempo de permanencia del agua residual en el sistema (Alvarez Cruz & Bagué Serrano, 2012).

## 2.4. Marco teórico

### 2.4.1. Aguas residuales domésticas

#### 2.4.1.1. Definición

Son las aguas de origen principalmente residencial (desechos humanos, baños, cocina) y otros usos similares que en general son recolectadas por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria). Esta agua tiene un contenido de sólidos inferior al 1%. Si bien su caudal y composición es variable, pueden tipificarse ciertos rangos para los parámetros más característicos (Alvarez Cruz & Bagué Serrano, 2012).

Las aguas residuales son las aguas que más fácilmente se pueden tratar, dadas las siguientes condiciones, prácticamente universales: (i) baja concentración de  $\text{DBO}_5$ , entre 200 y 400 mg/L; (ii) contenido suficientes de los nutrientes para el crecimiento biológico: Nitrógeno y Fósforo; (iii) pH neutro, alrededor de 7,0, además con gran capacidad buffer es decir, difícilmente variable; y (iv) caudales con variaciones menores, salvo en el caso de comunidades muy pequeñas (Orozco Jaramillo, 2014).

#### 2.4.1.2. Composición de las aguas residuales domésticas

La composición de las aguas residuales se refiere a las cantidades de constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes en las aguas residuales. En este apartado se presentan datos sobre los diferentes constituyentes de las aguas residuales (Metcalf & Eddy, 1995).

La tabla 1 presenta datos típicos de los constituyentes encontrados en el agua residual doméstica. En función de las concentraciones de estos constituyentes, podemos clasificar el agua residual como concentrada, media o débil. Tanto los constituyentes como sus concentraciones presentan variaciones en función de la hora del día, el

día de la semana, el mes del año y otras condiciones locales (Metcalf & Eddy, 1995).

Tabla 1. *Composición típica de un agua residual doméstica*

Componente	Unidades	Concentraciones		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales	mg/l	350	720	1,200
Disueltos, totales	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en suspensión	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentables	mg/l	5	10	20
DBO5 a 20°C	mg/l	110	220	400
Carbono orgánico total	mg/l	80	160	290
DQO	mg/l	250	500	1,000
Nitrógeno (total en la forma N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoníaco libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros	mg/l	30	50	100
Sulfato	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes totales	n°/100ml	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>

Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

### 2.4.1.3. Caracterización de las aguas residuales

#### Características físicas

##### A. Temperatura

Generalmente la temperatura del agua residual es mayor que a la del abastecimiento, esto como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente de las descargas domésticas. Esta medición es importante ya que en los sistemas de tratamiento de aguas residuales hay procesos biológicos que dependen de la temperatura. También afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y procesos biológicos de los sistemas (Crities & Tchobanoglous, 2000).

Además, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos. La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35°C. Los procesos de digestión aerobia y de nitrificación se detienen cuando se alcanzan los 50 °C. A temperaturas de alrededor de 15 °C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad, mientras que las bacterias nitrificantes autótrofas dejan de actuar cuando la temperatura alcanza valores cercanos a los 5°C (Metcalf & Eddy, 1995).

##### B. Color

El color es un indicativo de la edad de las aguas residuales. El agua residual reciente suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. Llegado este punto, suele

clasificarse el agua residual como séptica. Algunas aguas residuales industriales pueden añadir color a las aguas residuales domésticas. En la mayoría de los casos, el color gris, gris oscuro o negro del agua residual es debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual (Metcalf & Eddy, 1995).

### C. Olor

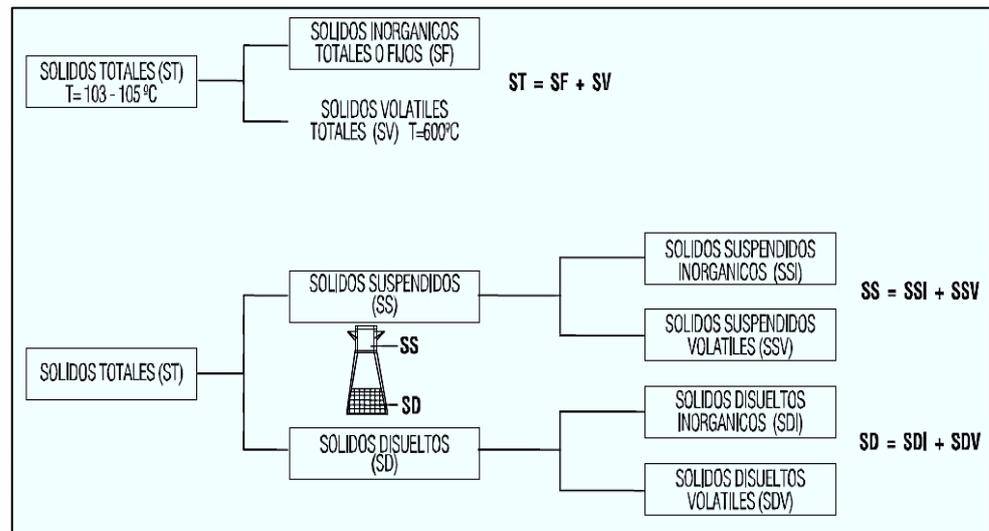
Los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios (Metcalf & Eddy, 1995).

### D. Sólidos

La materia orgánica a menudo está en forma de partículas en suspensión, por lo que es necesario diferenciar entre los Sólidos Suspendidos (SS) y los Sólidos Disueltos (SD) Además los sólidos pueden ser volátiles (SV), que indican procedencia orgánica, o fijos que se presumen como sólidos inorgánicos. La clasificación de los sólidos en general se presenta en la figura 1. Los Sólidos Totales (ST) se componen de los Sólidos Suspendidos más los Sólidos Disueltos. A su vez éstos se sub-dividen en Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) y Sólidos Suspendidos Fijos (SSF), y en Sólidos Disueltos Volátiles (SDV) y Sólidos Disueltos Fijos (SDF). Los más importantes en las aguas residuales son los SS, especialmente los SSV que son la materia orgánica presente en el agua residual en forma de partículas (Orozco Jaramillo, 2014).

Figura 1. Clasificación de los sólidos en las aguas residuales

Figura 1. Clasificación de los sólidos en las aguas residuales



Fuente: Orozco Jaramillo, 2014

- Sólidos disueltos totales: es la cantidad de sólidos disueltos en el agua.
- Sólidos suspendidos totales: es la cantidad de Sólidos que el agua conserva en suspensión después de 10 minutos de asentamiento.
- Sólidos sedimentables: son aquellos sólidos que sedimentan cuando el agua se deja en reposo 1 hora.
- Sustancia flotantes: Son aquellos materiales que se sostienen en equilibrio en la superficie del agua y que influyen en su apariencia tales como espuma, materiales plástico, etc. (Alvarez Cruz & Bagué Serrano, 2012).

#### E. Turbiedad

Se toma como una medida de las propiedades de la dispersión de la luz en el agua, usualmente se utiliza para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales tratadas haciendo relación al material en suspensión. La medición se realiza por comparación entre la intensidad de luz dispersa en una muestra y la luz dispersa

por suspensión de contraste en las mismas condiciones (Crities & Tchobanoglous, 2000).

El material suspendido impide el paso de luz, ya que esta la absorbe o dispersa, un factor clave es el tamaño de la partícula sobre la turbiedad, donde la mayor turbiedad está relacionada a partículas de tamaño inferior a  $3\mu\text{m}$  y con partículas de tamaño entre  $0,1$  y  $1,0\mu\text{m}$  (Crities & Tchobanoglous, 2000).

## Características químicas

### A. Materia Orgánica

La Materia Orgánica (MO) representa la parte más importante de la contaminación, aquella que agota el Oxígeno Disuelto (OD) en las masas de agua. En agua residual de composición típica, cerca del 70% de los Sólidos Suspendidos y el 45-50% de los Sólidos Fijos o filtrados, son MO. La materia orgánica está compuesta en un 90% por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites provenientes de excrementos y orina de seres humanos, restos de alimentos y detergentes. Estos contaminantes son biodegradables, es decir, pueden ser transformados en compuestos más simples por la acción de microorganismos naturales presentes en el agua, cuyo desarrollo se ve favorecido por las condiciones de temperatura y nutrientes de las aguas residuales domésticas (Orozco Jaramillo, 2014).

- Proteínas: componen del 40 al 60 % de las aguas residuales. Las proteínas son sustancias complejas e inestables, y su química está asociados a los Aminoácidos, que se componen del grupo ácido, - COOH, y el grupo básico, - NH<sub>2</sub>. En los Aminoácidos siempre está presente el Nitrógeno en una proporción relativamente constante, 16%. El Peso Molecular de las proteínas es muy alto, de 20 000 a 20 millones. La urea, CO (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, y las Proteínas son la

principal fuente de Nitrógeno de las AR. Cuando están presentes en grandes cantidades, la producción de malos olores es probable.

- Carbohidratos: constituyen del 25 al 50% de las aguas residuales. Proviene de la materia vegetal principalmente. Están ampliamente distribuidos en la Naturaleza e incluyen Azúcares, Almidones, Celulosa y Fibra de Madera. Los Carbohidratos se componen de C, H<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>. Los Azúcares, solubles en agua, descomponen fácilmente. Los Almidones son más estables, pero pueden ser convertidos a Azúcares por actividad microbiana. Las Fibras son insolubles (principalmente la Celulosa) y son muy resistentes a la descomposición en aguas residuales (Orozco Jaramillo, 2014).

#### B. Aceites y grasas

El contenido de estas en aguas residuales se determina por una extracción de muestra de residuo con triclorotrifluoroetano, químicamente tanto las grasas y aceites de origen vegetal o animal son similares, ya que básicamente son ésteres compuestos de ácidos grasos, alcohol y glicerina. Aquellos que se encuentran en estado líquido a temperatura ambiente denominados aceites y los que se han convertido en sólido llamados grasas. La presencia de estos causan muchos problemas en tanque sépticos, en sistemas de recolección y en el tratamiento de aguas residuales (Crities & Tchobanoglous, 2000).

#### C. Demanda química de oxígeno (DQO)

Se basa en la oxidación química de todos los carbonos orgánicos (material orgánico biodegradable y no biodegradable) mediante un

oxidante químico como el permanganato potásico o el dicromato potásico, presentes en una muestra de agua.

Habitualmente se realiza la determinación con permanganato en las aguas para consumo, denominándose oxidabilidad al permanganato, mientras que en las aguas residuales se realiza con dicromato, llamándose más propiamente DQO (Espigares García & Pérez López, 1999)

La DQO es siempre mayor que la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), y la DQO siempre oxidará cosas que la  $DBO_5$  no puede oxidar o que no medirá.

En cualquier agua residual dada, hay cierta probabilidad de que una pequeña porción de la DQO sea refractaria a causa de la oxidación de los tiosulfatos, sulfuros y otros compuestos. Esta DQO refractaria no puede ser eficiente ni eficazmente eliminada del agua residual. (Russell, 2012)

#### D. Demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ )

Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua. Esta prueba se realiza durante 5 ó 3 días a 20 °C por lo que se expresa como  $DBO$  o  $DBO_5$ , respectivamente (Espigares García & Pérez López, 1999).

Estas bacterias en condiciones aerobias, consumirán Oxígeno, causando la disminución del oxígeno disuelto. La  $DBO_5$  es causada por la respiración de las bacterias y cesará al agotarse totalmente la materia orgánica.

La  $DBO$  se efectúa a 5 días y a 20° C, y se denota con el símbolo  $DBO_5$ . Sin embargo, pueden realizarse a diferentes tiempos, por ejemplo la  $DBO_7$  es la demanda medida a los 7 días, y la  $DBO_u$  ( $DBO$  última o total) es la medida hasta el agotamiento total de la materia orgánica, lo que usualmente toma de 20 a 30 días. En las

Aguas Residuales Domésticas, la  $DBO_5 \approx 0,70 DBO_u$  o la  $DBO_u \approx 1,5 DBO_5$ .

El ensayo de la DBO es de tipo biológico, razón por la cual se debe simular en forma aproximada las condiciones en que la demanda ocurre en los medios naturales. Estas condiciones implican la presencia de Oxígeno y nutrientes (P y N<sub>2</sub>), la ausencia de tóxicos, pH y temperatura adecuados, presencia de bacterias en cantidad suficiente, entre otros (Orozco Jaramillo, 2014).

#### E. Materia inorgánica

Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por las aguas residuales, tratadas o sin tratar, que a ella se descargan. Las aguas residuales, salvo el caso de determinados residuos industriales, no se suelen tratar con el objetivo específico de eliminar los constituyentes inorgánicos que se incorporan durante el ciclo de uso. Puesto que las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua, conviene examinar la naturaleza de algunos de ellos (Metcalf & Eddy, 1995)

#### F. pH

El intervalo adecuado de pH para que se desarrolle la vida tiene un margen estrecho, en un rango de pH 5 y 9, las aguas residuales con valores menores a 5 y superiores a 9 tienen un tratamiento más complicado mediante agentes biológicos. Si dicho pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido nuevamente al cuerpo de agua, el pH de este cuerpo receptor será alterado; de allí la necesidad de que los efluentes de las plantas de tratamiento deben ser descargados dentro de los límites específicos para descargas a cuerpos receptores (Crities & Tchobanoglous, 2000).

## G. Cloruros

Los cloruros proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. En el caso de aguas costeras, su presencia también es debida a la intrusión de aguas saladas. La descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales comprende otra fuente de cloruros. Las heces humanas suponen unos 6g de cloruros por persona y día. Puesto que los métodos convencionales de tratamiento de las aguas no contemplan la eliminación de cloruros en cantidades significativas, concentraciones de cloruros superiores a las normales pueden constituir indicadores de que la masa de agua receptora está siendo utilizada para el vertido de aguas residuales. La infiltración de agua subterránea en las alcantarillas contiguas a aguas saladas constituye también una potencial fuente de cloruros y sulfatos (Metcalf & Eddy, 1995).

## H. Alcalinidad

La alcalinidad en el agua residual se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos, y bicarbonatos de elementos tales como el calcio, magnesio, sodio, potasio o amoníaco. De estos los más frecuentes son los bicarbonatos magnésico y cálcico. El agua residual es generalmente alcalina, recibiendo su alcalinidad del agua de suministro, del agua subterránea y de las materias añadidas durante su uso doméstico (Metcalf & Eddy, 1995).

## I. Nitrógeno

Es esencial para el crecimiento de microorganismos y plantas. Altas concentraciones pueden ser resultado de la fertilización en la agricultura, mediante fertilizantes artificiales y abonos.

El nitrógeno está presente en el agua residual reciente en forma de urea y proteínas, pero estos compuestos son fácilmente degradables

por las bacterias, que los transforman en amonio, y a partir de él producen nitritos y nitratos. Las conversiones entre las distintas formas del nitrógeno, están influenciadas por el pH y la temperatura del medio.

- Nitritos: se suelen considerar como indicadores indirectos de contaminación fecal. Son inestables y se oxidan fácilmente a nitratos. Su ausencia en el medio puede deberse a condiciones anóxicas, que obliguen a los microorganismos a utilizar el oxígeno ligado, llevando el hidrógeno a formas más reducidas.
- Nitratos son la forma más oxidada del nitrógeno que se encuentra en las aguas residuales (Espigares García & Pérez López, 1999).

#### J. Fósforo

Es también esencial para el crecimiento de los organismos. Las formas en que se puede encontrar en las aguas residuales, son ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico. El fosfato satisface los requerimientos de fósforo de todos los organismos y se necesita en niveles mucho más bajos que el nitrógeno. Al igual que éste, es responsable de la producción de procesos de eutrofización. Es por ello por lo que se está prestando en la actualidad un interés creciente en controlar la cantidad de fósforo que entra a formar parte de las aguas residuales, especialmente como componente de los detergentes. Así, se está sustituyendo el tripolifosfato de sodio, que es el principal componente de éstos, por otros compuestos como la sal sódica del ácido nitrilotriacético (Espigares García & Pérez López, 1999).

## K. Azufre

Es requerido para la síntesis de proteínas y se libera cuando éstas se descomponen. Prácticamente, todos los microorganismos pueden usar el sulfato como fuente de azufre, pero algunas especies requieren compuestos en forma más reducida para la biosíntesis. Las bacterias pueden realizar esta reducción de los sulfatos a sulfuros y  $\text{SH}_2$ , en condiciones anaerobias. Estos últimos compuestos son importantes en el comportamiento de los residuos líquidos y su grado de septización. El  $\text{SH}_2$  puede ser también oxidado a sulfato, que es corrosivo para las tuberías del alcantarillado. Si éste llega a contaminar el agua de bebida, puede causar trastornos gastrointestinales, sobretodo en niños. Además, el sulfato de magnesio produce sabor amargo al agua (Espigares García & Pérez López, 1999).

## L. Metales

Algunos de los siguientes se pueden encontrar en las aguas residuales confiriéndoles un carácter tóxico: cobre, cromo, boro, plomo (causante de saturnismo y acumulación en moluscos), plata (puede producir argüiría), arsénico (melanodermia del pie y acumulación en mariscos), antimonio (efecto cancerígeno), bario (efectos sobre el corazón, vasos sanguíneos y nervios), flúor (fluorosis) y selenio produce cáncer y caries) (Espigares García & Pérez López, 1999).

Algunos metales como el níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro y mercurio, se encuentran como elementos trazas en muchas aguas, y son necesarios para la vida biológica. Pero cuando alcanzan altas concentraciones pueden resultar tóxicos, inhabilitando el agua para algunos usos y acumulándose en los organismos y microorganismos acuáticos (Espigares García & Pérez López, 1999).

## M. Gases

Los gases que se encuentran más frecuentemente en la composición de las aguas residuales son nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, sulfhídrico, amoníaco y metano. Los tres primeros se encuentran en todas las aguas expuestas al aire, ya que son gases comunes en la atmósfera. El resto es resultado de la descomposición de la materia orgánica. Dentro de estos gases, los de mayor interés son el Oxígeno Disuelto, Sulfuro de Hidrógeno, Metano (Espigares García & Pérez López, 1999).

- **Sulfuro de hidrógeno:** se forma por descomposición anaerobia de la materia orgánica azufrada, o por reducción de sulfatos y sulfitos minerales. Es un gas incoloro, inflamable, con un olor característico muy desagradable. Si el agua residual contiene hierro, se combina con él, dando sulfuro de hierro que origina un color negro en el agua (Espigares García & Pérez López, 1999)
- **Metano:** es el principal subproducto de la degradación anaerobia de la materia orgánica de las aguas residuales. Es un hidrocarburo incoloro, inodoro y de gran valor como combustible. Aunque no suele encontrarse en grandes niveles, debido a que cantidades muy pequeñas de oxígeno impiden su formación, es necesario tener precaución ante el gran peligro de explosión que supone su alta combustibilidad. En aquellos lugares de las conducciones y alcantarillas donde pueda producirse, es necesaria una ventilación adecuada (Espigares García & Pérez López, 1999).

## N. Oxígeno Disuelto

El Oxígeno Disuelto (OD) es uno de los principales parámetros en tratamiento de aguas residuales pues muchos de los organismos dependen de él para mantener los procesos metabólicos. El OD es el principal indicador del estado de contaminación de una masa de agua, dado que la materia orgánica contenida en ella tiene como efecto directo el consumo del Oxígeno Disuelto. Su concentración de saturación varía entre 7mg/L a 35° C y 14,7mg/L a 0° C, a una atmósfera de presión.

Es más frecuente las bajas concentraciones de OD debido a la demanda de oxígeno causada por la MO presente. Por debajo de un 1mg/L promedio medido en las masas de agua, se encontrarán con seguridad zonas anaerobias (que no contienen Oxígeno) y por consiguiente habrá presencia de malos olores. Cuando la concentración llega a cero, la descomposición anaerobia es generalizada, y la presencia de malos olores también. La presencia de bacterias será generalizada (Orozco Jaramillo, 2014).

### Características biológicas

#### A. Bacterias

Pueden ser de origen fecal o bacterias implicadas en procesos de biodegradación, tanto en la naturaleza como en las plantas de tratamiento. En las aguas residuales brutas, predominan las especies pertenecientes a los siguientes grupos: Escherichia, Salmonella, estreptococos fecales, Proteus, Pseudomonas, Aeromonas, Serratia, Bifidobacterium, Clostridium, Zooglea, Flavohacterium, Nocardia, Achromobacter, Alcaligenes, Mycohacterium, Nitrosomonas, Nitrobacter, etc. (Espigares García & Pérez López, 1999).

Las bacterias coliformes se utilizan como indicador de polución por vertidos de origen humano, ya que cada persona elimina diariamente de 100 000 a 400 000 millones de coliformes a través de las heces, además de otras clases de bacterias. Las bacterias coliformes incluyen los géneros *Escherichia* y *Aerobacter* (Espigares García & Pérez López, 1999).

- Bacterias Aerobias, constituyen el 60-66% de microorganismos existentes en un agua residual, caracterizándose por captar de forma directa el oxígeno disuelto del agua. Requieren de un OD mayor a 2mg/L.
- Bacterias Anaerobias, constituyen el 10-25% de los microorganismos presentes en las aguas residuales. No requieren oxígeno, pues lo obtienen por descomposición de la materia orgánica por 3 o más elementos (C, H, O, N, S, P, K).
- Bacterias Facultativas, constituyen el 9-30% de microorganismos en el agua residual. Pueden adaptarse a las condiciones aerobias o anaerobias, dependiendo de la existencia o no de oxígeno disuelto en las aguas (Hernández, 2015).

## B. Virus

Proceden de la excreción, por parte de individuos infectados, ya sean humanos o animales. Poseen la capacidad de adsorberse a sólidos fecales y otras materias particuladas, favoreciendo de esta forma su supervivencia durante tiempos prolongados en las aguas residuales.

La gran supervivencia de los virus origina la resistencia a algunos tratamientos de aguas residuales, constituyendo un peligro para las aguas receptoras (Espigares García & Pérez López, 1999).

### C. Algas

Su crecimiento está favorecido por la presencia en las aguas residuales de distintas formas de fósforo y nitrógeno, así como de carbono y vestigios de elementos tales como hierro y cobalto, dando lugar a procesos de eutrofización (Espigares García & Pérez López, 1999).

### D. Protozoos

Los que se encuentran más frecuentemente en las aguas residuales son amebas, flagelados y los ciliados libres y fijos. Estos organismos juegan un papel muy importante en los procesos de tratamiento biológico, especialmente en filtros percoladores y fangos activados. Pueden eliminar bacterias suspendidas en el agua, ya que éstos no sedimentan, evitando la producción de efluentes con turbidez (Espigares García & Pérez López, 1999).

## 2.4.2. Tratamiento preliminar y tratamiento primario de las aguas residuales domésticas

### 2.4.2.1. Tratamiento preliminar

El tratamiento preliminar o pre-tratamiento, es un proceso que se sitúa en cabecera y tiene como objetivo eliminar, de las aguas residuales, todos aquellos elementos de tamaño considerable , buscan igualar y homogeneizar el flujo, adicionar los nutrientes necesarios, regular el pH requerido de tratamiento, eliminar sólidos flotantes e inorgánicos (Orozco Jaramillo, 2014).

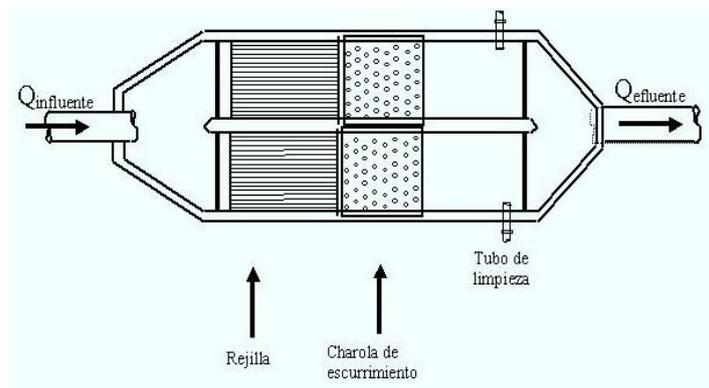
#### A. Desbaste o cámara de rejillas

El desbaste se hace mediante rejillas, normalmente de barra paralelas. Este el método más usado para remover los

materiales gruesos presentes en el agua residual, tales como papeles, plásticos, etc. Su objeto es proteger la operación correcta de válvulas, bombas, aireadores y demás equipo necesario para una PTAR. Existen rejillas de limpieza manual (ver Figura 2.) y rejillas auto-limpiantes. Dependiendo del espaciamiento entre las barras se dividen en Rejas Gruesas (de 4 a 10 cm), Rejas Medias (de 2 a 4 cm) y Rejas Finas (de 1 a 2 cm).

El cálculo más importante en el diseño de una rejilla es la pérdida de carga al paso del AR por entre las barras. La velocidad de aproximación debe estar entre 0,6 (para evitar sedimentación) y 0,9 m/s (para evitar arrastre del material atrapado). (Orozco Jaramillo, 2014).

Figura 2. Diseño de una cámara de rejillas



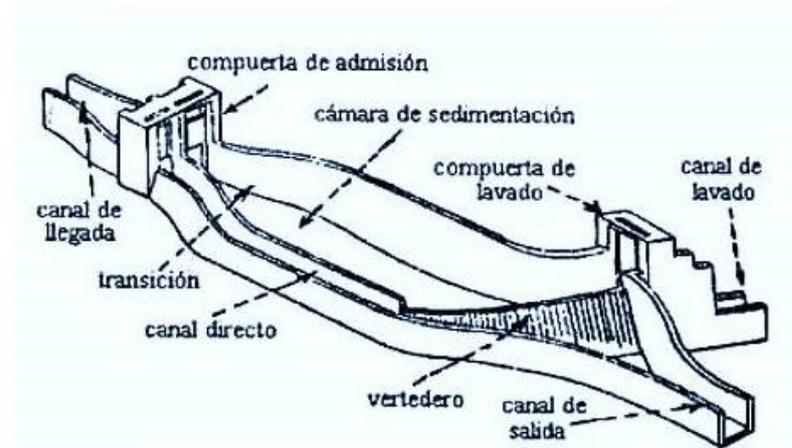
Fuente: CYTED XVII: Aprovechamiento y Gestión de Recursos Hídricos.

## B. Desarenado

Los desarenadores se utilizan para remover arenas y otros materiales no orgánicos a través de la sedimentación. Los desarenadores se deben construir en dos o más unidades, con un desarenador extra, para cuando se esté en el proceso de limpieza de uno de ellos, los otros deben tener capacidad para tratar el caudal total que esté llegando a la planta

durante la limpieza. El desarenador se puede mantener a velocidad constante si se coloca a la salida un vertedero de descarga proporcional (*Sutro*) que además sirve como medidor de flujo. La figura 3 presenta una imagen característica de un desarenador. Nótese que son dos en paralelo, para que uno funcione mientras el otro se limpia.

Figura 3. Diseño de un desarenador



Fuente: MGN Hydro Consult SAC

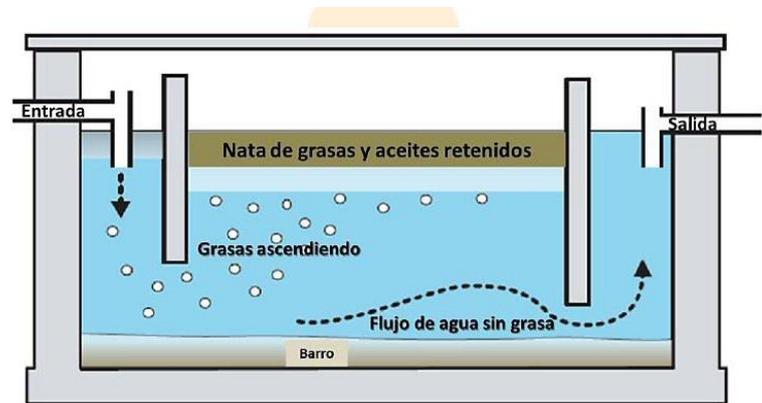
### C. Remoción de grasas y aceites

Las aguas residuales domésticas vienen con una gran carga de estos, cuando se permite el ingreso a los tanques existe la posibilidad que sean descargados al efluente. Estos tienden a acumularse sobre la superficie de los sistemas de tratamiento (Crities & Tchobanoglous, 2000).

Las grasas y aceites pueden ser retenidos en dispositivos simples: tanques desengrasadores o tanques retenedores, como se puede apreciar en la figura 4 el tiempo de retención dependerá del tipo de aceite: si es mineral (hidrocarburos), su densidad es de 0,8kg/L, aproximadamente, por lo que se requerirán 3 minutos en tanques con capacidad de 10L/s y hasta 5 minutos en

tanques mayores a 20L/s (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Figura 4. Diseño de un tanque de grasas



Fuente: Scribd, Investigaciones Sanitaria II.

#### 2.4.2.2. Tratamiento primario

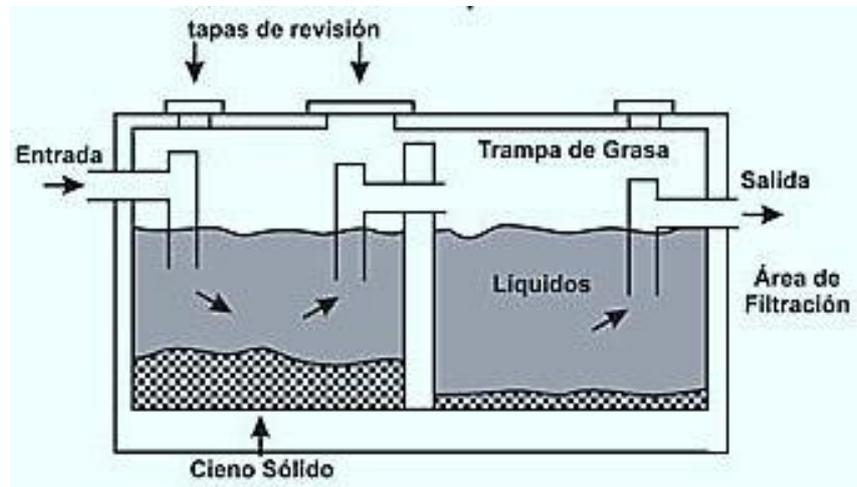
El principal objetivo de los tratamientos primarios se centra en la eliminación de sólidos en suspensión, consiguiéndose además una cierta reducción de la contaminación biodegradable, dado que una parte de los sólidos que se eliminan está constituida por materia orgánica ( Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua de Sevilla (CENTA) , 2008).

##### A. Fosa séptica y pozo de absorción

La fosa séptica y el pozo de absorción es el método más económico disponible para tratar aguas negras residenciales. Una fosa séptica es un contenedor hermético cerrado donde se acumulan las aguas negras, separando los sólidos del efluente líquido. Como se aprecia en la Figura 5 buena parte de los sólidos se eliminan por sedimentación al acumularse en el fondo del tanque, mientras que los sólidos que flotan (grasas y

aceites) suben a la parte superior (Alvarez Cruz & Bagué Serrano, 2012).

Figura 5. Diseño de una fosa séptica



Fuente: Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud, 2009

### 2.4.3. Tratamientos secundarios biológicos para aguas residuales domésticas

#### 2.4.3.1. Descripción

El fin del proceso biológico es lograr la depuración de las aguas residuales mediante la acción de los microorganismos, que degradan y eliminan la materia orgánica (Comsa Corporación, 2013).

La composición del agua residual afecta directamente a la posibilidad de tratamiento biológico. Al tratarse de un sistema vivo, es preciso conocer la temperatura del efluente, el pH, el contenido de sales, la presencia de nitrógeno y fósforo necesarios para el desarrollo de las bacterias y la presencia de tóxicos que pueden inhibir parcial o completamente el funcionamiento del proceso (Comsa Corporación, 2013).

La  $DBO_5$  y la  $DQO$  son medidas del estado de reducción de la materia orgánica, es decir del contenido energético. La  $DBO_5$  es una medida más ampliamente reconocida, aunque para efectos de interpretar las

cinéticas del Tratamiento de las Aguas Residuales (TAR), la DQO es el parámetro que se emplea. Ambos análisis calculan la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica, pero la DBO<sub>5</sub> sólo da cuenta de la fracción biodegradable, mientras la DQO tiene en cuenta también la fracción no-biodegradable. Por otra parte, la remoción de sustrato, en términos de DBO<sub>5</sub> y DQO, es equivalente, pues las unidades de O<sub>2</sub> removidas son las mismas. Así, para un sustrato o agua residual sometido a tratamiento, con una concentración inicial igual a (DBO)<sub>0</sub> y (DQO)<sub>0</sub> y una concentración efluente de (DBO)<sub>e</sub> y (DQO)<sub>e</sub> se tiene:

$$\Delta S = (DBO)_0 - (DBO)_e = (DQO)_0 - (DQO)_e$$

Donde:

$$\Delta S = \text{Demanda de oxígeno removido}$$

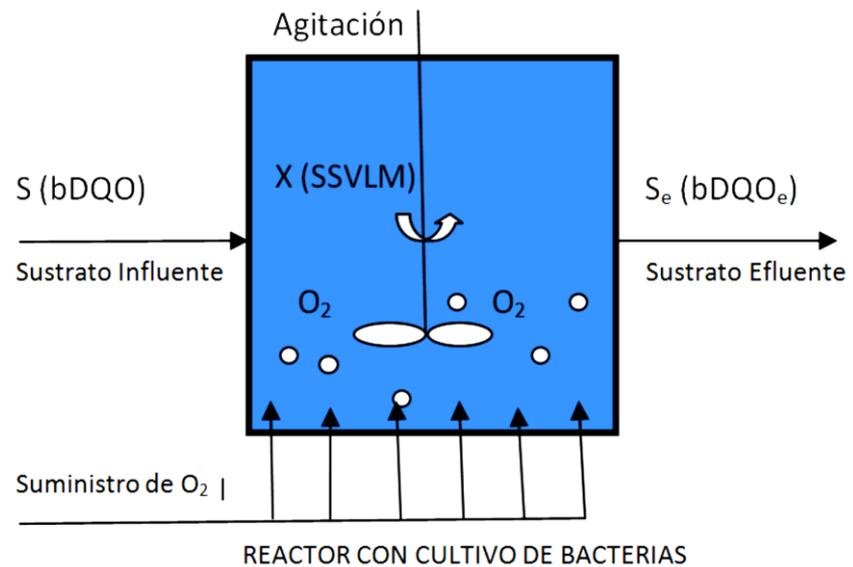
O sea:  $\Delta DBO = \Delta DQO$

Un agua residual o sustrato tiene un potencial de contaminación medido con la DQO. Pero para efectos de tratamiento biológico, la DQO biodegradable nos dice la cantidad de alimento que a un determinado cultivo biológico le entra. En efecto, refiriéndonos a la figura 6, el agua residual o sustrato influente, S<sub>0</sub>, es el alimento que entra al reactor donde se encuentra un cultivo altamente concentrado de bacterias, medido como SSVLM (Sólidos Suspendidos Volátiles del Licor Mixto), el cual después de alimentarse deja un sustrato efluente o residual, S. El oxígeno removido (ΔS) durante el tratamiento es la cantidad de sustrato utilizado en la alimentación de las bacterias, a saber:

$$\Delta S = (S_0 - S) = (DQO)_0 - (DQO)_e$$

Figura 6. Esquema de un tratamiento biológico de aguas residuales

Figura 6. Esquema de un tratamiento biológico de aguas residuales



Fuente: Orozco Jaramillo, 2014

#### 2.4.3.2. Metabolismo bacteriano

El metabolismo en fenómenos ocurridos en aguas residuales se desarrolla en 4 etapas:

- a) La  $DBO_5$  rápidamente biodegradable, es decir, soluble y constituida por molécula simple, pasa directamente a través de la membrana celular y se metaboliza a alta velocidad.
- b) La  $DBO_5$  de las materias en suspensión y de los coloides, que representa la mayor parte de la  $DBO_5$  lentamente biodegradable, es absorbida sobre la célula con un efecto de almacenamiento sobre la membrana citoplasmática. Estas materias almacenadas sufren un proceso de hidrólisis por acción enzimática para tomar un sustrato asimilable.
- c) Producción de masa activa. Una fracción de la  $DBO_5$  metabolizada se transforma en materia del nuevo protoplasma celular; la fracción que queda se utiliza para la producción de la

energía necesaria para la síntesis, o eventualmente pérdida en forma de calor.

- d) Oxidación de masa activa. De forma simultánea a la oxidación y producción de energía, hay una pérdida neta activa llamada pérdida de masa endógena. Una parte de la materia asimilada del orden del 80% queda completamente oxidada en productos finales ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ); la parte restante, el 20% que no es degradable, queda como residuo (Ronzano Llodra & L., 2007).

#### 2.4.3.3. Clases de procesos biológicos

##### A. Proceso Aerobio

Es realizado por microorganismos vivos, cuyo metabolismo tiene lugar en presencia de oxígeno disuelto. En la figura 7, se observa que los productos finales son principalmente  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , con desprendimiento de energía, en parte empleada en la formación de nuevos microorganismos, de gran importancia en este proceso para las reacciones de síntesis.

Reacción:

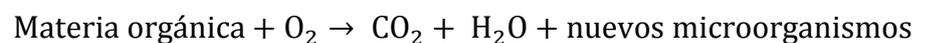
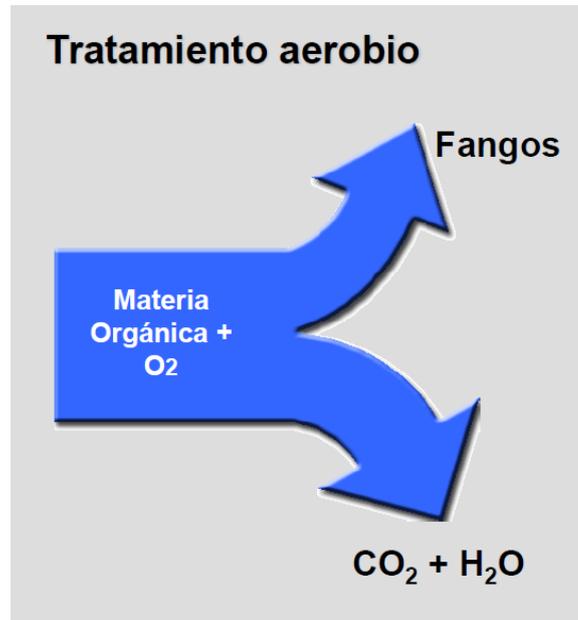


Figura 7. Proceso aerobio

Figura 7. Proceso aerobio

Figura 7. Proceso aerobio



Fuente: Comsa Corporación, 2013

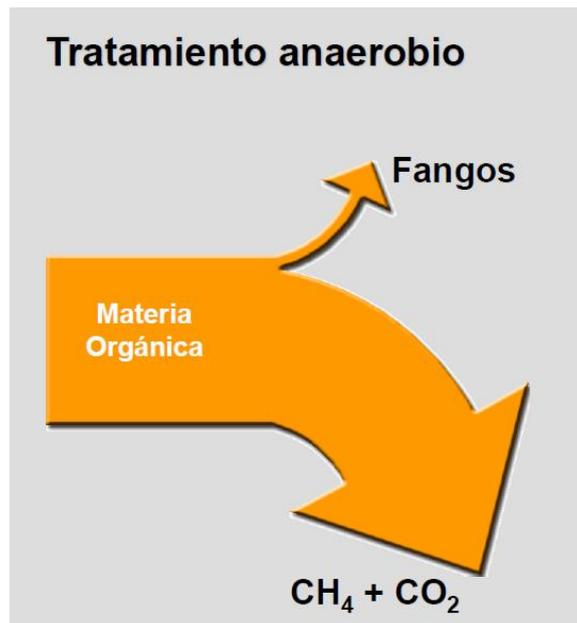
#### B. Proceso Anaerobio

Es realizado por microorganismos cuyo metabolismo se realiza en ausencia de oxígeno, pudiendo verse gravemente afectados por la presencia de este elemento. En la figura 8 se observa que los productos finales mayoritariamente son CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>. Las reacciones de síntesis se realizan con poca extensión lo que obliga a utilizar sistemas de retención de microorganismos (Comsa Corporación, 2013).

Reacción:

Materia orgánica → CO<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O + nuevos microorganismos

Figura 8. Proceso anaerobio



Fuente: Comsa Corporación, 2013

La tabla 2 hace una comparación entre un tratamiento biológico anaerobio y aerobio con algunos de los principales parámetros a medir. En ella, se puede ver que el rendimiento y eficiencia de la remoción en un proceso aerobio es mayor y con menores impactos ambientales con respecto a uno anaerobio. Sin embargo, un tratamiento aerobio requiere más energía (para el suministro de aire) y produce mayor cantidad de fangos. Por otro lado, algunos tratamientos aerobios pueden producir menor cantidad de fangos como se verá más adelante.

Tabla 2. *Comparación entre tratamientos biológicos anaerobios y aerobios.*

Parámetro	Anaerobio	Aerobio
Requerimientos de energía	Bajos	Altos
Rendimiento de tratamiento	Moderado (60 a 90%)	Alto (95%)
Producción de fangos	Baja	Alta
Estabilidad del proceso (a sobrecargas)	Baja a moderada	Moderada a alta
Compuestos tóxicos y sobrecargas)		
Tiempo puesta en marcha	2 a 4 meses	2 a 4 semanas
Requerimientos de nutrientes	Bajos	Altos para ciertos vertidos industriales
Olor	Problemas potenciales	Menores posibilidades
Requerimientos de alcalinidad	Alto para ciertos vertidos industriales	Bajos
Producción de biogás	Si	No

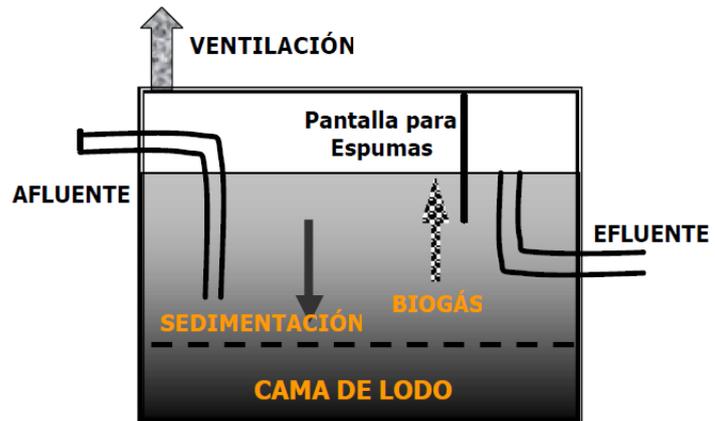
Fuente. Comsa Corporación, 2013. Tratamientos biológicos

#### 2.4.3.4. Tratamientos anaerobios

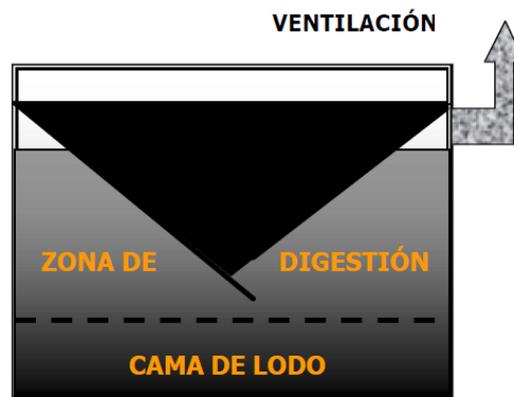
##### A. Reactores biológicos anaerobios

En la última década del siglo XIX y comienzos del siglo XX, se desarrollaron varios sistemas muy conocidos: el tanque séptico y el tanque Imhoff en los cuales los sólidos presentes sedimentan para ser degradados anaerobiamente en el fondo del reactor (ver Figura 9). El diseño del tanque de digestión, en estos reactores, estaba ligado a la cámara de sedimentación.

Figura 9. Esquemas de los sistemas clásicos anaerobios: (a) Tanque séptico; (b) Tanque Imhoff



(a) Sección Longitudinal



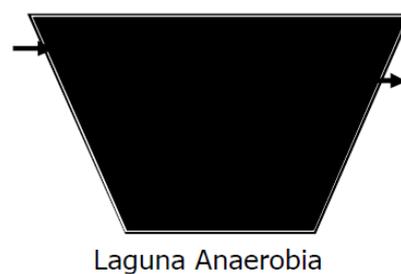
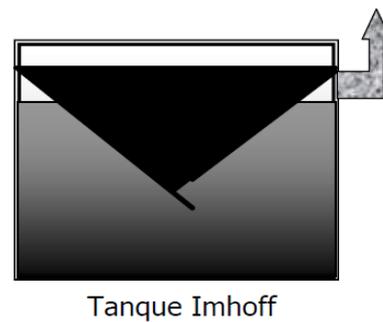
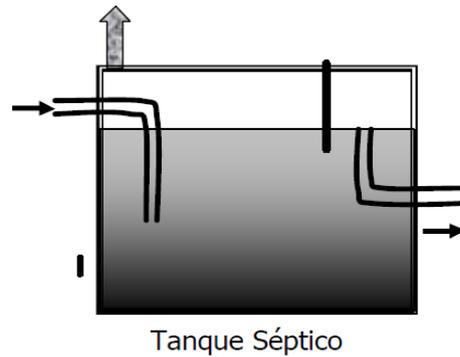
(b) Sección Transversal

Fuente: Rodríguez V., 1997

En términos generales, se registran tres generaciones de reactores anaerobios, las cuales se caracterizan porque en cada generación se reduce el Tiempo de Retención Hidráulico (TRH) y mejora el contacto entre el lodo y el sustrato, lo cual significa menores volúmenes de reactor, costos más bajos, sistemas más estables y de más fácil operación (Díaz-Báez, Espitia, & Molina, 2002) (Van Haandel & Lettinga, 1994).

- a) Reactores de primera generación: el tiempo de retención celular es igual al TRH, por lo que se requieren TRH muy altos; existe un contacto inadecuado entre la biomasa y la materia orgánica - Lagunas Anaerobias, Tanque Séptico, Tanque Imhoff (ver Figura 10).

Figura 10. Reactores de primera generación

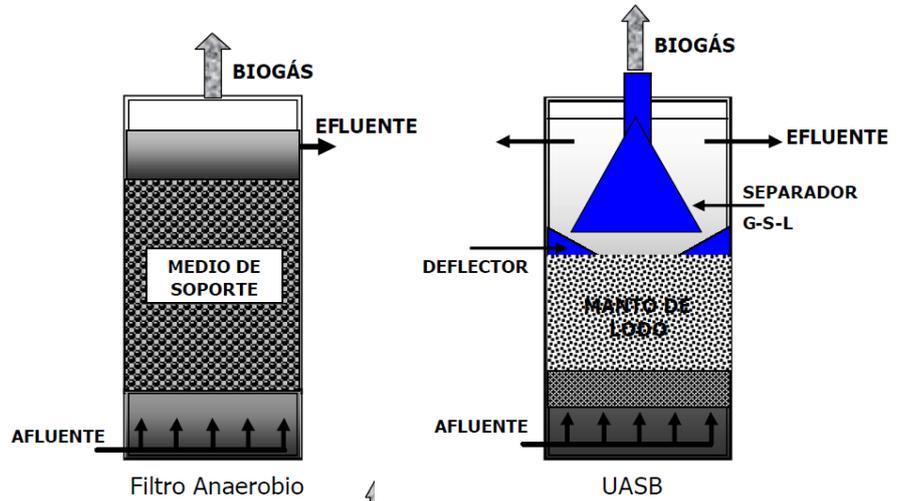


Fuente: Rodríguez V., 1997

- b) Reactores de segunda generación: se caracterizan por el hecho que tienen mecanismos para retención de los lodos, independizando el tiempo de retención celular del TRH. Los dos mecanismos más aplicados son a) inmovilización del lodo por adhesión a material sólido - Filtros anaerobios de flujo

ascendente y descendente; b) separación líquido-sólido del efluente, con el retorno de los sólidos separados al reactor - UASB, el cual usa un sedimentador interno (ver Figura 11).

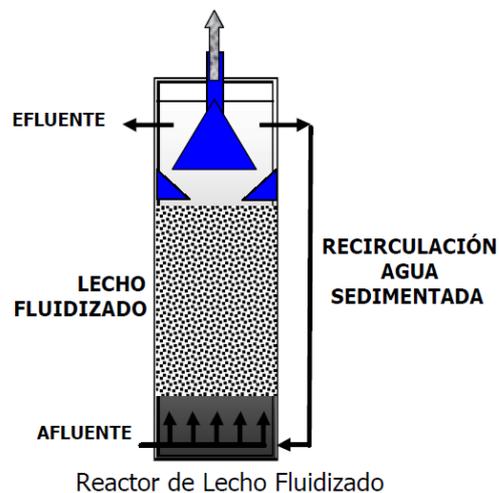
Figura 11. Reactores de segunda generación



Fuente: Rodríguez V., 1997

c) Reactores de tercera generación: para optimizar el contacto entre el sustrato y la biomasa, esta se adhirió con partículas de arena, alúmina o plástico, las cuales se expanden - Reactores de lecho fluidizado o expandido (ver Figura 12) (Van Haandel & Lettinga, 1994).

Figura 12. Reactores de tercera generación



Fuente: Rodríguez V., 1997

#### 2.4.3.5. Tratamientos aerobios de lecho suspendido

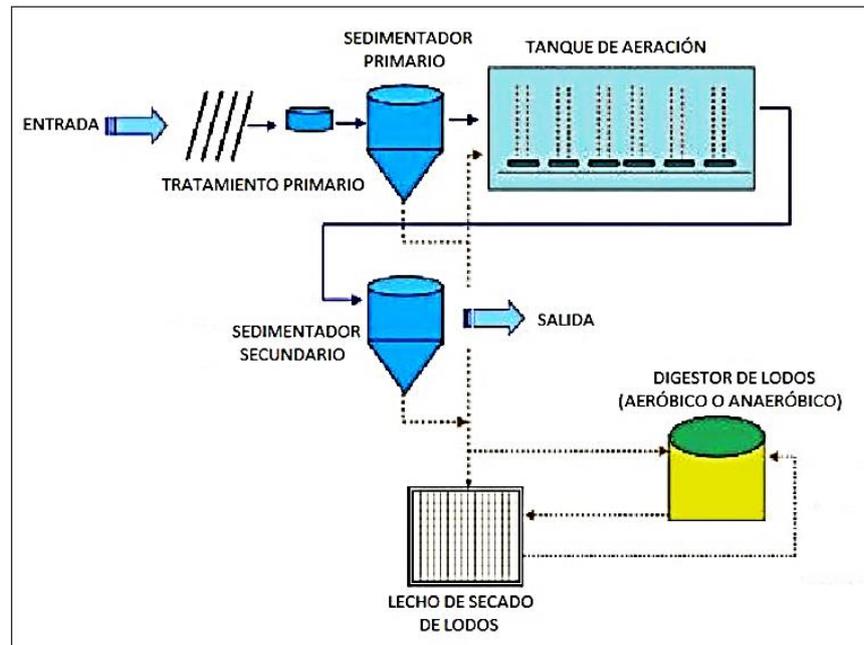
##### A. Lodos activados

Los lodos activados están dirigidos a transformar sustrato orgánico soluble o insoluble, en forma coloidal o suspendida, en sólidos biológicos floculantes, que pueden ser asentados y de este modo separados del agua que contaminan por medio de los procesos convencionales de sedimentación (Orozco Jaramillo, 2014).

Este proceso es el más utilizado en plantas de tratamiento grandes. Requiere grandes cantidades de energía y un alto nivel de control, para su buena operación. El nombre de este proceso proviene de la producción de una masa “activada” (viva), formada por microorganismos, capaz de estabilizar materia orgánica vía procesos aerobios. El proceso consiste en introducir el residuo orgánico en un reactor, donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio, en suspensión (mezcla líquida). El ambiente aerobio en el reactor se consigue mediante la inyección de aire por medio del uso de difusores o de aireadores mecánico que también sirven para mantener la mezcla líquida en estado homogéneo en el tanque. Después del reactor aerobio sigue un sedimentador secundario, el cual remueve sólidos y bacterias. Una parte de las células sedimentadas se recirculan para mantener en el reactor la concentración de células deseadas, mientras que la otra parte se purga del sistema llevándola hasta el proceso para el tratamiento de lodos, de la misma planta (Salazar, 2003)

La figura 13 nos presenta un esquema típico formal de lo que es una planta de lodos activados. Primero debe someterse a un tratamiento preliminar para separar los sólidos más gruesos con rejillas y desarenadores (Salazar, 2003).

Figura 13. Diagrama de Sistema de Lodos Activos



Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

#### B. Reactor de Flujos Secuencial (SBR)

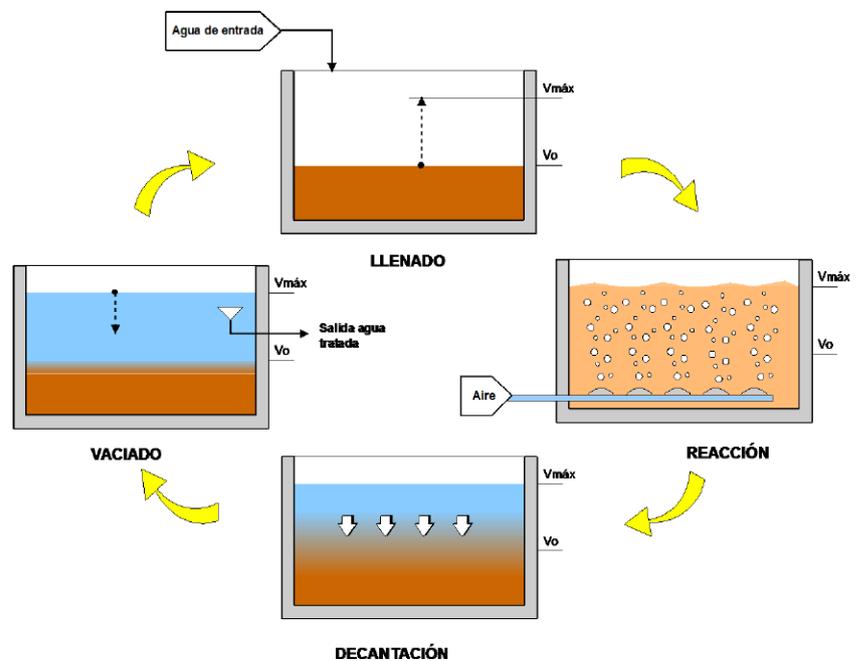
Un reactor de ciclos secuenciales o por sus siglas en inglés SBR (Secuencial Batch Reactor), es un sistema de tratamiento de fangos activados cuyo funcionamiento se basa en la secuencia de ciclos de llenado y vaciado. Los procesos unitarios que intervienen son idénticos a los de un proceso convencional de fangos activos. En ambos sistemas intervienen la aireación y clarificación, pero en los SBR los procesos tienen lugar secuencialmente en el mismo tanque. El reactor comprende 4 ciclos que son los siguientes:

- a) Alimentación: Fase en la que se produce la entrada de afluente en el reactor. El nivel de líquido de mezcla pasa

desde el volumen mínimo al máximo. El llenado puede hacerse en condiciones aerobias o anaerobias. Supone una alta concentración de sustrato en el medio.

- b) **Reacción:** Fase de depuración propiamente dicha con el reactor a volumen máximo. Líquido de mezcla en completa agitación.
- c) **Decantación:** Se desconectan los mecanismos de aireación y agitación, disponiéndose de un tiempo prefijado para la sedimentación de la masa de fangos.
- d) **Evacuación:** Se produce la extracción del efluente tratado. El sistema utilizado para la evacuación del agua es importante para mantener una buena calidad del efluente. En la figura 14, se puede apreciar un esquema del proceso en sus 4 ciclos.

Figura 14. Esquema de funcionamiento de un Reactor de ciclos secuenciales



Fuente: Comsa Corporación, 2013

### C. Reactores de biomembrana (MBR)

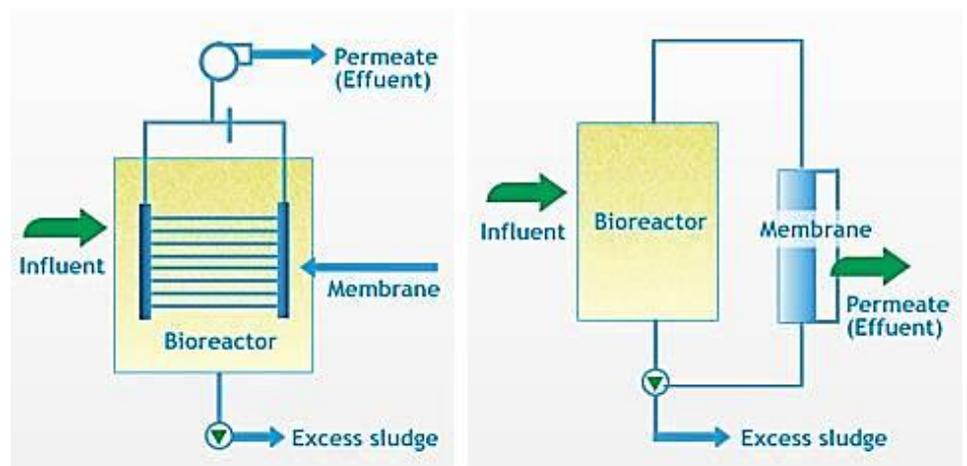
La tecnología de Biorreactor de Membrana (MBR) se puede definir como la combinación de dos procesos; degradación biológica y separación por membrana, en uno único en el que los sólidos en suspensión y microorganismos responsables de la biodegradación son separados del agua tratada mediante una unidad de filtración por membrana. Por lo tanto, se distinguen dos partes principales: una unidad biológica responsable de la degradación de los compuestos orgánicos y un módulo de filtración encargado de llevar a cabo la separación física del licor mezcla.

Existen dos tipos de configuraciones MBR, dependiendo de si se filtra el licor mezcla fuera del reactor, constituyendo una filtración externa, o se sumergen las membranas en el propio reactor, succionando el permeado mediante una bomba.

- Membranas sumergidas o sistema sumergido: Las membranas se sitúan dentro del propio reactor biológico, eliminando las necesidades de bombeo y aprovechando la agitación mecánica de la aireación.
- Membranas externas o sistema de bucle externo: El contenido de reactor biológico se bombea al módulo de membranas. Las ventajas de este modelo residen en que el propio módulo de membranas sirve de contenedor de limpieza para las mismas y se evita su manipulación.

En la figura 15 se puede observar un esquema del funcionamiento del sistema MBR (YACUTECH Mejora y Gestión de Vertidos S.L., 2009)

Figura 15. Esquema del Sistema MBR con membranas sumergidas



Fuente: YACUTEC S.L.

#### D. Lagunajes

A menudo se les llama también lagunas de oxidación. Su forma más simple consiste en estanques artificialmente construidos, en los cuales se desarrolla una población microbológica compuesta por bacterias, algas y protozoos que conviven en forma simbiótica (Orozco Jaramillo, 2014).

Existen diversos tipos de lagunas dependiendo de sus características.

##### 1) Lagunas anaerobias

Se usan como una primera depuración o pretratamiento. Se pueden considerar como un digestor, ya que se le aplican cantidades de materia orgánica o carga orgánica por unidad de volumen de manera tal que prevalezcan las condiciones anaerobias, es decir, la ausencia de oxígeno. Una desventaja de este tipo de lagunas es que pueden producir malos olores esporádicamente, principalmente debido a variaciones bruscas

de temperatura, lo cual impide su ubicación en lugares cercanos a zonas pobladas.

## 2) Lagunas Facultativas

Es una combinación de áreas en el mismo estanque. Se estratifica en tres zonas: aerobia, facultativa y anaerobia (en el fondo). Es el tipo de lagunas más usado por su flexibilidad; requieren menos terreno que las aerobias y no producen olores como las anaerobias. Como en todos los procesos biológicos, un factor que afecta su eficiencia es la temperatura.

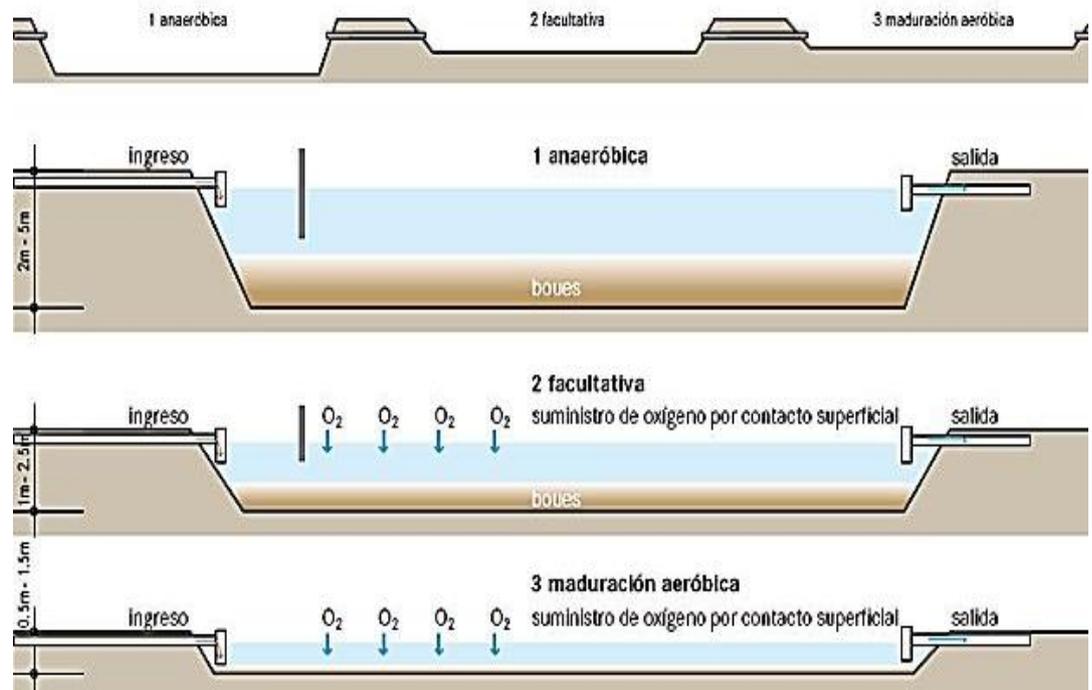
## 3) Lagunas aerobias

Operan en presencia de aire. Son de poca profundidad, no más de 80cm, lo que propicia la proliferación de algas que suministran una buena parte del oxígeno necesario. No pueden ser utilizadas para aguas residuales crudas porque estas tienen un  $DBO_5$  demasiado alto; requieren un pretratamiento primario. Se logran eficiencias de remoción primario. Se logran eficiencias de remoción del  $DBO_5$  del 65% al 75%. Su desventaja principal es la cantidad de terreno que requieren.

## 4) Lagunas de Maduración

Estas lagunas son usadas para efluentes de lagunas facultativas o aerobias con la principal finalidad de reducir Coliformes fecales, huevos de helmintos y quistes de protozoarios. En ellas, la acción del sol y sus rayos ultravioleta es fundamental (Salazar, 2003).

Figura 16. Esquema del Sistema de Lagunaje



Fuente: alianzaporelagua.org/Compendio

#### 2.4.3.6. Tratamientos aerobios de lecho fijo

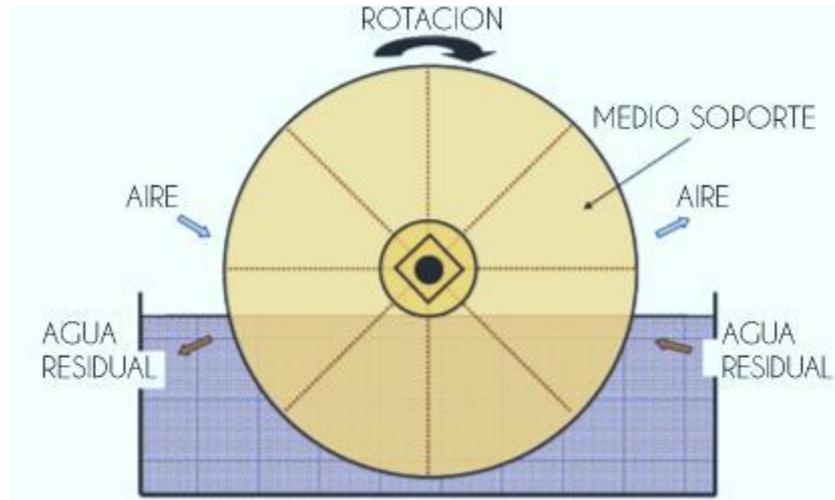
El tratamiento en reactores con lecho fijo es efectuado por la biomasa adherida a un medio sólido, que puede ser grava o material sintético. Tanto el sustrato como el oxígeno se difunden a través del filme biológico para reaccionar y producir la biomasa adicional (Orozco Jaramillo, 2014).

##### A. Biodiscos

El Disco Biológico Rotatorio o biodiscos es otro de los sistemas de tratamiento de agua residuales en medio fijo. Consiste en un proceso donde la biomasa está fija y adherida a unos discos parcialmente inmersos en el agua residual a tratar. Los discos rotan sostenidos por un eje, que puede ser perpendicular o longitudinal a

la dirección del flujo. Este último caso se presenta en forma esquemática en la Figura 17 (Orozco Jaramillo, 2014).

Figura 17. Esquema de Sistema de Biodiscos



Fuente: ISA Ingeniería y Servicios Ambientales.

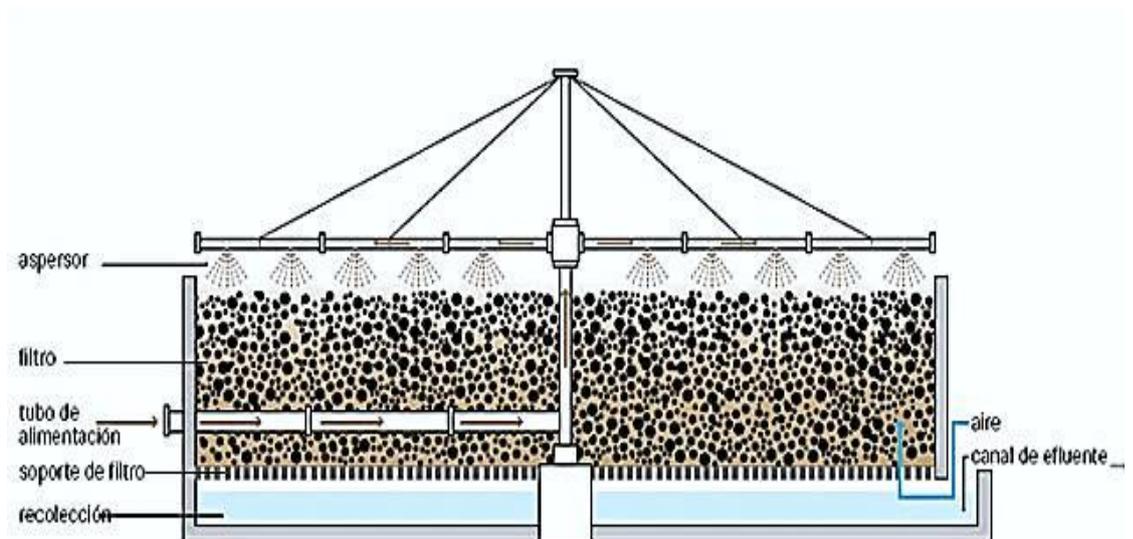
Los biodiscos se fabrican de poliestireno moldeado, con el eje pasando por el centro de los discos. La forma de los tanques donde fluye el agua residual tiene a menudo forma cilíndrica. Al girar los discos, parcialmente sumergidos, dejan cada porción de biomasa expuesta alternativamente al aire, para obtener el oxígeno, y al agua residual para efectuar la estabilización de la materia orgánica. El proceso de absorción y asimilación de los residuos se efectúa de manera muy similar a la de los filtros biológicos y su aplicación es básicamente para sustratos solubles.

Los costos de capital son un 20% mayor que los de los lodos activados. Cargas hidráulicas entre 0,02 y 0,20  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  han sido aplicadas, así como cargas orgánicas entre 5,0 y 20,0  $\text{kg DBO}_5/\text{m}^3.\text{d}$  para diversos procesos industriales. La eficiencia de remoción puede llegar al 90%, y el tiempo de detención hidráulico varía de 1 hora hasta valores de 4 horas para obtener nitrificación (Orozco Jaramillo, 2014).

## B. Biofiltros o Percoladores

Un filtro biológico o percolador, consiste en un tanque que contiene un lecho de piedra, o un medio de contacto sintético, de alta relación de área/volumen, en el cuál crece adherido un filme biológico que efectúa la remoción de la materia orgánica. El agua residual generalmente se vierte por encima, a través de un sistema de distribución rotativo que gira por acción jet o motor eléctrico. Un esquema típico de un filtro percolador convencional se aprecia en la Figura 18. El agua cae por el filtro, y al llegar al drenaje, se recoge el agua tratada, con algunos sólidos desprendidos por abrasión, que se separan en un clarificador secundario. Los filtros biológicos operan con cargas hidráulicas entre 1 y 75 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d y cargas volumétricas entre 0,10 y 5,0kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>.d. Se dividen, en general, como filtros de baja carga o convencionales, sin recirculación, y filtros de alta carga, con recirculación. (Orozco Jaramillo, 2014).

Figura 18. Esquema de un Filtro Percolador



Fuente: alianzaporelagua.org/Compendio

#### 2.4.4. Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil (*MBBR*)

##### 2.4.4.1. Definición

El Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil (Moving Bed Biofilm Reactor) es una tecnología basada en el crecimiento de biomasa en el interior de las paredes de unos soportes plásticos (polipropileno o polietileno) cuya densidad es próxima a  $1\text{g/cm}^3$ , poseen una alta superficie específica por unidad de volumen (superficie específica,  $\text{m}^2/\text{m}^3$ ) lo que posibilita el crecimiento de mayor cantidad de biomasa y de mayor efectividad respecto a un sistema convencional (Judd & Judd, 2011).

##### 2.4.4.2. Descripción del proceso biológico

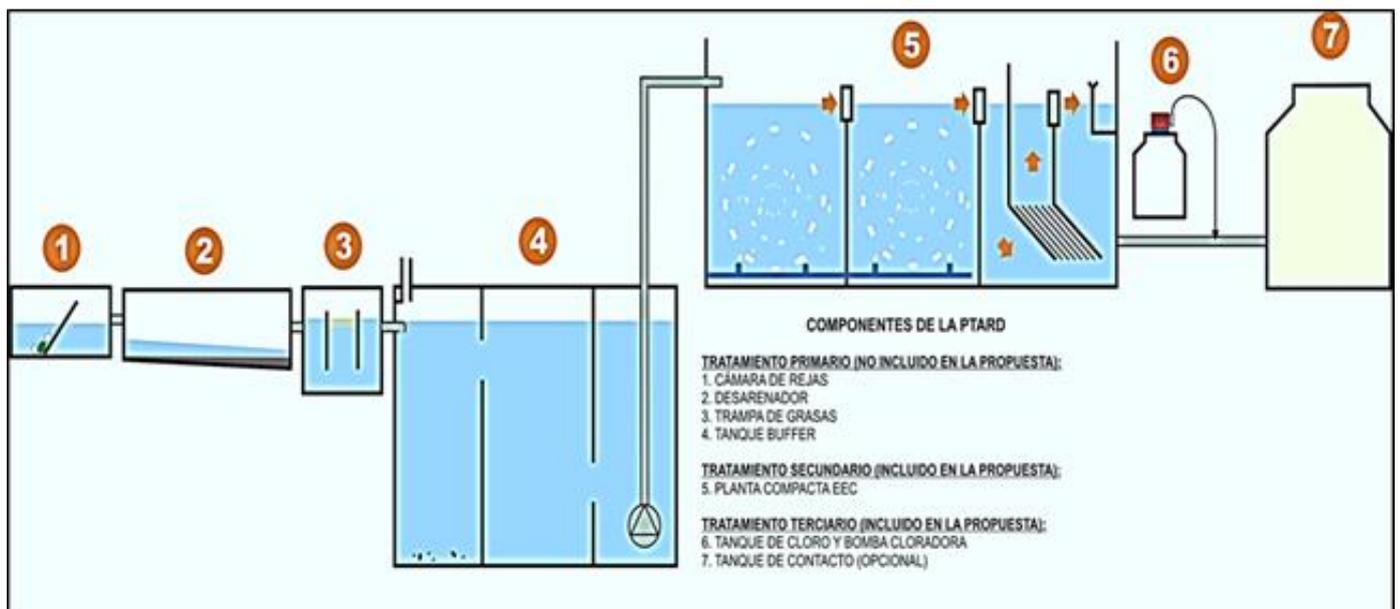
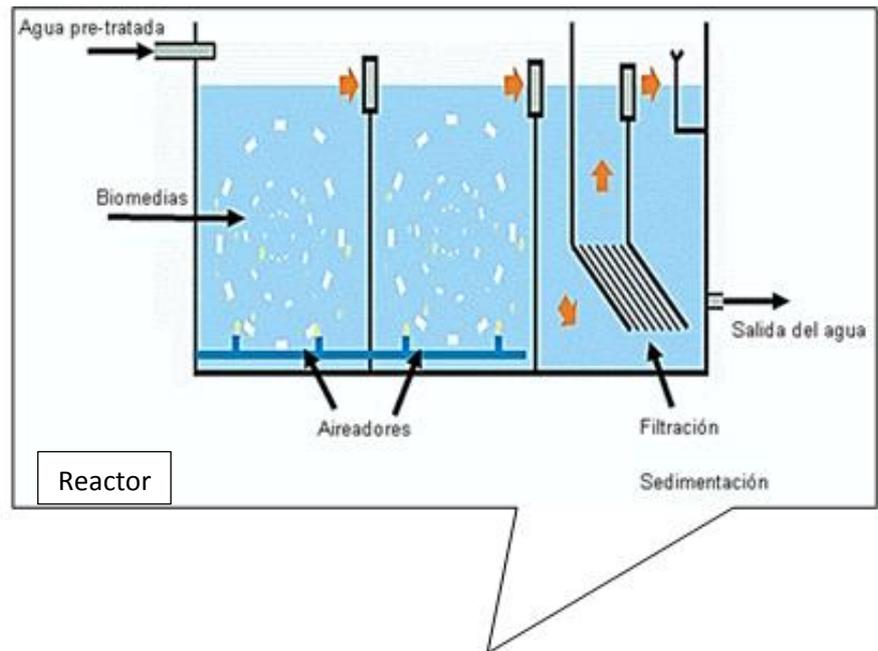
El proceso de flujo de un reactor de biopelícula de lecho móvil consiste en un tratamiento de un paso en la mayoría de las aplicaciones, lo que significa que todo el tratamiento se realiza en un solo tanque. En ciertos casos, según las características y las fuentes de las aguas, se requieren un tanque de homogenización y si existe un alto nivel de nitratos en el agua, un tanque de desnitrificación.

El flujo de agua pasa por unas cribas gruesa y fina para retener los sólidos antes de entrar al tanque reactor de biopelícula de lecho móvil. Los carriers o biomedias son mantenidas en un constante movimiento circular de abajo por arriba movidas por el sistema de oxigenación de burbujas gruesas. Los carriers hospedan a los microorganismos que realizan el tratamiento biológico de las aguas residuales (Judd & Judd, 2011).

Tras un tiempo de retención adecuado en el reactor, el agua pasa al decantador secundario. En este equipo se produce una separación sólido-liquido. Los posibles flóculos que se hayan desprendido de la biopelícula, al ser más densos que el agua, sedimentan por gravedad

y se depositan en la parte inferior del decantador. Así, se obtiene un efluente clarificado. En la figura 19 se puede observar las partes de un sistema reactor de biopelícula de lecho móvil (APCO ATLANTIC S.L., 2014).

Figura 19. Esquema de una planta de tratamiento de aguas residuales con un reactor de biopelícula de lecho móvil.



Fuente: Futura Ingenieros S.A.C.

### 2.4.4.3. Parámetros de diseño de un reactor en medio fijo

#### A. Área Neta

El área neta es medida en  $m^2$  de área superficial disponible para el crecimiento de la biopelícula por  $m^3$  de medio fijo utilizado ( $m^2/m^3$ ), indica la cantidad de la biopelícula que se puede formar en el reactor de medio fijo. Usualmente el área neta debe ser de 100 para aguas residuales domésticas, y hasta de 200 para aguas residuales industriales. En general, a mayor área neta mayor cantidad de biomasa disponible por unidad de volumen y mayor eficiencia en el tratamiento.

#### B. Carga Hidráulica

La carga hidráulica, “ $q_a$ ”, son los litros por segundo (Lps) de agua aplicada al filtro biológico por  $m^2$  de superficie de filtro sobre la cual se va gotear el agua ( $Lps/m^2$ ). Una tasa mayor de aplicación del agua residual indica una carga hidráulica aplicada mayor, pero también un esfuerzo cizallante mayor sobre la biopelícula. Esto lleva a un espesor de biopelícula menor y además a menor tiempo de permanencia de la biomasa en el reactor. En otras palabras, una carga hidráulica fuerte implica una “edad de lodos” baja, aunque este concepto no se pueda medir directamente en este tipo de reactor. La carga hidráulica se calcula como sigue:

$$q_a = \frac{(1 + R)Q}{A_s}$$

Donde:

Q: caudal aplicado al filtro, en Lps

R: recirculación,  $Q_r/Q$ , fracción

$A_s$ : área superficial del filtro, en  $m^2$

### C. Tiempo de retención hidráulico

El Tiempo de Retención Hidráulico, TRH, es el tiempo promedio que un volumen elemental de agua residual permanece en un tanque, desde la entrada hasta la salida. El TRH en el reactor es de gran importancia, pues define el tiempo promedio durante el cual el sustrato orgánico está sometido a tratamiento. El TRH, se calcula por la fórmula que se da enseguida (Orozco Jaramillo, 2014).

$$TRH = \frac{V}{Q}$$

Donde:

V: Volumen útil del tanque o reactor, en L ó m<sup>3</sup>

Q: Caudal del agua residual, en L/s ó m<sup>3</sup>

### D. Agitación y aireación

En los sistemas de lecho móvil la aireación tiene doble finalidad: la primera, es permitir la oxidación de la materia orgánica a través de microorganismos aerobios, la segunda es suplir el oxígeno necesario, para eliminar la biomasa en exceso en los portadores a través del aire turbulento, y de esta manera mantener una edad de lodos superior, incrementando así la eficiencia de los reactores de lodos activados convencionales. Para el diseño de estas unidades se debe tener en cuenta la tubería, una red apropiada que tolere las condiciones del reactor, y que también permita el mezclado de los empaques de plásticos en el tanque (Ambrosio, 2000).

Para la selección de un equipo de agitación para aguas residuales, es necesario tomar en cuenta primero cuál es la demanda de oxígeno del proceso para poder escoger un sistema que alcance el rendimiento deseado sin exceder la demanda energética razonable, ya que si se desea, las tecnologías actuales tienen una gama amplia de equipos que permiten alcanzar valores altos de transferencia de oxígeno pero sin olvidar que dicha eficiencia viene acompañada de un consecuente aumento de la demanda energética, demanda que puede tal vez no justificar el beneficio que la unidad de tratamiento está generando en la calidad del agua, lo que lo hace poco rentable (Judd & Judd, 2011).

#### 2.4.4.4. Medio de soporte

La principal función del material de soporte es ofrecer una gran superficie que favorezca la adhesión de los microorganismos y la formación de una película biológica activa, al mismo tiempo que asegure el atrapamiento, en los espacios vacíos del lecho de los flocúlos microbianos no adheridos (Baecheler, Zambrano, & Urrutia, 2001).

Estos soportes posibilitan el crecimiento de mayor cantidad de microorganismos por unidad de volumen que en un sistema convencional, consiguiendo una excelente calidad del efluente depurado en un espacio mínimo de implantación (Judd & Judd, 2011).

Mientras más cubra la biopelícula el carrier, menor será el tiempo de retención y aumentará el área de tratamiento. En la figura 20 se puede apreciar los tipos de carriers más comerciales (Lazo, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Yarabamba, 2016).

Figura 20. Tipos de carriers para Reactores de Biopelícula de lecho móvil



Fuente: Yixing HollyTechnology. China (2017).

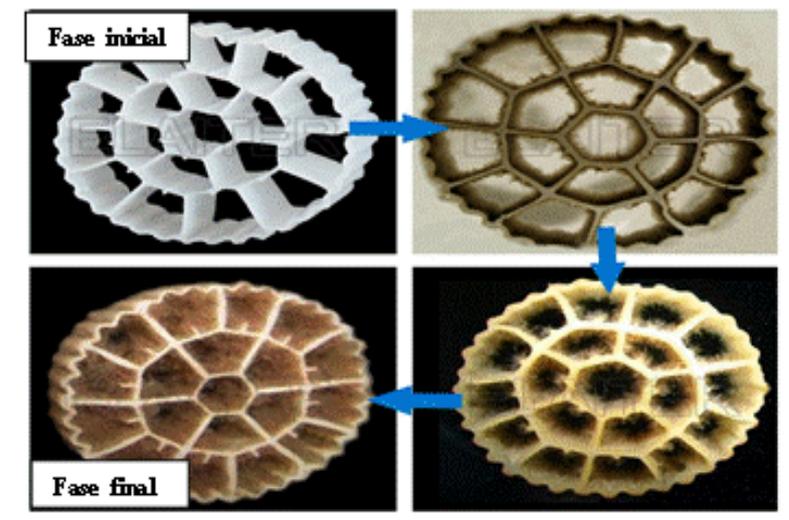
#### 2.4.4.5. Biopelícula

##### A. Formación

Las características y la calidad de la biopelícula que se establece en la superficie del elemento portante no sólo están influenciadas por las fuerzas de cizallamiento en el tanque, sino también por la composición y las cargas de los contaminantes del agua residual (sustrato). Cuanto más contaminada está el agua residual con contaminantes biodegradables, más intenso y rápido es el crecimiento de la biomasa. En las industrias de procesamiento de residuos de papel, donde se utiliza a menudo el proceso de biopelículas en lecho móvil para el tratamiento de aguas residuales altamente contaminadas, sólo son necesarios unos pocos días para alcanzar el crecimiento de biopelículas y la eficiencia deseada de eliminación de contaminantes mientras que el grosor de la biopelícula puede ser incluso de varios milímetros. Tanto el transporte de oxígeno y de los sustratos disueltos a los microorganismos incrustados en la biopelícula, como la eliminación de los metabolitos de la biopelícula se producen por difusión. Dependiendo de la concentración de oxígeno y la composición tanto de la biopelícula como de los sustratos, la profundidad de difusión por lo general está en el intervalo de aproximadamente 100 y 500 micrómetros.

Los problemas causados por la disminución en la eficiencia de la biodegradación son en gran medida consecuencia de un gran espesor de las biopelículas, que resulta en una reducción de la superficie portadora activa. En la figura 21 se puede observar el crecimiento y formación de la biopelícula desde que la fase inicial en donde el carrier está desocupado y libre de bacterias hasta la última fase donde la biopelícula cubre el 100% de la superficie portadora activa (APCO ATLANTIC S.L., 2014).

Figura 21. Crecimiento de la biopelícula en el carrier



Fuente: Jiangsu Yulong Environment Protection Co

#### B. Rol de la biopelícula en el proceso del tratamiento

El tratamiento biológico de líquidos residuales consiste principalmente en la estabilización (a veces mal llamada eliminación) de la materia orgánica por acción de los microorganismos que se alimentan de la misma, transformándola en productos más oxidados y por lo tanto más estables.

Los microorganismos de la biopelícula adheridos al soporte, toman principalmente el oxígeno de la atmósfera, para la respiración y se alimentan de materia orgánica contenida en el líquido residual, la cual difunde a través de la biopelícula por diversos mecanismos (Welter, Romero, Grumelli, Sanchez, & Ascar, 2005)

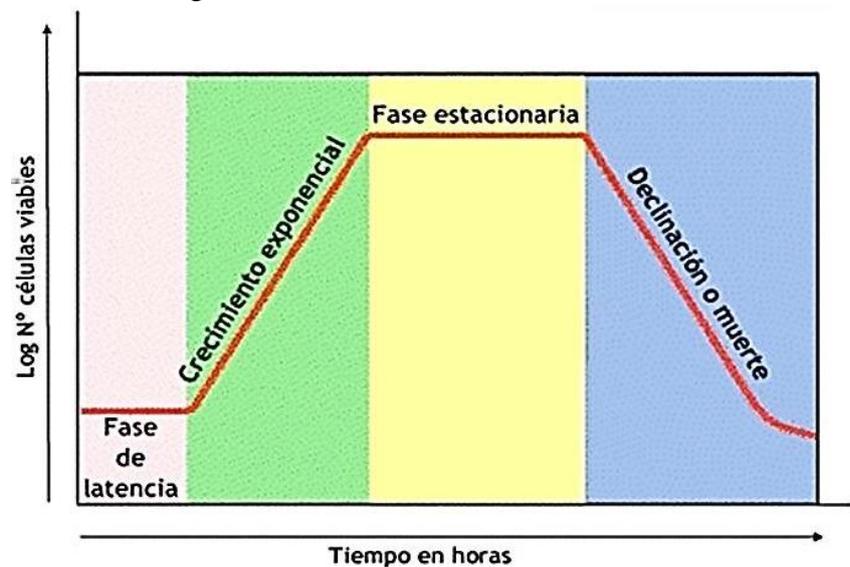
#### C. Crecimiento bacteriano

El crecimiento bacteriano no se caracteriza por un aumento del tamaño, sino por un aumento del número de bacterias. En los organismos pluricelulares el crecimiento implica un aumento de

tamaño. Como entre estos organismos cada especie tiene un tamaño más o menos estable, lo que se interpreta como crecimiento bacteriano en realidad es la división o multiplicación bacteriana. Este proceso se realiza por fisión simple o binaria la cual se inicia en la parte media de la célula

Si se coloca una bacteria en un ambiente propicio para su desarrollo y se trata de esquematizar en un gráfico de coordenadas el número de bacterias presentes en un lapso determinado, se aprecia que el grafico describe una curva que no es igual para todas ellas, aunque en todas ellas puede distinguir distintas fases, como se aprecia en la figura 22 se pueden distinguir 4 fases en el crecimiento bacteriano (Negroni, 2009).

Figura 22. Fases del crecimiento bacteriano



Fuente: slideplayer.es

a) Fase de latencia

En esta fase las células no están inactivas. Se están adaptando al medio, para lo cual sintetizan enzimas. Este periodo dura un tiempo variable y, según el

microorganismo, puede ser de 1 hora o varios días. Si bien el número no varía, puede ser que estas aumenten algo de tamaño debido a que se va a producir la división (Negroni, 2009).

b) Fase exponencial o de crecimiento logarítmico

Dado que las células se duplican, existe una relación lineal entre el tiempo y el número de elementos. La actividad metabólica se incrementa notablemente. Además, este período está sujeto al tiempo de generación del microorganismo. No obstante, debe considerarse la posibilidad de que *in vivo* esta representación gráfica no es igual, porque hay factores físicos y químicos que influyen en el crecimiento de estos microorganismos (Negroni, 2009).

c) Fase estacionaria

Una vez que ha llegado a determinado punto, el crecimiento disminuye. El número se estabiliza porque las células nuevas reemplazan a las que ya han muerto. La actividad metabólica de las que permanecen vivas es más lenta. O tal vez no haya células nuevas ni muertas, sino que solo se encontrarían en “animación suspendida” (Negroni, 2009).

d) Fase de declinación o muerte

El recuento de elementos disminuye sensiblemente. Aunque quedan células vivas, su número es sobrepasado por el de células muertas. Esto se debe a la acumulación de productos tóxicos y a la falta de nutrientes (Negroni, 2009).

#### D. Inmovilización microbiana

La inmovilización celular se define como la ubicación física de células en un espacio o región específica, de forma natural o inducida, en el cual son capaces de mantener una actividad catalítica deseada. La inmovilización celular ocurre por procesos de adherencia a superficies o microorganismos, debido a estructuras celulares o a sustancias que estos mismos segregan. De forma artificial, pueden quedar atrapados en los espacios o poros de fibras y geles (Cuoto & Toca, 2006).

El uso de células inmovilizadas facilita la operación de reactores a velocidades de flujo independientes de la velocidad de crecimiento. La inmovilización se clasifica en: inmovilización pasiva y activa.

- **Inmovilización pasiva:** La inmovilización pasiva corresponde al fenómeno natural de formación de Biofilm en un medio de soporte. Muchos microorganismos tienen la tendencia natural a adherirse a superficies y crecer sobre ellas. Esta característica puede ser explotada para inmovilizar células en medios de soporte de diferente tipo (Robinson, Mark, & Trevan, 1986).
- **Inmovilización activa:** La inmovilización activa consiste en atrapar las células dentro de una matriz, la cual impide la difusión de las células en el medio, pero permite el paso de metabolitos y nutrientes. Esta inmovilización puede ocurrir por uso de agentes floculantes, adherencia química y atrapamiento en geles de polímeros, lo que permite a las células aglomerarse, permitiendo el atrapamiento de otras sustancias suspendidas en el medio (Kourkoutas, 2004).

#### E. Prerequisitos para lograr la inmovilización

Para lograr una inmovilización eficaz es un proceso determinado, se debe tener en cuenta que los espacios que se usarán como soporte de inmovilización cumplan con ciertos parámetros, tales como, área superficial, que sea de fácil operación y regeneración; buena porosidad, con el fin de permitir un intercambio constante de sustratos, productos, gases, etc.; estabilidad química, biológica, mecánica y térmica, así como resistencia a enzimas, solventes o cambios de presión (Kourkoutas, 2004).

#### F. Ventajas de la inmovilización

La inmovilización de diferentes microorganismos en medios de soporte ha permitido el interés y desarrollo de nuevas tecnologías debido a algunas ventajas que presenta como son (Cohen, 2001):

- Alta concentración de biomasa: La concentración de biomasa dentro de un sistema de lodos activados se mantiene en el rango de 700 a 2 500 mg/L expresado en Sólidos Suspendidos Volátiles de licor mixto (SSVLM), mientras que en biofiltros de goteo, la biomasa adherida está en rangos de 2 000 a 100 000 mg/L de SSVLM (Cohen, 2001).
- Alta actividad metabólica: El metabolismo de las células inmovilizadas es mayor en comparación al presentado por células libres. Este aumento en la actividad de biodegradación puede originarse en la alta cantidad de células activas dentro del sistema inmovilizado (Cohen, 2001).

- Gran resistencia a la toxicidad: Este fenómeno se explica ya que altas concentraciones de nutrientes rodeando los Biofilms, ayudan a que los microorganismos sobrevivan a altas concentraciones de compuesto tóxicos (Madigan, Martinko, & Parker, 1996).
- Buenas propiedades de lodo: Usualmente los tratamientos en medios suspendidos producen lodo esparcido en el reactor con alto volumen por unidad de biomasa. Los microorganismos filamentosos son normalmente dominantes, lo cuales pueden causar problemas de espesamiento y espuma en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Por otro lado, la naturaleza del lodo producido por las biopelículas biológicas es usualmente más densa y en algunos casos reduce los problemas de asentamiento y previene problemas de espesamiento y espumas (Wanner, 1994).
- Comparado con otros bio-procesos, se pueden tratar grandes volúmenes de soluciones acuosas diluidas. Las poblaciones de microorganismos son usadas para formar Biofilm (Wanner, 1994).
- El proceso puede ser operado a altas concentraciones de biomasa en el reactor, sin la necesidad de recircular y retener biomasa. Un paso posterior de tratamiento, en el efluente, es la remoción de biomasa desprendida (Wanner, 1994).

#### 2.4.4.6. Ventajas de la tecnología de los reactores de biopelícula de lecho móvil frente a procesos biológicos convencionales

El reactor presenta varias ventajas frente a los otros procesos aerobios y anaerobios, algunas de ellas son:

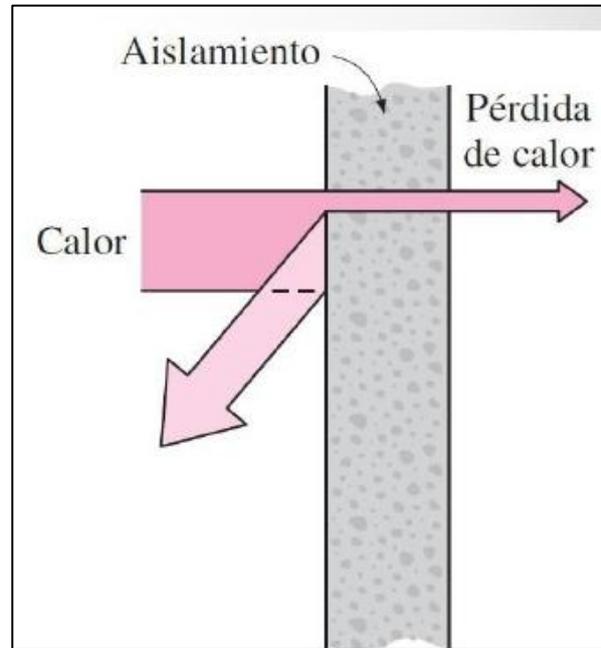
- Permite un flujo continuo de agua por tratar, lo que es una ventaja sobre otras tecnologías que operan por “lotes”.
- Reducción de volumen del reactor biológico, por empleo de un soporte plástico que proporciona una superficie específica elevada. Se ahorra superficie destinada a la depuradora.
- La velocidad de transferencia de materia entre partículas y fluido es mayor que con otros métodos de contacto.
- No necesita recirculación de biomasa al reactor. Esto da lugar a que la biomasa no dependa de la separación final del fango y en consecuencia de problemas habituales encontrados en procesos convencionales de fangos activos relacionados con la sedimentabilidad del fango (bulking).
- Posee flexibilidad ya que, en función del porcentaje de soporte plástico empleado en el reactor, se consigue modificar la superficie y en consecuencia la eficiencia del proceso.
- Proceso de operación y control sencillo. Se evitan problemas de atascamiento y consecuentemente periodos de limpieza continuados. No es necesario un control de la purga de fangos ya que el sistema mantiene la biomasa en el reactor hasta que es desprendida del soporte (NyF Ingeniería en Aguas S.A.S.).

#### 2.4.5. Aislamiento Térmico

Los aislamientos térmicos son materiales o combinación de materiales que se usan principalmente para suministrar resistencia al flujo del calor. La diferencia de temperatura es la fuerza impulsora para el flujo de calor; entre mayor se esa diferencia más grande es la razón de transferencia de calor. Como se observa en

la figura 23, el aislamiento térmico retarda la transferencia de calor al actuar como una barrera en la trayectoria del flujo de calor (ECOHOUSES, 2014).

Figura 23. Esquema de aislamiento térmico



Fuente: ECOHOUSES, 2014

#### 2.4.6. Normas de calidad de agua

##### 2.4.6.1. Límites Máximos Permisibles

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) miden la concentración de ciertos elementos, sustancias y/o aspectos físicos, químicos y/o biológicos que se encuentran en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva en particular; pues son a través de ellos que se puede afectar el aire, el agua o el suelo.

La fijación de dichos límites tiene como finalidad proteger al ambiente y la salud humana de ciertos elementos y/o sustancias que puedan representar un riesgo para ellas; pero a diferencia de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), los LMP establecen un límite aplicable a

las emisiones, efluentes o descargas al ambiente, individualizando los límites por actividad productiva.

Según el Decreto Supremo N°003-2010 MINAM, establece que los LMP de efluentes de una PTAR son de aplicación a aquellas que cuenten con tratamiento preliminar avanzado y disposición final mediante emisario submarino; es decir, el agua sea vertida en un cuerpo de agua.

Para ello, los titulares de PTAR deben contar con una certificación ambiental, realizar el monitoreo de sus efluentes y además reportar periódicamente los resultados del monitoreo al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, lo mismos que reportarán al Ministerio del Ambiente mediante un informe estadístico. En la tabla 4 menciona los parámetros que deben ser evaluados para los efluentes de una PTAR (D.S. 003-2010 MINAM).

Tabla 4. *Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR*

Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10,000
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100
DQO	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo N°003-2010-MINAM

#### 2.4.6.2. Estándares de Calidad Ambiental

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el MINAM, fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada. El Decreto Supremo N°004-2017-MINAM determina los estándares de calidad de agua en 4 categorías:

- Categoría I: Poblacional y recreacional
- Categoría II: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales
- Categoría III: Riego de vegetales y bebida de animales
- Categoría IV: Conservación del ambiente acuático

Dentro de la Categoría III, se pueden encontrar la Subcategoría D1: riego de vegetales. Estas aguas son utilizadas para el riego de los cultivos vegetales (D.S. N°004-2017-MINAM, 2017). (Ver Anexos, pág. 176).

#### 2.4.7. Área de estudio

##### 2.4.7.1. Ubicación geográfica

El distrito de Yarabamba, Provincia y Región Arequipa está ubicado al lado Sur-Oeste y a 20 Km de la ciudad de Arequipa (ver figura 24). Tiene un área total aproximada de 492,2 km<sup>2</sup>. Se desarrolla desde la margen izquierda del valle bajo del río Yarabamba afluente del río Tingo Grande hasta los límites con la provincia de Islay. Está formado por una llanura con ligeros accidentes con una mayor inclinación de sur a norte, rodeada de cerros más o menos elevados. Al oeste se hallan cerros de lava volcánica, y por el este macizos graníticos que forman límites con otros distritos (Amado, 2016).

Figura 24. Ubicación geográfica del distrito de Yarabamba



Fuente: Gualberto Valderrama C. 2005

#### 2.4.7.2. Clima y Meteorología

El clima de Yarabamba es templado seco considerándose una temperatura media anual de 19°C con la ausencia de precipitaciones y humedad relativa media de 26%; durante la noche la sensación de frío se incrementa considerablemente llegando a temperaturas mínimas de 4°C en la estación de invierno. La presión atmosférica es de 753,13hPa (Amado, 2016).

#### 2.4.7.3. Topografía

Tiene una zona de topografía relativamente plana en el límite colindante con el río Yarabamba, con altitudes del orden de los 2 470 m.s.n.m., los cerros que dominan estas zonas son de considerable altura. Longitudinalmente la pendiente del valle interandino en la parte baja es suave, a diferencia de las partes altas en que es considerablemente abrupta (Amado, 2016).

#### 2.4.7.4. Población

La población total proyectada en el distrito de Yarabamba es 1 125 habitantes; de los cuales el 51% son hombres y el 49% son mujeres (Ver tabla 6.).

Tabla 5. *Población por sexo del distrito de Yarabamba*

Año 2017 Geográfico	Ámbito	Hombre	Mujer	Total
Distrito Yarabamba		579	546	1 125

Fuente: INEI

La mayor cantidad de población se concentra en centros poblados rurales (51,40%) por lo que su población Urbana representa el 48,60%. Por ello podemos decir que Yarabamba es un distrito Rural (Amado, 2016)

Tabla 6. *Población según ámbito Urbano y Rural Distrito de Yarabamba - Año 2015*

Distribución	Viviendas	%
Urbano	263	48.60
Rural	278	51.40
Total	541	100

Fuente: INEI.

#### 2.4.7.5. Planta de tratamiento de aguas residuales

En el año 2016 el municipio decidió mejorar su tratamiento de aguas residuales implementando un tratamiento primario y terciario al pozo séptico que existía desde el año 1987, aproximadamente. La planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra ubicada al margen izquierdo del río Yarabamba a la entrada del distrito, pasando el puente como se puede observar en la figura 25.

Figura 25. Ubicación de la Planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yarabamba



Fuente: Google Earth

La planta trata el agua proveniente de los anexos de Yarabamba; cabe desatacar que no trata el agua de todo el distrito, solo de ciertos anexos de la parte baja como Pueblo Tradicional de Yarabamba, Santa Cecilia y Chevarría. Actualmente, trata un promedio de  $15\text{m}^3$  por día.

## Tratamiento primario

El tratamiento primario consta de una cámara de rejillas, un desarenador y una trampa de grasas. El mantenimiento determinado para estos procesos es el siguiente: diario para la cámara de rejillas, semanalmente para el desarenador, mensual para la trampa de grasas. Las figuras 26 y 27 muestran los componentes de este primer tratamiento. Sin embargo, a la fecha no se le ha dado el mantenimiento debido.

Figura 26. Cámara de rejillas y desarenador de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba



Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Trampa de grasas de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba



Fuente: Elaboración propia

### Tratamiento secundario biológico

El pozo séptico, convertido ahora en un reactor anaerobio, posee unas dimensiones de 7m de ancho, 9m de largo y 2.5m de alto; es cerrado casi por completo. Está dividido en cuatro cámaras, dos entradas donde el agua pasa posteriormente a las otras dos cámaras. En la parte superior, posee tanques de 30 litros que sirven de alimentación de microorganismos efectivos a cada cámara a través de las tapas que se encuentran sobre ellas. Sin embargo, los tanques nunca fueron empleados para ese fin y los microorganismos efectivos no se aplicaron en el tratamiento secundario más que una sola vez. En la figura 28, se puede observar las dimensiones del reactor biológico, los tanques de color verde y las tapas de color negro sobre cada cámara.

Figura 28. Tratamiento secundario – Anaerobio de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba



Fuente: Elaboración propia

### Tratamiento terciario

Para el tratamiento terciario, se implementaron 3 filtros percoladores de 1 000 litros de capacidad en cuyo interior se encuentra grava de diferentes tamaños y cuarzo para filtrar el agua. En la figura 29, se

observan los 3 tanques de color crema que hacen de filtros percoladores.

Figura 29. Filtros de percoladores de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el agua pasa a un cuarto tanque de almacenamiento de 10 000L de capacidad, como se observa en la figura 33. El tanque está enterrado en la tierra aproximadamente 2 metros de profundidad y cuenta con un rebose con desvío hacia el río. El agua es recogida cada 5 días por la cisterna de la municipalidad, la cual es seguidamente empleada para el riego de parques y jardines del distrito.

Figura 30. Almacenamiento del agua de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba



Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO III

### PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

#### 3.1. Metodología

##### 3.1.1. Método

##### 3.1.1.1. Ubicación geográfica

La planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra ubicada a la margen izquierda del río Yarabamba a la altura de la entrada principal del distrito, aproximadamente, a 250 metros a la derecha de la pista. La planta se encuentra a 2 448 m.s.n.m. En la figura 31, se puede observar la entrada al distrito de Yarabamba y en la figura 32, se puede observar la ubicación geográfica satelital de la planta.

Figura 31. Entrada al distrito de Yarabamba



Fuente: Municipalidad de Yarabamba

Figura 32. Ubicación satelital de la PTAR de Yarabamba



Fuente: Google Earth

Coordenadas Geográficas de la PTAR de Yarabamba:

- Zona: 19 K
- Coordenada Este: 235433.94 m E
- Coordenada Norte: 8169602.52 m S

### 3.1.1.2. Caracterización del agua residual

Para la caracterización del agua residual, se tomó como punto de muestreo la trampa de grasas de la planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba, dado que el agua ya obtuvo un tratamiento primario y es la que ingresa al tratamiento secundario o biológico y que se utilizará para alimentar el reactor propuesto.

En ella, se determinó que los niveles de los parámetros corresponden a un agua residual doméstica.

a) Selección de parámetros

Los parámetros analizados fueron los del D.S. N°003-2010-MINAM, dado que evalúa los límites máximos permisibles de los parámetros mínimos para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.

b) Métodos para el análisis de los parámetros

Se aplicaron los “Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales”. Estos métodos son empleados por su mayoría en los laboratorios acreditados por INACAL. En la tabla 7, se indica los métodos empleados para el análisis de los parámetros seleccionados para la investigación.

Tabla 7. *Métodos para el análisis de los parámetros seleccionados*

Parámetro	Método
Aceites y Grasas	APHA-AWWA-WEF Method 5220B Oil and Grease. Liquid-Liquid. Partition – Gravimetric method
DBO <sub>5</sub>	5210-B (BOD): 5 day BOD test
DQO	Method 5220 D (COD). Closed Reflux. Colorimetric method
Coliformes Termotolerantes	APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221- E Multiple Tube fermentation: Fecal Coliform Procedure
pH	EPA. Method 150.1. pH (Electrometric)
Sólidos Suspendidos Totales	APHA-AWWA-WEF Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 105°C
Temperatura	Termómetro de agua

Fuente: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

## c) Toma de muestras

Se realizó de acuerdo a los requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo del “Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” del Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento. Las especificaciones se señalan en la tabla 8.

Tabla 8. *Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras*

Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (1)	Preservación y conservación	Tiempo máximo de duración
Temperatura	P,V	1 000ml	No es posible	15 min
pH	-	50ml	No es posible	15 min
DBO5	P,V	1 000ml	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO	P,V	100ml	Analizar lo más pronto posible, o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1 000ml	Agregar HCL hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	P,V	100ml	Refrigerar a 4°C	7 días
Coliformes termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250ml	Refrigerar a 4°C	6 horas

(1) No hay restricción para el volumen de la muestra.

Fuente: R.M N°273-2013-VIVIENDA.

### 3.1.1.3. Definición de parámetros de diseño

Los parámetros de determinados para el diseño del reactor de biopelícula de lecho móvil para un volumen dado fueron los siguientes:

- Tiempo de retención hidráulica y caudal

El Tiempo de Retención Hidráulico, TRH, es el tiempo promedio que un volumen elemental de agua residual permanece en un tanque, desde la entrada hasta la salida. El TRH en el reactor es de gran importancia, pues define el tiempo promedio durante el cual el sustrato orgánico está sometido a tratamiento. El tiempo de retención se ajustará de 6 a 10 horas, dándonos como resultado el volumen útil del tanque (Orozco Jaramillo, 2014).

El TRH se calcula con la fórmula que se da enseguida:

$$TRH = \frac{V}{Q}$$

Donde:

V: Volumen útil del tanque o reactor, en L o m<sup>3</sup>

Q: Caudal del agua residual, en L/s o m<sup>3</sup>/s

- Velocidad de Carga Orgánica

La velocidad de carga orgánica se emplea para comprobar que no es escasa o excesiva la carga orgánica. La carga orgánica típica es 1,5 - 6,2. (Orozco Jaramillo, 2014).

$$VCO = \frac{Q * DQO}{V}$$

Dónde:

Q: Caudal que se le agrega al reactor

DQO: concentración de materia orgánica en g/L.

V: Volumen útil en L.

- Área específica del Carrier

El área neta,  $a$ , medida en  $m^2$  de área superficial disponible para el crecimiento de la biopelícula por  $m^3$  de medio fijo utilizado ( $m^2 / m^3$ ), indica la cantidad de biopelícula que se puede formar en el reactor de medio fijo. Usualmente  $a$  debe ser de 100 para aguas residuales domésticas (Orozco Jaramillo, 2014).

$$a = \frac{m^2}{m^3}$$

Donde:

$m^2$ : área superficial disponible para el crecimiento de biopelícula

$m^3$ : cantidad de medio fijo utilizado

- Volumen de carriers

En un reactor de biopelícula de lecho móvil, los carriers deben ocupar entre 50-60% del volumen útil del reactor. Para ello, se emplea una fórmula simple:

$$V_{\text{carriers}} = 50\%V_{\text{útil}}$$

Donde:

V<sub>útil</sub>: volumen útil de la cámara del reactor

- Volumen de agua

Es el volumen de agua que se ocupa el agua residual en el reactor, es decir, el volumen de agua que será tratado. Se aplica la fórmula:

$$V \text{ de agua} = \text{Volúmen útil} - \text{Volumen de carriers}$$

- Oxígeno Requerido Real

Conociendo el Oxígeno Requerido Real, entonces se puede calcular la Tasa de Transferencia de Oxígeno a Condiciones Estándar (TTOE). Para ello se aplican las fórmulas (Orozco Jaramillo, 2014):

$$ORR = (2 * DBO_5 + 4,6 * NTK + 3 * S - H_2S) * Q$$

Donde:

DBO<sub>5</sub>: valor promedio de las mediciones

NTK: Nitrógeno Total Kjeldha. Valor para agua residual media (tabla 1).

S-H<sub>2</sub>S: Valor para agua residual media (tabla 1).

Q: Caudal máximo calculado

- Tasa de Transferencia de Oxígeno a Condiciones Estándar

Para el cálculo de la Tasa de Transferencia de Oxígeno a Condiciones Estándar se aplica la fórmula (Orozco Jaramillo, 2014):

$$TTOE = \frac{OOR * c_s}{\alpha [\beta * FCA * c_{st} - c_0] * 1.024^{(T-20)}}$$

Donde:

cs: Oxígeno Disuelto, OD, de saturación estándar, 9,092 mg/L.

FCA: Factor de Corrección de Altura, sobre el nivel del mar;  $FCA = 1 - (1,17 \times 10^{-4} \times \text{msnm})$ .

m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar de la PTAR.

$\alpha$ : Corrección de transferencia de Oxígeno de Agua pura a Agua Residual. Depende del agua residual, alrededor de 0,75.

$\beta$ : Corrección de salinidad, alrededor de 0,95.

$c_{sT}$ : cs a la temperatura del AR

$c_0$ : Oxígeno Disuelto de operación deseado del reactor, 1 a 2 mg/L

T: temperatura del Agua Residual

$1,024^{(T-20)}$ : factor de corrección por T.

#### - Aireación

Una vez calculada la TTOE se puede deducir el tipo y tamaño del aireador a través de las siguientes fórmulas:

#### Potencia (P)

La potencia requerida para efectuar la transferencia real, en las condiciones de campo se halla en caballos de fuerza (HP) con la siguiente fórmula (Orozco Jaramillo, 2014):

$$P = TTOE/N_0.$$

Donde:

$N_0 = 1,13\text{kg/h/HP}$  para aireadores superficiales

### Difusores

De acuerdo al tipo de difusor, existe una eficiencia de transferencia para una profundidad dada, y para un tiempo de retención del reactor dado. De modo que se calcula la TTOE para el tiempo de retención del reactor (Orozco Jaramillo, 2014):

$$TTOE_R = TTOE/k_1,$$

Donde:

$k_1$  depende del tiempo de retención hidráulico

( $k_1 = 1,10$  para  $t_d = 24$  h;  $k_1 = 1,50$  para  $t_d = 2$ h).

Aplicando una extrapolación para hallar  $k_1$  para las horas de retención hidráulicas para el reactor).

### Flujo total de aire requerido ( $q_{ai}$ )

El flujo total de aire requerido ( $q_{ai}$ ) se halla mediante la fórmula (Orozco Jaramillo, 2014):

$$q_{ai} = \frac{TTOE_R}{c_i * e}$$

Donde:

$c_i = O_2$  en el aire (0,28 kgO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> a 20°C y 1atm)

$e =$  absorción de O<sub>2</sub> para la burbuja del difusor, hasta del 8% por metro de profundidad del agua residual.

#### 3.1.1.4. Construcción del Prototipo

La construcción del reactor de lecho móvil se realizó a través de los parámetros que se establecen para los reactores de lechos fijos. Se emplearon los siguientes materiales:

- Vidrio de 5mm de espesor
- 1 Compresor
- 2 Bombas de recirculación de agua de pecera
- Mangueras de 5mm y 3mm de diámetro
- Llaves de paso
- 4 Difusores de aire
- Malla metálica fina de 1mm espesor, 0.1mm<sup>2</sup> poro.
- Papel filtro de velocidad media
- Tecnopor de 3cm de espesor
- Cartulina negra
- Agua residual doméstica de la PTAR de Yarabamba

#### Dimensiones

Las dimensiones físicas del reactor fueron a pequeña escala. El reactor fue construido con vidrio, y dividido en 3 cámaras. Dos de igual dimensión y mayor volumen y la tercera cámara de menor dimensión que las anteriores, para el sistema de filtración simple.

El sistema de filtrado fue elaborado con malla metálica de 1mm de espesor, con un tamaño de poro de 0,1mm<sup>2</sup> y papel filtro de velocidad media. En total se emplearon 7 capas, armadas como se observa en la figura 33.

Figura 33. Esquema del sistema de filtración simple



Fuente: Elaboración propia

#### Flujo del agua

Para el flujo del agua se empleó 2 bombas de agua, una que transporta el agua de la primera cámara a la segunda cámara y la otra bomba de agua traslada el agua de la segunda cámara al sistema de filtrado.

#### Aireación

Para la aireación se empleó un compresor, cuyo flujo de aire fue regulado a través de llaves de paso. El aire fluye a través de mangueras de plástico de 0,5mm de diámetro (ver figura 34).

Figura 34. Difusores de aire



Fuente: SODIMAC

### Distribución del aire con difusores

Se empleó 4 difusores de aire de 45cm de largo y 4mm de diámetro; 2 dentro de cada cámara, ubicadas en la parte interior en forma cruzada para distribuir mejor el aire en toda la base (ver figura 35). Para regular la entrada de aire, se utilizarán llaves de plástico pequeñas.

Figura 35. Mangueras de plástico delgadas



Fuente: AliExpress.com

### Aislamiento y protección

Para el aislamiento del reactor frente a las bajas temperaturas, se cubrió el reactor con una capa de plástico burbuja para crear una capa de aire; luego se colocó una capa de tecnopor de 3cm de espesor, cubriendo la base y paredes del reactor.

Figura 36. Aislamiento del reactor con tecnopor y plástico burbuja.



Fuente: EMBAMAT

Medio de soporte o carrier:

Se empleó un solo tipo de medio de soporte (figura 37) categorizado como PE04, el cual se obtuvo a través de la empresa Futura Ingenieros S.A.C. Las características del soporte se detallan en la tabla 9.

Figura 37. Medio de soporte empleado PE04



Fuente: Yixing HollyTechnology, China (2017).

Tabla 9. Características del Carrier PE04

Modelo	Unidad	PE04
Dimensiones	mm	$\Phi$ 16*10
N° de cavidades	-	6
Superficie específica	$m^2 / m^3$	>800
Densidad	$g / m^3$	0,96-0,98
Porosidad	%	>85
Tiempo de formación de membrana	Días	3-15
Temperatura aplicable	$^{\circ}C$	5-60
Tiempo de vida útil	Años	>15

Fuente: Yixing HollyTechnology, China (2017).

Para evitar la formación de algas, se cubrió el reactor adicionalmente con cartulina negra y se colocó un techo de triplay y tecnopor suspendido a 4cm del reactor para evitar la luz solar.

#### Agua residual

El agua empleada para la alimentación del reactor fue extraída de la trampa de grasas de la PTAR del distrito de Yarabamba. El agua ingresa a la trampa de grasas con un caudal de 0,16 L/s por día que posteriormente ingresa al reactor biológico.

Se extrajo el agua residual de la trampa de grasas a una profundidad de 50cm con baldes de plástico de 30 litros, removiendo las grasas y aceites suspendidos. Para el funcionamiento del reactor, se empleó 15 litros de agua por día.

#### 3.1.1.5. Arranque y estabilización del reactor

##### Formación de la biopelícula

La mayoría de los diseños de los soportes cuentan con una matriz de canales o huecos; sin embargo, toda la superficie del soporte no se cubre generalmente con biopelícula debido a que los soportes chocan en el reactor y la biopelícula que crece en el exterior del soporte se desprende (Ødegaard H. , 2000)

Autores como Revilla Salas, 2017 revelan que se requieren 100 días para obtener el estado estacionario de las bacterias y una formación de biopelícula. Para el experimento, se estima unos 60 días para lograr la formación de la biopelícula.

La superficie específica protegida de los soportes está calculada para un porcentaje de llenado del 100% del volumen del reactor y se reduce proporcionalmente al disminuir el porcentaje de llenado

de soportes. Autores como McQuarrie & Boltz, 2011 recomiendan un máximo de un 70% de llenado.

Se empleó el método de la empresa Futura Ingenieros S.A.C para la aplicación de carriers en el reactor. Este método consiste en llenar el 10% del volumen útil del reactor con carriers en la primera semana; en la segunda semana, otro 10% del volumen útil del reactor y así sucesivamente hasta lograr el volumen deseado. Para el experimento, se aplicará el 50% del volumen útil del reactor con carriers en ambas cámaras del reactor (ver tabla 10).

Tabla 10. *Aplicación del volumen de carriers en el reactor de biopelícula de lecho móvil*

Tiempo	Volumen de carriers	Volumen Acumulado de carriers	Volumen de agua
Semana 1	+10%	+10%	90%
Semana 2	+10%	+20%	80%
Semana 3	+10%	+30%	70%
Semana 4	+10%	+40%	60%
Semana 5	+10%	+50%	50%

Fuente: Futura Ingenieros S.A.C.

Es importante brindar las condiciones ideales para el crecimiento de las bacterias. Por ello, al agua se mantuvo a una temperatura no menor a los 18°C y con un pH entre 6 y 8. Se llevó un registro diario de la temperatura del reactor para verificar que cumpla con las condiciones mencionadas. Para fortalecer el crecimiento de las bacterias, fue necesario tomar agua con alta carga orgánica al inicio del funcionamiento del reactor; dicha agua se tomó del reactor de la PTAR de Yarabamba, una vez lograda la estabilización del reactor, se empleó agua de la trampa de grasas de la misma planta.

La determinación del crecimiento de la biopelícula se realizó mediante la observación de campo, hasta lograr que la biopelícula cubriera entre un 80 a 90% de la superficie interior de los carriers.

#### 3.1.1.6. Estimación de la remoción de contaminantes en el reactor de biopelícula de lecho móvil

Se estimó la remoción de contaminantes de la salida del reactor de biopelícula de lecho móvil para cada tiempo de retención hidráulico (TRH) estudiado. Para determinar el porcentaje de remoción de contaminante se aplicó la siguiente fórmula a los parámetros estudiados (Orozco Jaramillo, 2014):

$$R = (S_0 - S) / S_0 \times 100$$

Donde:

- R: Remoción del sistema de uno de sus componentes [%]
- S: Carga contaminante de salida
- S<sub>0</sub>: Carga contaminante de entrada

#### 3.1.1.7. Comparación del agua tratada con los Límites Máximos Permisibles

Se realizó la comparación entre el agua residual doméstica sin tratamiento y el agua tratada por el reactor de biopelícula de lecho móvil con los parámetros de los límites máximos permisibles para los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales establecidos en el D.S. 003-2010-MINAM.

### 3.1.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es experimental.

### 3.1.3. Nivel de Investigación

El nivel de la Investigación es Aplicada.

## 3.2. Diseño de la investigación

Para el tratamiento secundario del agua residual de Yarabamba mediante el reactor de biopelícula de lecho móvil diseñado se utilizó un diseño experimental de un solo factor con 3 niveles.

### Unidad experimental

La unidad experimental corresponde al reactor de biopelícula de lecho móvil construido con vidrio de un espesor de 0,5mm; dividido en 3 compartimientos, 2 cámaras aerobias de 15L de volumen útil cada una y un filtro de 7,5L de volumen útil. El reactor trabajó a una temperatura promedio de 20°C, un pH neutro entre 7 – 7,5; un 50% del volumen de cada cámara con carriers y un volumen de agua de 7,5L por cámara, empleando 2 bombas de recirculación de aire de acuario de un flujo de 150L, para el flujo de agua de la cámara 1 a la cámara 2 y de la cámara 2 al filtro para su posterior salida, y un compresor de aire de 35watts de potencia para la aireación de las cámaras, regulado con llaves de paso de plástico.

El volumen de agua se mantuvo constante durante el estudio, alimentado con 15L diarios de agua residual recolectada de la trampa de grasas de la PTAR de Yarabamba. La biopelícula formada en los carriers estuvo compuesta en su mayoría por consorcios de bacterias de los géneros Pseudomonas, Zoogloea, Achromobacter, Flavobacterium, Bdellovidrio, Mycobacterium. El reactor fue sometido a 3 diferentes tiempos de retención hidráulico.

## Tratamientos

Factor: Tiempo de retención hidráulico.

Niveles: 3

Tratamientos: 3

Tabla 11. *Tratamientos realizados para el diseño experimental*

Factor	Niveles	Tratamientos
Tiempo de retención	6h	T1: 6h
	8h	T2: 8h
	10h	T3: 10h

Fuente. Elaboración propia.

## Repeticiones

Se realizó 3 repeticiones por tratamiento, un total de 18 repeticiones.

## Estabilización del reactor

El parámetro de temperatura fue medido de forma continua durante los 3 meses de estudio para asegurar que sea constante y mayor a los 18°C para lograr la formación de la biopelícula. Con la formación de biopelícula y la estabilización del reactor en el día 60 a una temperatura constante de 20°C y un pH de 7,5; se procedió a analizar el agua tratada.

## Análisis de los parámetros

Para cada tratamiento se analizó 3 veces los parámetros seleccionados: Aceites y Grasas, DBO<sub>5</sub>, DQO, Sólidos Suspendedos Totales, pH, Temperatura y Coliformes Termotolerantes a través de los “Métodos estándar para la examinación de agua y aguas residuales APHA” empleándose para cada muestreo 3,6L de efluente tratado.

### Determinación de la remoción

Se determinó la remoción de contaminantes a partir del día 60 desde el arranque del reactor. El muestreo se realizó cada 15 días, un número de 3 veces por cada tiempo de retención hidráulico aplicado, empleando 3,6L de muestra de agua para los análisis. Se analizó la concentración de los parámetros Aceites y Grasas, DBO<sub>5</sub>, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, pH y Coliformes Termotolerantes del agua residual doméstica antes de ser tratada por el reactor en cada muestreo, y se analizó la concentración los mismos parámetros luego de ser tratada por el reactor en los tiempos de retención hidráulico de 6, 8 y 10 horas.

### 3.3. Hipótesis de la investigación

#### 3.3.1. Hipótesis general

El diseño del reactor de biopelícula de lecho móvil propuesto puede cumplir con el tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas del distrito de Yarabamba.

#### 3.3.2. Hipótesis específicas

- La caracterización del agua residual de Yarabamba puede confirmar que el tipo de agua a tratar es un agua residual doméstica.
- Es probable que el reactor de biopelícula de lecho móvil emplee los parámetros señalados.
- Es probable que el reactor de biopelícula de lecho móvil remueva efectivamente los contaminantes del efluente a tratar.
- Es probable que el agua tratada por el reactor de biopelícula de lecho móvil contemple parámetros dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2010 MINAM.

### 3.4. Variables

#### 3.4.1. Variable independiente

Reactor de biopelícula de lecho móvil

#### 3.4.2. Variable dependiente

Agua Residual

#### 3.4.3. Operacionalización de las variables

Variables		Indicador	Unidad
Variable Independiente	Reactor de biopelícula de lecho móvil	Tiempo de retención hidráulica	Horas
Variable Dependiente	Agua residual	Aceites y grasas Coliformes Termotolerantes DBO DQO pH SST	mg/L (NPM/100mL) mg/L mg/L unidades de pH mL/L

### 3.5. Cobertura del estudio

#### 3.5.1. Población

La población está comprendida por el agua residual doméstica de los anexos del distrito de Yarabamba con conexión a la red de alcantarillado dirigidos a la planta de tratamiento de aguas residuales, con un flujo promedio de 16 L/s.

### 3.5.2. Muestra

La muestra comprende el agua residual tomada de la trampa de grasas de la planta tratamiento de aguas residuales de Yarabamba y el agua residual tratada por el reactor de biopelícula de lecho móvil con un volumen de 3,6 litros de agua por cada muestra analizada.

### 3.5.3. Muestreo

El muestreo de los parámetros seleccionados se desarrolló de acuerdo al “Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” del Ministerio de Vivienda (ver tabla 8), realizándose en total 12 muestreos.

## 3.6. Técnicas, instrumentos y fuentes

### 3.6.1. Técnicas de la Investigación

- Técnica documental o bibliográfica, revisión de documentación, antecedentes, recolección de información a través de fuentes primarias como entrevista, informes solicitados a la entidad concerniente, páginas web.
- Obtención de datos por observación directa del crecimiento de la biopelícula en los carriers.
- Técnica Estadística para el cálculo de la media, desviación típica, y comparación de las medias de las concentraciones de los parámetros estudiados entre el agua residual sin tratamiento y el agua residual tratada por el reactor de biopelícula de lecho móvil con la prueba estadística Test de student para cada tiempo de retención hidráulico aplicado.

### 3.6.2. Instrumentos de la Investigación

- Manejo de Software: AutoCAD, Excel, Word, SPSS versión 16.
- Revisión bibliográfica (tesis, papers, libros, páginas web, periódicos)

### 3.6.3. Fuentes

- Municipalidad Distrital de Yarabamba
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI
- Consulta de Proyectos de Inversión Pública – MEF
- Senamhi
- Empresa Futura Ingenieros S.A.C
- Investigaciones sobre Plantas de tratamiento de Aguas Residuales
- Libros Tratamiento de aguas residuales
- Publicaciones Oficiales de ScienceDirect.com
- Normas Técnicas para agua del Perú.

## 3.7. Procesamiento y análisis de la información

### 3.7.1. Estadísticas y comprobación de hipótesis

Para el análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos en el reactor, se utilizó el programa SSPS; obteniéndose un análisis descriptivo para los datos en estudio, para luego comparar las medias de dos grupos con la prueba estadística t de student. Se aplica cuando la población estudiada sigue una distribución normal pero el tamaño muestral es demasiado pequeño, utilizándose una estimación de la desviación típica en lugar del valor real. Con la ayuda de unas tablas se obtiene a partir de dicho estadístico el p-valor. Si  $p < 0,05$  se concluye que hay diferencia entre los dos tratamientos. La ecuación para el test de student es:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \left[ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

Donde:

X1 =Media del grupo 1

X2 =Media del grupo 2

n1 = Número de elementos del grupo 1

n2 =Número de elementos del grupo 2

s1 =Desviación Típica del grupo 1

s2 =Desviación típica del grupo 2

### 3.7.2. Representación

La presentación de resultados se efectuó mediante tablas, gráficos en barras y gráficos de tendencia (concentración según tiempo de evaluación).

## CAPITULO IV

### ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Caracterización del agua residual doméstica de Yarabamba

Tabla 12. *Caracterización del agua residual doméstica de Yarabamba.*

Parámetro	Unidad	Ingreso 1	Ingreso 2	Ingreso 3	Promedio
Aceites y grasas	mg/L	2,5	3	2,5	2,7
DBO <sub>5</sub>	mg/L	241	262	255	252,7
DQO	mg/L	346	393	382,5	373,8
pH	-	7,4	7,5	7,4	7,4
SST	mg/L	210	223	200	211,0
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	21x10 <sup>7</sup>	36x10 <sup>7</sup>	30x10 <sup>7</sup>	29x10 <sup>7</sup>

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 12 muestra la composición del agua residual proveniente de la trampa de grasas de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Yarabamba. El agua contiene un bajo nivel de grasas, debido al lugar y profundidad de la que se tomó la muestra. Los parámetros de DBO<sub>5</sub> y DQO se encuentran dentro de los niveles considerados para aguas de tipo residual doméstica, siendo el DBO<sub>5</sub> el 60% del DQO total, por lo cual un tratamiento biológico es recomendable. El nivel de pH es neutro y la temperatura tomada in situ tiene un promedio de 20°C, condiciones que son favorables para el desarrollo de microorganismos. La concentración de Sólidos Suspendedos Totales no es muy elevada y la presencia de Coliformes Termotolerantes en el agua residual doméstica está dentro de los valores considerados normales (Ver Anexos pág. 199).

Tabla 13. *Concentración del agua residual doméstica de Yarabamba.*

Parámetro	Unidad	Promedio	Concentraciones		
			Débil	Media	Fuerte
Aceites y grasas	mg/L	2,7	50	100	150
DBO <sub>5</sub>	mg/L	252,7	110	220	400
DQO	mg/L	373,8	250	500	1 000
pH	-	7,4	-	-	-
SST	mg/L	211	100	220	350
Coliformes					
Termotolerantes	NMP/100ml	29x10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>

Fuente: Metcalf-Eddy (1991)

En la tabla 13 se observa que los análisis del agua residual doméstica demuestran que se tiene un agua de tipo débil-media para los parámetros de aceites y grasas, SST y DQO; mientras que se considera un agua de tipo media-fuerte para DBO<sub>5</sub> y Coliformes Termotolerantes.

#### 4.1.2. Diseño del reactor

A partir de los parámetros establecidos, se prosigue al dimensionamiento del reactor.

##### Tiempo de Retención Hidráulico y Caudal

Para hallar el caudal con un volumen y tiempo de retención hidráulico definido, se aplicó la siguiente fórmula:

$$TRH = \frac{V}{Q}$$

Donde:

TRH = Tiempo de retención hidráulico 6, 8 y 10 horas.

V= Volumen de agua 15L

$Q = \text{Caudal}$

Caudal para 6 horas de retención hidráulica:

$$6h = \frac{15L}{Q}$$

$$Q = \frac{15L}{6h} = 2,5L/h$$

Caudal para 8 horas de retención hidráulica:

$$8h = \frac{15L}{Q}$$

$$Q = \frac{15L}{8h} = 1,87L/h$$

Caudal para 10 horas de retención hidráulica:

$$10h = \frac{15L}{Q}$$

$$Q = \frac{15L}{10h} = 1,5L/h$$

Dado que el caudal a las 6 horas de tiempo de retención hidráulico es el mayor, las ecuaciones de diseño tomaron el valor de ese caudal.

### Dimensiones del reactor

El reactor de biopelícula de lecho móvil se diseñó con dimensiones definidas, la tabla 14 detalla las características del reactor.

Tabla 14. *Dimensiones físicas del reactor*

Características Físicas	Cámara 1	Cámara 2	Filtro	Reactor Total
Altura total	30cm	30cm	30cm	30cm
Altura útil	25cm	25cm	22cm	25cm
Largo	20cm	20cm	10cm	50cm
Ancho	30cm	30cm	30cm	30cm
Área útil	600cm <sup>2</sup>	600cm <sup>2</sup>	300 cm <sup>2</sup>	1 500cm <sup>2</sup>
Volumen total	18L	18L	9L	45L
Volumen útil	15L	15L	7.5L	37.5L

Fuente: Elaboración propia.

El reactor fue diseñado con una altura de 30cm de la cual se empleó 22cm y un área de 1 500cm<sup>2</sup>; de éste último, 1 200cm<sup>2</sup> fueron empleados para las cámaras de aireación. El volumen útil de cada cámara fue de 15 litros, haciendo un total de 30 litros y el volumen útil del filtro de 7,5 litros. Sin embargo, el volumen de las cámaras aerobias fue reducido en casi 50% por la ocupación de los carriers. Entonces, el volumen total de agua que trató el reactor fue de 15 litros aproximadamente.

#### Velocidad de Carga Orgánica

La velocidad de carga orgánica se emplea para comprobar que no es escasa o excesiva la carga orgánica. La carga orgánica típica es 1,5 - 6,2. Se empleó el caudal de 2,5L/h para un tiempo de 6h, por ser el mayor, aplicando la siguiente fórmula:

$$VCO = \frac{Q * DQO}{V}$$

Donde:

VCO = Velocidad de carga orgánica

Q = caudal de 2,5L/h

$$DQO = 373,8\text{mg/L}$$

V = Volumen de 15L

$$VCO = \frac{2,5\text{l/h} * 37,38\text{g/l}}{15\text{L}}$$

$$VCO = \frac{6,23\text{g}}{\text{L}} \cdot h$$

El resultado indicó que la carga orgánica es ligeramente elevada, por lo que se debe reducir esta velocidad en el reactor.

Área Específica Carrier:

$$a = \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$$

$$> 800 = \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$$

Esto significa que la superficie de soporte que brinda el carrier es mayor a  $800\text{m}^2$  por cada  $\text{m}^3$  de agua. Mientras más cubra la biopelícula el carrier, menor será el tiempo de retención y aumentará el área de tratamiento. Por ello, el tiempo de retención no debe ser muy alto o se perdería la eficiencia del tratamiento.

Volumen de agua requerido y volumen de carriers

Para la aplicación de los carriers y el volumen de agua se aplicó la siguiente fórmula:

$$V \text{ de agua} = \text{Volúmen útil} - \text{Volumen de carriers}$$

$$V \text{ de agua} = 15\text{L} - X\%$$

La aplicación de los carriers se hizo con volúmenes distintos en diferentes tiempos; por ello, el volumen de agua aplicado varió junto con el volumen del carriers. Los resultados se observan en la tabla 15.

Tabla 15. *Volumen de carriers y volumen de agua en el reactor*

Tiempo	Volumen de carriers	Volumen acumulado de carriers	Volumen de agua	Volumen de agua por cámara	Volumen de agua requerido
Semana 1	+10%	+10%	90%	13,5 L	27L
Semana 2	+10%	+20%	80%	12L	24L
Semana 3	+10%	+30%	70%	10,5L	21L
Semana 4	+10%	+40%	60%	9L	18L
Semana 5	+10%	+50%	50%	7,5L	15L

Fuente: Elaboración propia.

En las primeras semanas, fue necesario mayor empleo de agua en el reactor; conforme pasaban las semanas y la biopelícula crecía, se empleó menor cantidad de agua. En el desarrollo y crecimiento de la biopelícula, los volúmenes de carriers de la semana 2 y semana 3 tuvieron que ampliarse a 14 días, porque el crecimiento fue lento. Ampliando el tiempo de crecimiento en 28 días. Al alcanzar el 50% del volumen en carriers en el reactor, se empleó 15 litros de agua en total para su alimentación.

#### Oxígeno Requerido Real

La demanda de oxígeno fue calculado con el objetivo de conocer la cantidad de aire necesario para oxidar la materia orgánica. Este requerimiento de oxígeno se calculó de la siguiente manera:

$$ORR = (2 * DBO_5 + 4,6 * NTK + 3 * S - H_2S) * Q$$

Donde:

ORR = Oxígeno requerido real

DBO<sub>5</sub> = 252,7 mg/L valor promedio de las mediciones

NTK = Nitrógeno Total Kjeldha. 37,68 mg/L valor para agua residual media (tabla 1).

S-H<sub>2</sub>S = 6,87mg/L valor para agua residual media (tabla 1).

Q = 2,5L/h. Caudal máximo calculado

$$ORR = (2 * DBO_5 + 4,6 * NTK + 3 * S - H_2S) * Q$$

$$ORR = \left( 2 * \frac{252,7mg}{L} + 4,6 * \frac{37,68mg}{L} + 3 * \frac{6,87mg}{L} \right) * \frac{2,5L}{h}$$

$$ORR = \left( \frac{505,4mg}{L} + \frac{173,33mg}{L} + \frac{20,61mg}{L} \right) * \frac{2,5L}{h}$$

$$ORR = \left( \frac{669,34mg}{L} \right) * \frac{2,5L}{h}$$

$$ORR = 1748,35mg \text{ de } O_2/h$$

$$ORR = 0,0017Kg \text{ de } \frac{O_2}{h}$$

Se obtuvo la cantidad de 0,00017 Kg de O<sub>2</sub> por hora, requerido para llevar a cabo el proceso de oxidación, este es un valor mínimo al tratarse de un reactor de dimensiones pequeñas.

#### Tasa de transferencia de Oxígeno a Condiciones Estándar

Para hallar la tasa de transferencia de oxígeno a condiciones estándar, se aplicó la siguiente fórmula:

$$TTOE = \frac{ORR * c_s}{\alpha [\beta * FCA * c_{st} - c_0] * 1,024^{(T-20)}}$$

Donde:

ORR = Oxígeno requerido real

$C_s$  = Oxígeno Disuelto, OD, de saturación estándar; 9,092 mg/L ó g/m<sup>3</sup>.

FCA = Factor de Corrección de Altura, sobre el nivel del mar;  $FCA = 1 - (1,17 \times 10^{-4} \times \text{msnm})$ .

msnm = 2335m, altura de Arequipa

$\alpha$  = Corrección de transferencia de Oxígeno de Agua pura a Agua Residual, alrededor de 0,75.

$\beta$  = Corrección de salinidad, alrededor de 0,95.

$c_{sT}$  =  $c_s$  a la temperatura del agua residual

$c_0$  = Oxígeno Disuelto de operación deseado del reactor 1,5 mg/L

T = temperatura del Agua Residual 20°C

$1,024^{(T-20)}$  = factor de corrección por T.

$$TTOE = \frac{1748,35 \text{ mg/h} * 9,092 \text{ mg/L}}{0,75 [0,95 * (1 - (1,17 \times 10^{-4} \times 2335)) * 20 - 1,5 \text{ mg/L}] * 1,024^{(20-20)}}$$

$$TTOE = \frac{15895,99 \frac{\text{mg}}{\text{h}} \cdot \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{0,75 [12,309] * 1}$$

$$TTOE = 1721,88 \text{ mg/h}$$

$$TTOE = 0,00178 \text{ Kg/h}$$

El resultado no varió mucho del oxígeno requerido real inicial, indicando que el sistema del reactor requiere de 0,00178Kg de O<sub>2</sub> por hora.

#### Cálculo del aireador

Calculada la TTOE, se halla la potencia del motor en kgO<sub>2</sub>/kWh, siendo los HP/h (o kW/h) energía gastada por el motor, por kg de O<sub>2</sub> suministrado requerido para efectuar la transferencia real, en las condiciones de campo. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$P = TTOE/N_0$$

Donde:

TTOE = Tasa de transferencia de oxígeno a condiciones estándar

$N_0 = 1,13\text{kg//h/HP}$  para aireadores superficiales

$$P = \frac{0,001789\text{kg/h}}{1,13\text{kg/h/HP}}$$

$$P = 0,001575\text{HP}$$

$$P = 1,1744\text{watts}$$

Se necesita 0,00158HP de potencia o 1,17watts para el suministro de oxígeno por cámara, es decir, se requiere una fuerza mínima de 2,34 watts de potencia en el compresor de aire para suministrar el aire necesario en el reactor de biopelícula de lecho móvil.

### Difusores

De acuerdo al tipo de difusor, existe una eficiencia de transferencia para una profundidad dada, y para un tiempo de retención del reactor dado. De modo que se calculó la  $TTOE_R$  para el tiempo de retención del reactor:

$$TTOE_R = TTOE/k_1$$

Donde:

$k_1$  depende del tiempo de retención

$k_1 = 1,10$  para  $TRH = 24$  h

$k_1 = 1,50$  para  $TRH = 2$ h, entonces;

$TRH$  de 10h,  $k_1 = 1,20$

$$TTOE_R = \frac{0,001789Kg \text{ de } O_2/h}{h} / 1,20$$

$$TTOE_R = 0,002136Kg/h$$

Este dato fue necesario calcular para poder hallar el flujo total de aire requerido por el reactor.

#### Flujo total de aire requerido ( $q_{ai}$ )

El flujo total de aire requerido se halló con la siguiente fórmula:

$$q_{ai} = \frac{TTOE_R}{c_i * e}$$

Donde:

$c_i = O_2$  en el aire  $0,28 \text{ kgO}_2/\text{m}^3$  (a  $20^\circ\text{C}$  y  $101,3 \text{ KPa}$ )

$e = 0,02\text{m}^2$  (8% de la profundidad del reactor de  $0,25\text{m}$ )

$$q_{ai} = \frac{0,002136Kg/h}{0,28kg/m^3 * 0,02}$$

$$q_{ai} = \frac{0,3814m^3}{h}$$

$$q_{ai} = 6,3883L/min$$

El flujo de aire calculado por cámara debe ser de  $6,38\text{L}/\text{min}$ , es decir, un total de  $12,77\text{L}/\text{min}$  en total para cubrir la aireación en el reactor en teoría.

#### Selección de equipos

##### Bomba de recirculación de agua

Para la selección de las bombas de recirculación de agua, se empleó bombas de acuario sumergibles con flujo ajustable, debido a su tamaño ideal para el reactor

y su operación manual. La tabla 16 describe las principales características de la Bomba de agua de acuario modelo P-800 Heto seleccionada (Ver figura 38).

Figura 38. Bomba de agua de acuario modelo P-800 Heto



Fuente. Heto.com

Tabla 16. Dimensiones de las Bombas de agua modelo P-800

Dimensión	Medida
Voltaje	220v
Frecuencia	60Hz
Poder	3W
Altura máxima	0,45m
Flujo máximo	150L

Fuente. Heto.com

### Compresor de aire

Debido a que la potencia y el flujo de aire requerido calculado teóricamente no fue suficiente para lograr el movimiento deseado de los carriers en las cámaras del reactor, se optó por un modelo de mayor potencia y flujo. Para ello, fue necesaria su regulación con llaves de paso de plástico a través de mangueras de plástico de 0.5mm de diámetro. De esta forma, se logró controlar el flujo de aire en el reactor y evitar el movimiento brusco de los carriers por el excesivo flujo de aire. La tabla 17 señala las características del compresor de aire seleccionado modelo ACO 003 (RESUN).

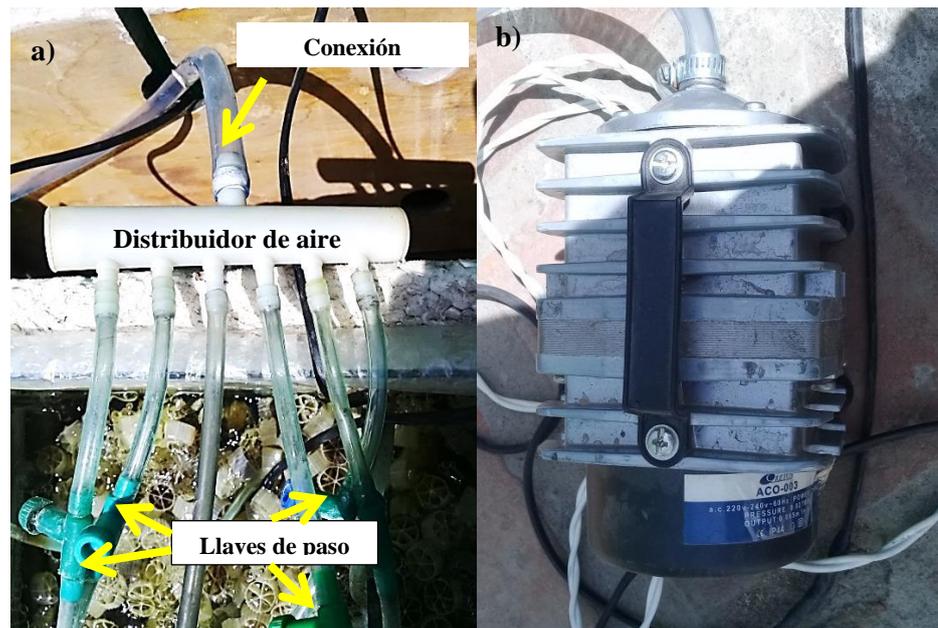
Tabla 17. Características del Compresor de aire ACO 003

Característica	Unidad
Modelo	ACO 003 (RESUN)
Dimensiones	225x114x130mm
Diámetro de salida	10mm
Flujo	65 L/MIN
Presión	0,027 MPa
Potencia	35 Watts
Voltaje	220-240V
Frecuencia	50/60 Hz

Fuente. Ebay.com

Para la distribución del flujo de aire, se empleó una manguera del compresor hacia un distribuidor de plástico con 6 salidas; en ellas se conectó mangueras de plástico con llaves de paso. Se empleó 4 de las salidas directamente en el reactor, es decir, 2 por cámara cada una conectada a un difusor de aire colocados en forma de equis “X” en la parte inferior de la cámara. Las 2 salidas de aire restantes se emplearon como reguladores del flujo del aire hacia el exterior (Ver figura 39).

Figura 39. a) Sistema de aireación; b) Compresor de aire



Fuente: Elaboración propia

En la figura 40, se observa el sistema del reactor de biopelícula de lecho móvil instalado, sin los carriers, y con el sistema de filtración para la salida del agua.

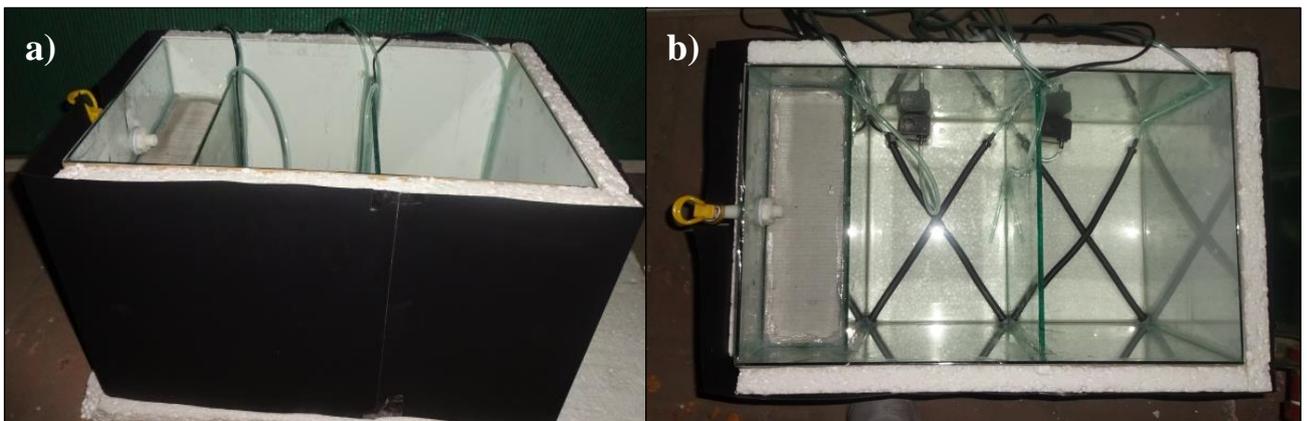
Figura 40. Cámaras y difusores del reactor de biopelícula de lecho móvil



Fuente: Elaboración propia

El aislamiento térmico está compuesto por la primera capa de plástico burbuja, creando un espacio de aire; la segunda capa fue de tecnopor de un espesor de 3cm aislando el vidrio del exterior y la última capa fue de cartulina negra, para evitar los rayos solares y la aparición de algas. Adicionalmente, se empleó una tapa de madera forrada con los mismos materiales para tapar el reactor indirectamente; es decir, suspendido sin cerrarlo herméticamente. En la imagen 41, se observa el reactor de vista frontal y superior sin la tapa.

Figura 41. Reactor de biopelícula de lecho móvil con aislamiento térmico a) Vista frontal; b) Vista Superior



Fuente: Elaboración propia

Luego de construido el reactor, en la figura 42, se empezó con el arranque empleando el volumen de carriers señalado por semana y vertiendo el agua residual doméstica de la PTAR de Yarabamba. Este proceso se llevó a cabo de forma manual en todo el estudio.

Figura 42. Arranque del reactor de biopelícula de lecho móvil

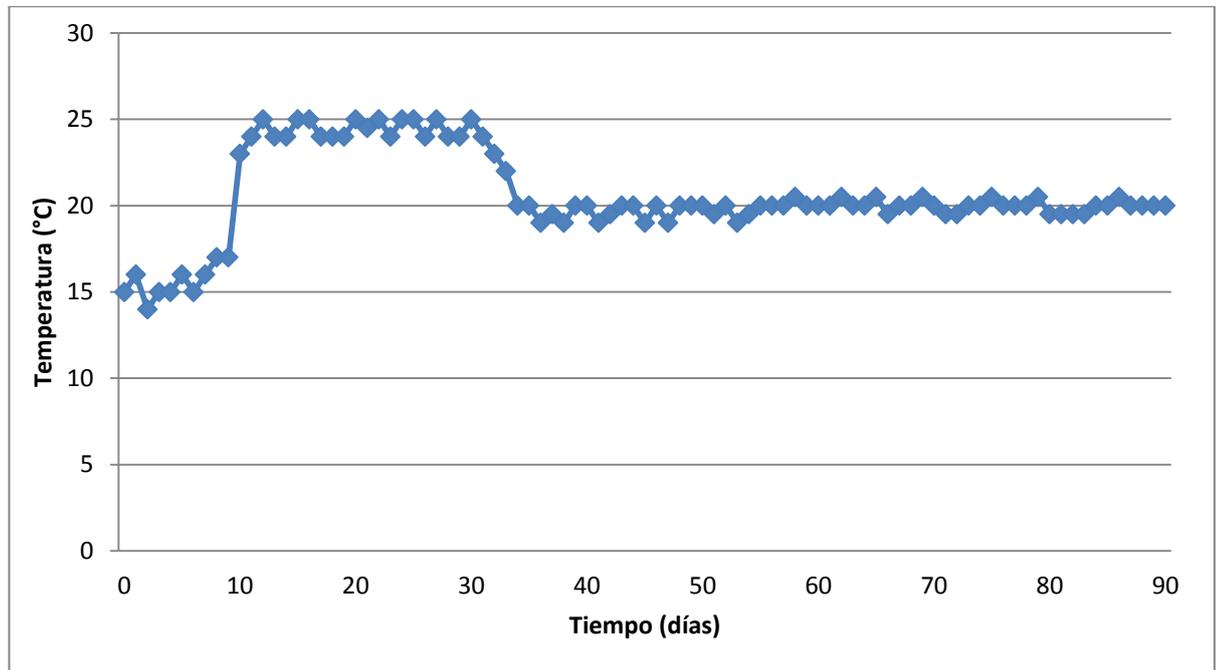


Fuente: Elaboración propia

#### Estabilización del reactor

Para lograr la estabilización del reactor de biopelícula de lecho móvil, fue necesario mantener una temperatura constante promedio mayor a los  $18^{\circ}\text{C}$ . Los primeros 10 días la temperatura fue menor a  $18^{\circ}\text{C}$  ya que la marcha del reactor empezó a fines de junio, cuyas bajas temperaturas afectaron el crecimiento de las bacterias, aun con el aislamiento térmico implementado. Para evitar que la temperatura baje y afecte el desarrollo de la biopelícula en los carriers, se empleó 1 calentador de agua para acuarios por cada cámara durante los siguientes 20 días, alcanzando una temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ , favoreciendo el crecimiento de la biopelícula. Los siguientes 55 días se quitaron los calentadores de agua, dado que la temperatura atmosférica aumentó y la temperatura en el reactor logró estabilizarse y mantenerse entre los  $19$  y  $20^{\circ}\text{C}$ , como se puede observar en la figura 43.

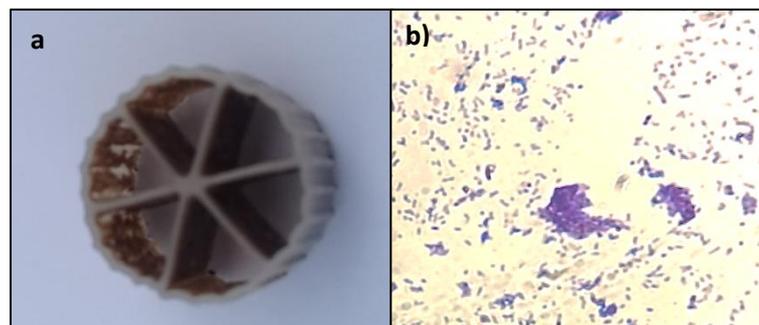
Figura 43. Medición de la temperatura en la etapa de arranque y estabilización del reactor de biopelícula de lecho móvil



Fuente: Elaboración propia

Con la formación de la biopelícula dentro de los carriers en un 95% (ver figura 44, a), se realizó una tinción de Gram para determinar el grupo de bacterias con mayor presencia en la biopelícula, obteniendo como resultado que existen ambos grupos tanto Gram positivas como Gram negativas en porcentajes similares, lo que indica la presencia de grupos de bacterias como *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, entre otras como se puede observar en la figura 44.b.

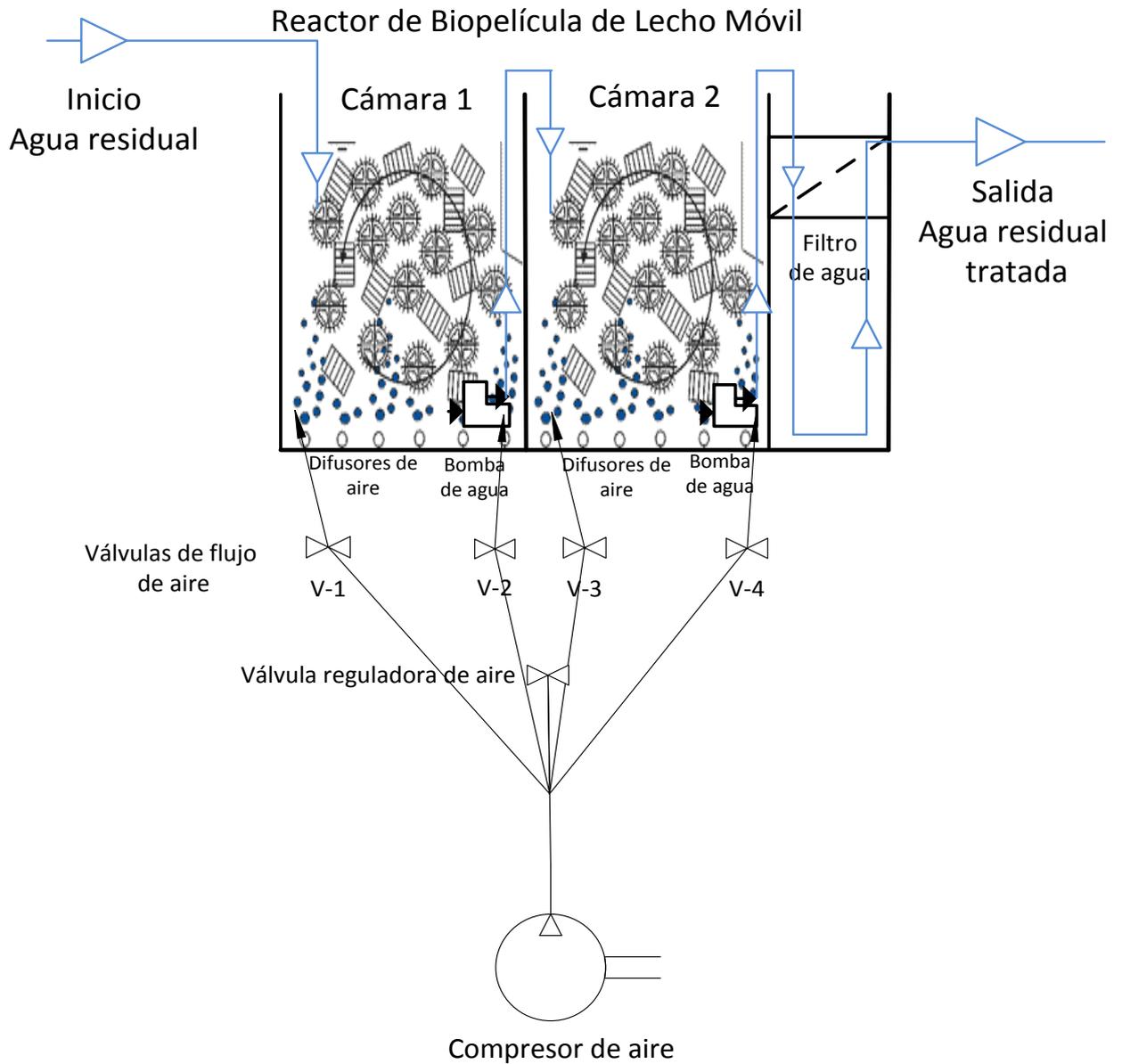
Figura 44. a) Formación de la biopelícula en el carrier; b) Bacterias con la tinción de Gram



Fuente: Elaboración propia

En la figura 45, se observa el diagrama de flujo del funcionamiento del Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil. El agua residual ingresa a la primera cámara del reactor y permanece en ella según el tiempo de retención; luego se acciona la bomba de agua y el agua es trasladada a la segunda cámara en donde sigue su tratamiento; posteriormente, el agua es transportada a unos filtros de malla y papel filtro con la segunda bomba de agua. Finalmente, el agua asciende hasta alcanzar la altura de salida por una llave de paso.

Figura 45. Diagrama de Flujo del Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3. Remoción de contaminantes

Los datos obtenidos en el laboratorio se realizaron bajo los estándares del “Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” del Ministerio de Vivienda. Las variables de remoción de contaminantes fueron: Aceites y grasas, DBO, DQO, SST y los Coliformes Termotolerantes. Siendo el pH solo un indicador de la basicidad y acidez del agua.

Tabla 18. *Análisis de parámetros del agua tratada por el reactor de lecho móvil a las 6 horas de tratamiento*

Parámetro	Unidad	Agua residual	Laboratorio 1	Laboratorio 2	Laboratorio 3	Promedio
Aceites y grasas	mg/L	2,7	<1,3	<1,3	<1,3	1,3
DBO <sub>5</sub>	mg/L	252,7	128	130	125	127,7
DQO	mg/L	373,8	253	264	246	254,3
pH	unidades	7,4	7,4	7,5	7,4	7,4
SST	mg/L	211	126	130	119	125,0
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	29x10 <sup>7</sup>	73x10 <sup>6</sup>	81x10 <sup>6</sup>	60x10 <sup>6</sup>	71x10 <sup>6</sup>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 18 describe los datos obtenidos del tratamiento del agua residual en el reactor de biopelícula de lecho móvil con 6 horas de tiempo de retención hidráulico. La remoción de aceites y grasas determinado fue <1,3mg/L, es decir, que la cantidad fue mucho menor a esa cifra dado que es el límite de detección en el laboratorio. Se removió entonces más del 50% de aceites y grasas. El DBO<sub>5</sub> analizado con un promedio de 127,7mg/L demuestra que se removió un 49,46% del DBO<sub>5</sub> inicial y el DQO con un promedio de 254,3mg/L muestra una remoción del 31,96%. El pH del agua se mantuvo estable en 7,4. Los SST con un promedio de 125mg/L muestran una remoción del 40,75%. La presencia de Coliformes Termotolerantes con un promedio de 71x10<sup>6</sup> disminuyó un 75,5%, sin

embargo, es una concentración considerada muy elevada presente en el agua (Ver Anexo, pág. 229).

Tabla 19. *Análisis de parámetros del agua tratada por el reactor de lecho móvil a las 8 horas de tratamiento*

Parámetro	Unidad	Agua residual	Laboratorio 1	Laboratorio 2	Laboratorio 3	Promedio
Aceites y grasas	mg/L	2,7	<1,3	<1,3	<1,3	1,3
DBO <sub>5</sub>	mg/L	252,7	74	77	68	73,0
DQO	mg/L	373,8	149	158	135	147,3
pH	unidades	7,4	7,4	7,5	7,4	7,4
SST	mg/L	211	46	49	33	42,7
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	29x10 <sup>7</sup>	95x10 <sup>5</sup>	82x10 <sup>5</sup>	70x10 <sup>5</sup>	82x10 <sup>5</sup>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 19 describe los datos obtenidos del tratamiento del agua residual en el reactor de biopelícula de lecho móvil con 8 horas de tiempo de retención hidráulico. La remoción de aceites y grasas determinado fue <1,3mg/L, es decir, que la cantidad fue mucho menor a esa cifra dado que es el límite de detección en el laboratorio. Se removi6 entonces más del 50% de aceites y grasas. El DBO<sub>5</sub> analizado con un promedio de 73mg/L, demuestra que se removi6 un 71,11% del DBO<sub>5</sub> inicial presente en el agua y el DQO con un promedio de 147,3mg/L muestra una remoci6n del 60,6%. El pH del agua se mantuvo estable en 7,4. Los SST con un promedio de 42,7mg/L muestran una remoci6n del 79,76%. La presencia de Coliformes Termotolerantes con un promedio de 82x10<sup>5</sup> disminuy6 un 96,25%, a pesar de obtener una alta remoci6n en este parámetro, la concentraci6n presente aun es considerada elevada en el agua (Ver Anexo, pág. 259).

Tabla 20. *Análisis de parámetros del agua tratada por el reactor de lecho móvil a las 10 horas de tratamiento*

Parámetro	Unidad	Agua residual	Laboratorio 1	Laboratorio 2	Laboratorio 3	Promedio
Aceites y grasas	mg/L	2,7	<1,3	<1,3	<1,3	1,3
DBO <sub>5</sub>	mg/L	252,7	26	24	22	24,0
DQO	mg/L	373,8	90	85	81	85,3
pH	unidades	7,4	7,4	7,5	7,4	7,4
SST	mg/L	211	15	14	17	15,3
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	29x10 <sup>7</sup>	20x10 <sup>5</sup>	17x10 <sup>5</sup>	09x10 <sup>5</sup>	15x10 <sup>5</sup>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 20 describe los datos obtenidos del tratamiento del agua residual en el reactor de biopelícula de lecho móvil con 10 horas de tiempo de retención hidráulico. La remoción de aceites y grasas determinado fue <1,3mg/L, es decir, que la cantidad fue mucho menor a esa cifra dado que es el límite de detección en el laboratorio. Se removió entonces más del 50% de aceites y grasas. El DBO<sub>5</sub> analizado con un promedio de 24mg/L, demuestra que se removió un 90,5% del DBO<sub>5</sub> inicial presente en el agua y el DQO con un promedio de 85,3mg/L muestra una remoción del 77,18%. El pH del agua se mantuvo estable en 7,4. Los SST con un promedio de 15,3mg/L muestra una remoción del 92,74%. La presencia de Coliformes Termotolerantes con un promedio de 15x10<sup>5</sup> disminuyó un 99,3%. Sin embargo, la presencia de Coliformes Termotolerantes en un número de 1 500 000/100mL presente en el agua es considerado muy elevado. (Ver Anexo, pág. 289)

## 4.1.4. Análisis estadístico

Al tratarse de datos obtenidos bajo condiciones experimentales, es necesario un análisis estadístico para detectar y tener en cuenta posibles errores de medición ocasionados tanto por la toma de muestras como por los equipos empleados, ya que estos, por razones físicas puede alterar los resultados reales en proporciones moderadas. Para ello se halló la media, la desviación estándar y la prueba estadística de t de student para cada tiempo de retención hidráulico estudiado.

Tabla 21. Media y desviación típica para los distintos parámetros de estudio a las 6 horas de retención hidráulico y el agua residual sin tratamiento.

Parámetros	Procedencia	Número de réplicas	Media	Desviación típica	Error típico	Mínimo	Máximo
Aceites y grasas	Agua residual	3	2,6667	0,28868	0,16667	2,50	3,00
	Reactor	3	1,1333	0,11547	0,06667	1,00	1,20
DBO	Agua residual	3	252,6667	10,69268	6,17342	241,00	262,00
	Reactor	3	127,6667	2,51661	1,45297	125,00	130,00
DQO	Agua residual	3	373,8333	24,66948	14,24293	346,00	393,00
	Reactor	3	254,3333	9,07377	5,23874	246,00	264,00
pH	Agua residual	3	7,4333	0,05774	0,03333	7,40	7,50
	Reactor	3	7,4333	0,05774	0,03333	7,40	7,50
SST	Agua residual	3	211,0000	11,53256	6,65833	200,00	223,00
	Reactor	3	125,0000	5,56776	3,21455	119,00	130,00
Coliformes Termotolerantes	Agua residual	3	2,9000E8	7,54983E7	4,35890E7	2,10E8	3,60E8
	Reactor	3	7,1333E7	1,05987E7	6,11919E6	6,00E7	8,10E7
Temperatura	Agua residual	3	20,1000	0,34641	0,20000	19,90	20,50
	Reactor	3	21,0333	0,25166	0,14530	20,80	21,30

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. *Media y desviación típica para los distintos parámetros de estudio a las 8 horas de retención hidráulico y el agua residual sin tratamiento.*

Parámetros	Procedencia	Número de réplicas	Media	Desviación típica	Error típico	Mínimo	Máximo
Aceites y grasas	Agua residual	3	2,6667	0,28868	0,16667	2,50	3,00
	Reactor	3	1,1333	0,11547	0,06667	1,00	1,20
DBO	Agua residual	3	252,6667	10,69268	6,17342	241,00	262,00
	Reactor	3	73,0000	4,58258	2,64575	68,00	77,00
DQO	Agua residual	3	373,6667	24,58319	14,19311	346,00	393,00
	Reactor	3	147,3333	11,59023	6,69162	135,00	158,00
pH	Agua residual	3	7,4333	0,05774	0,03333	7,40	7,50
	Reactor	3	7,4333	0,05774	0,03333	7,40	7,50
SST	Agua residual	3	211,0000	11,53256	6,65833	200,00	223,00
	Reactor	3	42,6667	8,50490	4,91031	33,00	49,00
Coliformes	Agua residual	3	2,9000E8	7,54983E7	4,35890E7	2,10E8	3,60E8
Termotolerantes	Reactor	3	8,2333E6	1,25033E6	7,21880E5	7,00E6	9,50E6
Temperatura	Agua residual	3	20,1000	0,34641	0,20000	19,90	20,50
	Reactor	3	20,2333	0,40415	0,23333	19,80	20,60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. *Media y desviación típica para los distintos parámetros de estudio a las 10 horas de retención hidráulico y el agua residual sin tratamiento*

Parámetros	Procedencia	Número de réplicas	Media	Desviación típica	Error típico	Mínimo	Máximo
Aceites y grasas	Agua residual	3	2,6667	00,28868	0,16667	2,50	3,00
	Reactor	3	0,9000	0,10000	0,05774	0,80	1,00
DBO	Agua residual	3	252,6667	10,69268	6,17342	241,00	262,00
	Reactor	3	24,0000	2,00000	1,15470	22,00	26,00
DQO	Agua residual	3	373,6667	24,58319	14,19311	346,00	393,00
	Reactor	3	85,3333	4,50925	2,60342	81,00	90,00
pH	Agua residual	3	7,4333	0,05774	0,03333	7,40	7,50
	Reactor	3	7,4333	,05774	,03333	7,40	7,50
SST	Agua residual	3	211,0000	11,53256	6,65833	200,00	223,00
	Reactor	3	15,3333	1,52753	0,88192	14,00	17,00
Coliformes Termotolerantes	Agua residual	3	2,9000E8	7,54983E7	4,35890E7	2,10E8	3,60E8
	Reactor	3	1,5333E6	5,68624E5	3,28295E5	9,00E5	2,00E6
Temperatura	Agua residual	3	20,1000	0,34641	0,20000	19,90	20,50
	Reactor	3	20,0333	0,25166	0,14530	19,80	20,30

Fuente: Elaboración propia

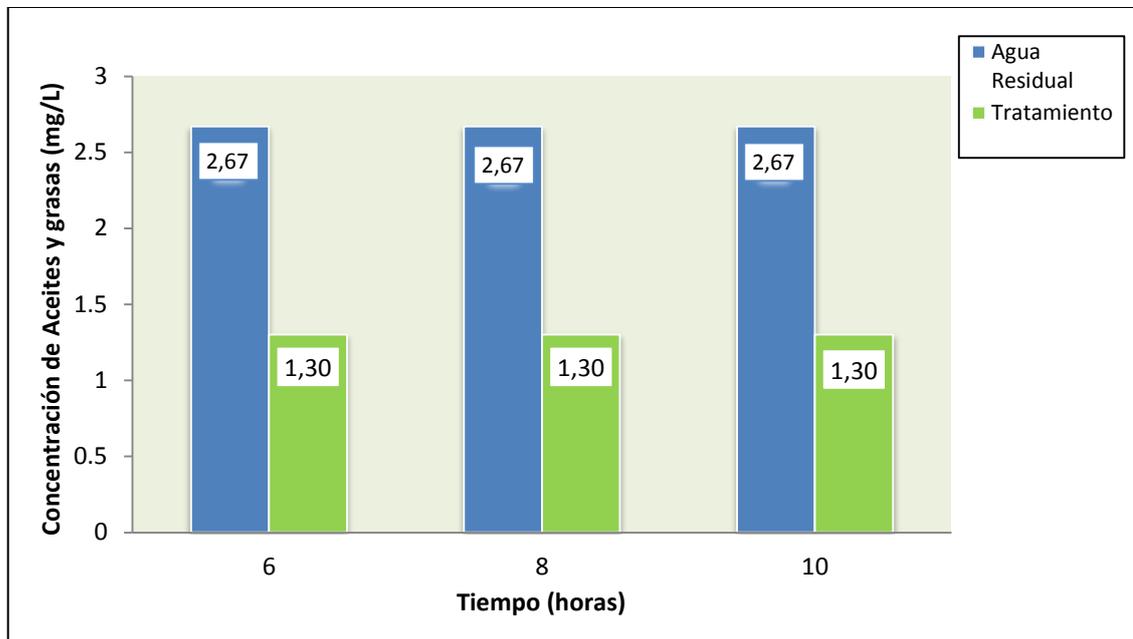
Tabla 24. *Evaluación de la concentración de aceites y grasas en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento*

Muestra	Evaluación de la concentración de aceites y grasas (mg/l)		
	6 horas	8 horas	10 horas
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$
Agua residual	2,67 ± 0,29	2,67±0,29	2.67±0.29
Reactor	1,30 ± 0.00	1.30±0.00	1,30±0,00
t de Studens	8,54	8,54	10,02
Significancia (p)	0,001(p<0,01)	0,001(p<0,01)	0,000...(p<0,01)

Fuente: Elaboración propia

La tabla 24 muestra los promedios y desviaciones estándar de la concentración de aceites y grasas en el reactor de biopelícula de lecho móvil, a las 6, 8 y 10 horas de tiempo de retención. También se muestra la prueba estadística t de student para los diferentes tiempos, los que indican diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) en la concentración de aceites y grasas en las evaluaciones realizadas.

Figura 46. Comparación de la concentración de aceites y grasas en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 46, se muestra las concentraciones de aceites y grasas en el reactor de biopelícula de lecho móvil a las 6; 8 y 10 horas de tratamiento con valores promedio de 1,30 mg/L en comparación con la concentración de 2,67mg/L del agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba.

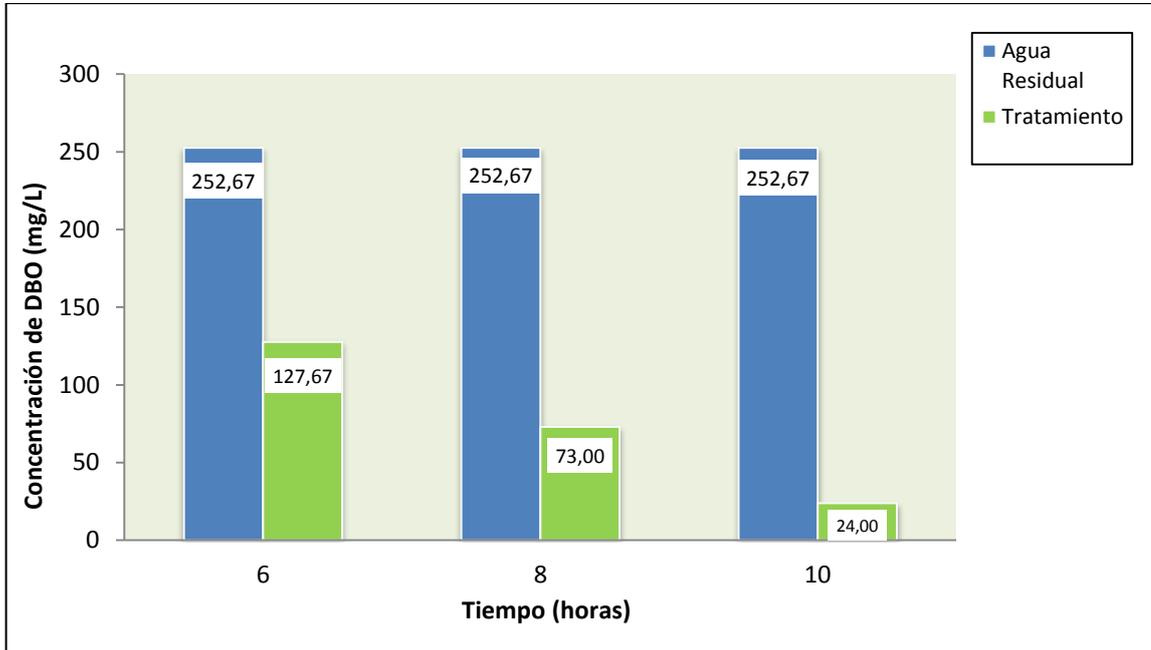
Tabla 25. *Evaluación de la concentración de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento*

Muestra	Evaluación de la concentración de DBO (mg/l)		
	6 horas	8 horas	10 horas
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$
Agua residual	252,67 ± 10,69	252,67±10,69	252,67±10,69
Reactor	127,67±2,52	73,00±4,58	24±2,00
t de student	19,71	26,75	36,41
Significancia (p)	0,000...(p<0,01)	0,000...(p<0,01)	0,000...(p<0,01)

Fuente: Elaboración propia

La tabla 25 muestra los promedios y desviaciones estándar de la concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el reactor biológico de lecho móvil, a las 6; 8 y 10 horas de tratamiento. También se muestra la prueba estadística t de student para los diferentes tiempos, los que indican diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) en la Demanda Bioquímica de Oxígeno en las evaluaciones realizadas.

Figura 47. Comparación de la concentración de DBO en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 47, se muestra la menor concentración de la DBO en el reactor de biopelícula de lecho móvil a las 10 horas de evaluación con un promedio de 24 mg/L en comparación del tratamiento a las 6 horas con 252,67mg/L y 8 horas con 73mg/L en el reactor y el agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Yrabamba con una concentración de 252,67mg/L.

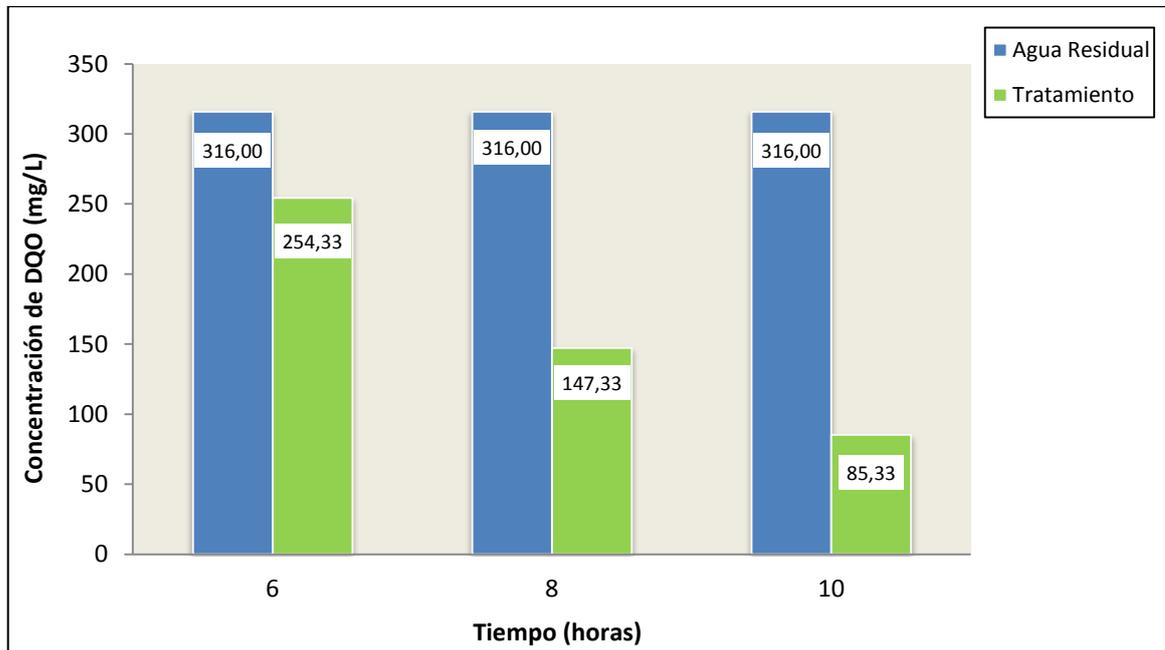
Tabla 26. *Evaluación de la concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento*

Muestra	Evaluación de la concentración de DQO (mg/l)		
	6 horas	8 horas	10 horas
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$
Agua residual	373,83 ± 24,67	373,83±24,67	373,83±24 ,67
Reactor	254,33±9,07	147,33±11,59	85,33±4,51
t de student	7,87	14,42	19,98
Significancia (p)	0,000...(p<0,01)	0,000...(p<0,01)	0,000...(p<0,01)

Fuente: Elaboración propia

La tabla 26 muestra los promedios y desviaciones estándar de la concentración de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el reactor de biopelícula de lecho móvil, a las 6; 8 y 10 horas de tratamiento. También se muestra la prueba estadística t de student para diferentes tiempos, los que indican diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) en la Demanda Química de Oxígeno en las evaluaciones realizadas.

Figura 48. Comparación de la concentración de DQO en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 48, se muestra la menor concentración de la DQO en el reactor de biopelícula de lecho móvil a las 10 horas de tratamiento con un promedio de 85,33 mg/L en comparación del tratamiento a las 6 horas con 254,33mg/L y 8 horas con 147,33m/L en el reactor y el agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba con una concentración de 316mg/L.

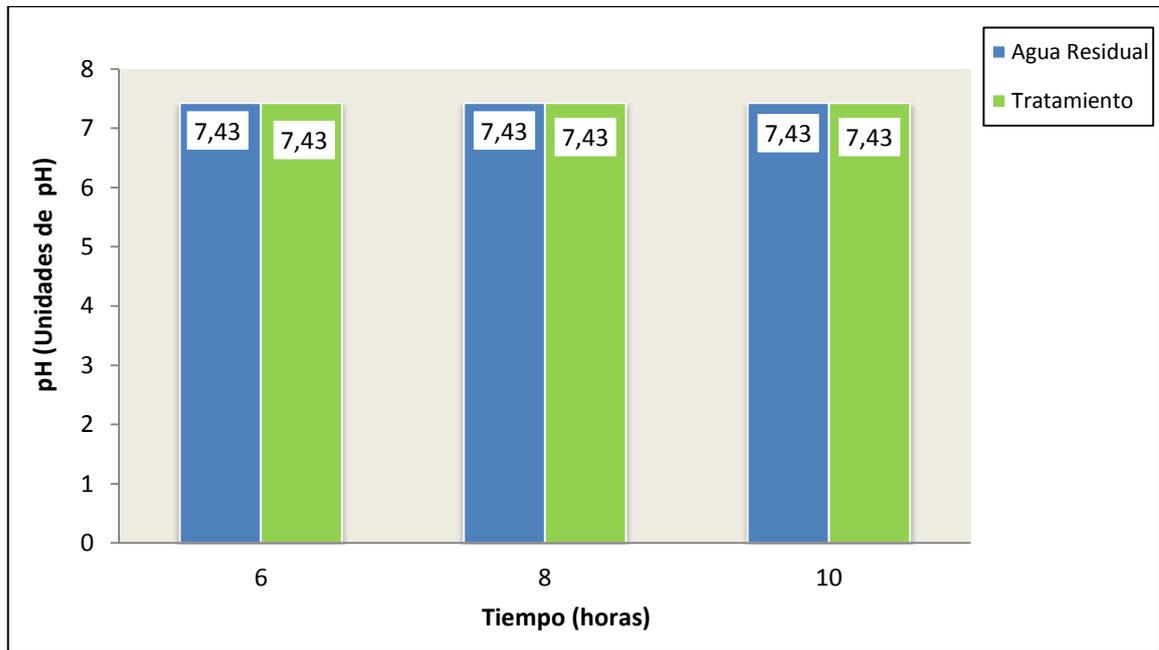
Tabla 27. *Evaluación del pH en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento*

Muestra	Evaluación del pH		
	6 horas	8 horas	10 horas
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$
Agua residual	7,43± 0,06	7,43±0,06	7,43±0,06
Reactor	7,43±0,06	7,43±0,06	7,43±0,06
t de student	0,00	0,00	0,00
Significancia (p)	1,00(p>0,05)	1,00(p>0,05)	1,00(p>0,05)

Fuente: Elaboración propia

La tabla 27 muestra los promedios y desviaciones estándar del pH en el reactor de biopelícula de lecho móvil, a las 6; 8 y 10 horas de tratamiento. También se muestra la prueba estadística t de student para diferentes tiempos, los que indican que no existen diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en el pH en las evaluaciones realizadas.

Figura 49. Comparación de la concentración pH en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 49, se muestra la comparación de pH del reactor de biopelícula de lecho móvil con un promedio de 7,43 tanto en los tratamientos de 6; 8 y 10 horas y el agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba.

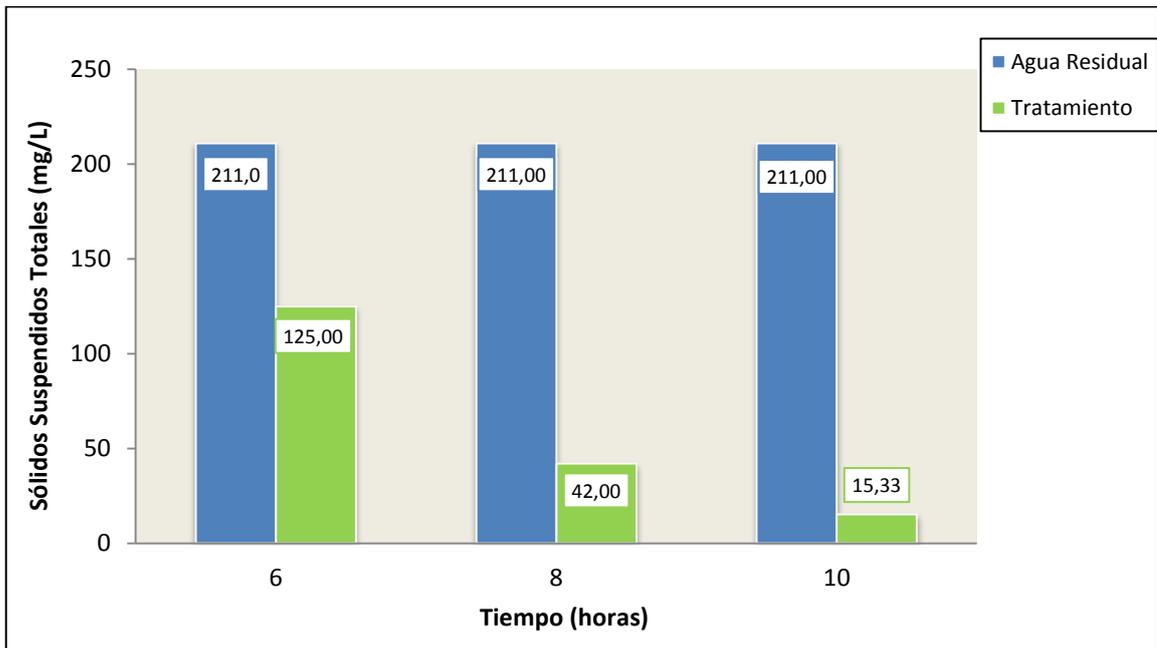
Tabla 28. *Evaluación de la concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento*

Muestra	Evaluación de la concentración de SST (mg/l)		
	6 horas	8 horas	10 horas
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$
Agua residual	211,00 ± 11,53	211,00±11,53	211,00±11,53
Reactor	125,00±5,57	42,00±8,50	15,33±1,53
t de student	11,63	6,46	6,62
Significancia (p)	0,000...(p<0,01)	0,000...(p<0,01)	0,000...(p<0,01)

Elaboración propia

La tabla 28 muestra los promedios y desviaciones estándar de la concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el reactor de biopelícula de lecho móvil, a las 6; 8 y 10 horas de evaluación. También se muestra la prueba estadística t de student para diferentes tiempos, los que indican diferencias altamente significativas (p<0,01) en los Sólidos Suspendidos Totales en las evaluaciones realizadas.

Figura 50. Comparación de la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 50, se muestra la menor concentración de la SST en el reactor de biopelícula de lecho móvil a las 10 horas de tratamiento con un promedio de 15,33 mg/L en comparación del tratamiento a las 6 horas con 125mg/L y 8 horas con 42mg/L en el reactor y el agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba con una concentración de 211mg/L.

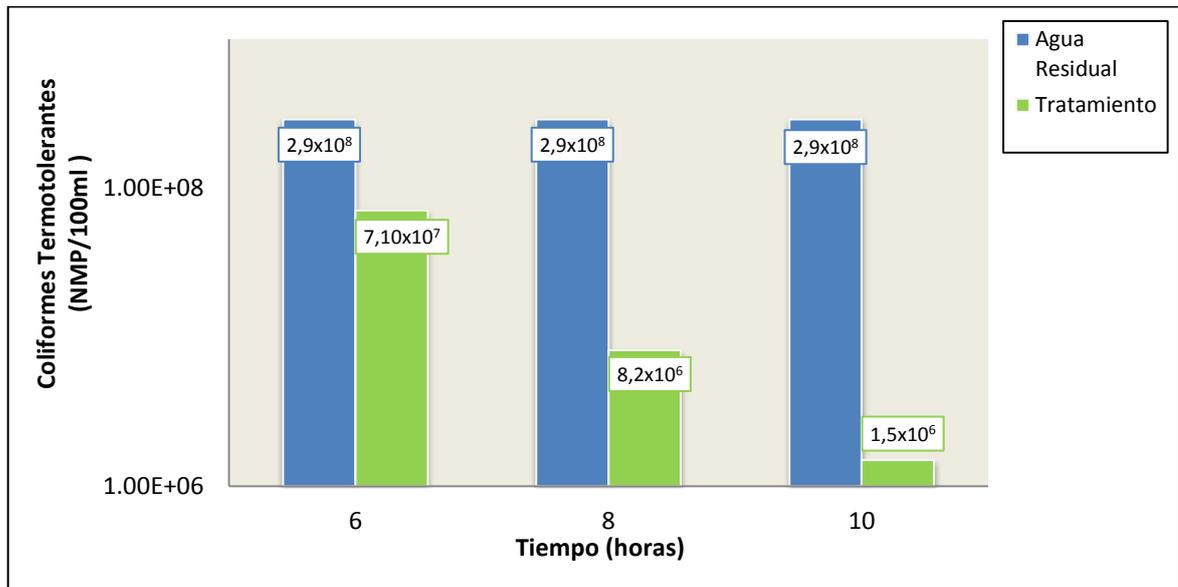
Tabla 29. *Evaluación de la concentración de Coliformes Termotolerantes en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento*

Evaluación de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)			
Muestra	6 horas	8 horas	10 horas
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$
Agua residual	290'000 000 $\pm$ 75'498 344	290'000 000 $\pm$ 75'498 344	290'000 000 $\pm$ 75'498 344
Reactor	71'333 333 $\pm$ 10'598 742	8'233 333 $\pm$ 1'250 333	1'533 333 $\pm$ 568 624
t de student	4,97	6,46	6,62
Significancia (p)	0,008(p<0,01)	0,003(p<0,01)	0,003(p<0,01)

Fuente: Elaboración propia

La tabla 29 muestra los promedios y desviaciones estándar de Coliformes Termotolerantes en el reactor de biopelícula de lecho móvil, a las 6; 8 y 10 horas de tratamiento. También se muestra la prueba estadística t de student para diferentes tiempos, los que indican diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) de Coliformes Termotolerantes en las evaluaciones realizadas.

Figura 51. Comparación de la concentración de Coliformes Termotolerantes en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 51, se muestra la menor concentración Coliformes Termotolerantes en el reactor de biopelícula de lecho móvil a las 10 horas de tratamiento con un promedio de  $1,5 \times 10^6$  NMP/100ml en comparación del tratamiento a las 6 horas con  $7,10 \times 10^7$  NMP/100ml y 8 horas con  $8,2 \times 10^6$  NMP/100ml en el reactor y el agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba con una concentración de  $2,9 \times 10^8$  NMP/100ml.

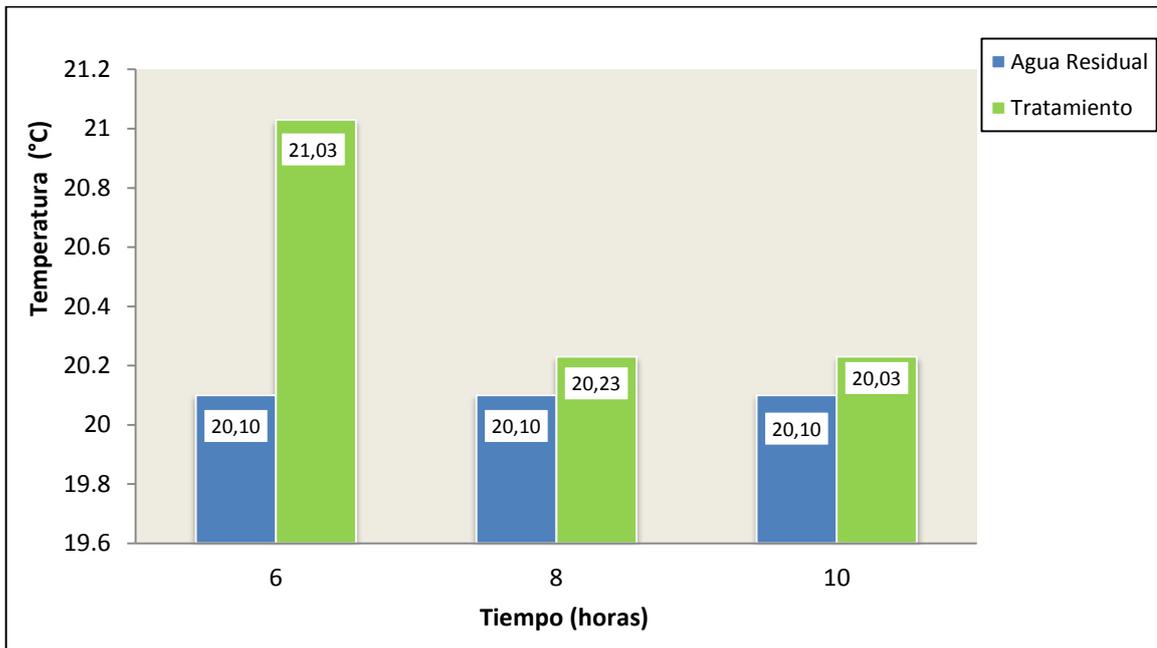
Tabla 30. *Evaluación de la temperatura en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento*

Muestra	Evaluación de temperatura (°C)		
	6 horas	8 horas	10 horas
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$
Agua residual	20,10 ± 0,35	20,10±0,35	20,10±0,35
Reactor	21,03±0,25	20,23±0,40	20,03±0,25
t de student	3,78	0,43	0,27
Significancia (p)	0,36(p<0,05)	0,000...(p<0,01)	0,000...(p<0,01)

Fuente: Elaboración propia

La tabla 30 muestra los promedios y desviaciones estándar de la Temperatura en el reactor de biopelícula de lecho móvil, a las 6, 8 y 10 horas de evaluación. También se muestra la prueba estadística t de student para los diferentes tiempos, los que indican que no existen diferencias significativas ( $P>0,05$ ) en la Temperatura en las evaluaciones realizadas.

Figura 52. Comparación de la temperatura en el reactor de biopelícula de lecho móvil para diferentes tiempos de tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 52, se muestra los valores de la temperatura en el reactor de biopelícula de lecho móvil con promedios entre 20,03 °C y 21,03 °C durante las 6, 8 y 10 horas de tratamiento.

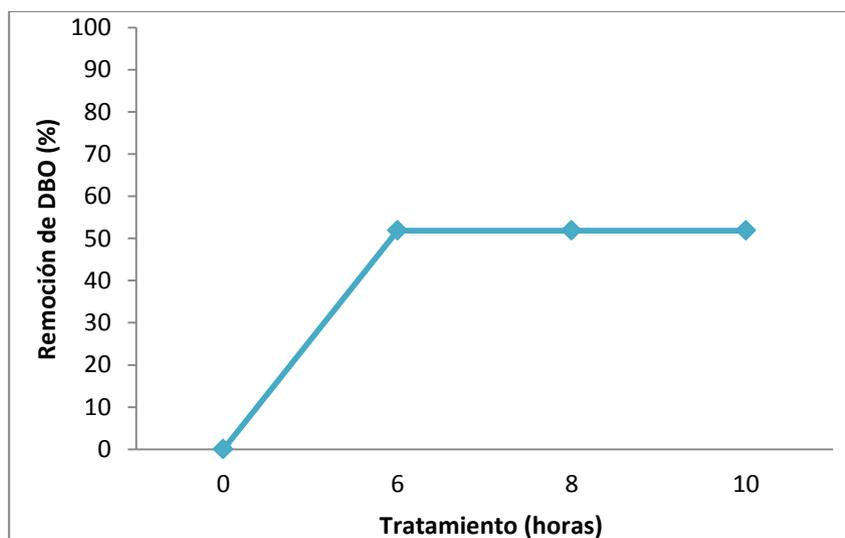
Tabla 31. *Concentración residual y remoción de aceites y grasas según el tiempo de retención hidráulico en el reactor de biopelícula de lecho móvil*

Tratamiento	Concentración residual de aceites y grasas (mg/L)	Remoción de aceites y grasas (%)	Diferencias de la remoción de aceites y grasas (mg/L)	Diferencias de la remoción de aceites y grasas (%)
0 horas	2,7	-	-	-
6 horas	<1,3	51,85	0	0
8 horas	<1,3	51,85	0	0
10 horas	<1,3	51,85	0	0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31, se muestra un porcentaje de remoción del 51,85% de aceites y grasas a las 6, 8 y 10 horas de tratamiento por efecto del reactor biológico de lecho móvil; sin embargo, este porcentaje puede ser mayor dado que las lecturas de los análisis demuestran una concentración menor a los 1,3 con lo cual se puede decir que la remoción de aceites y grasas fue mayor 51,85%. No existen diferencias de remoción significativas entre los diferentes tiempos de retención hidráulica (Ver figura 53).

Figura 53. *Porcentaje de remoción de Aceites y grasas según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil*



Fuente: Elaboración propia

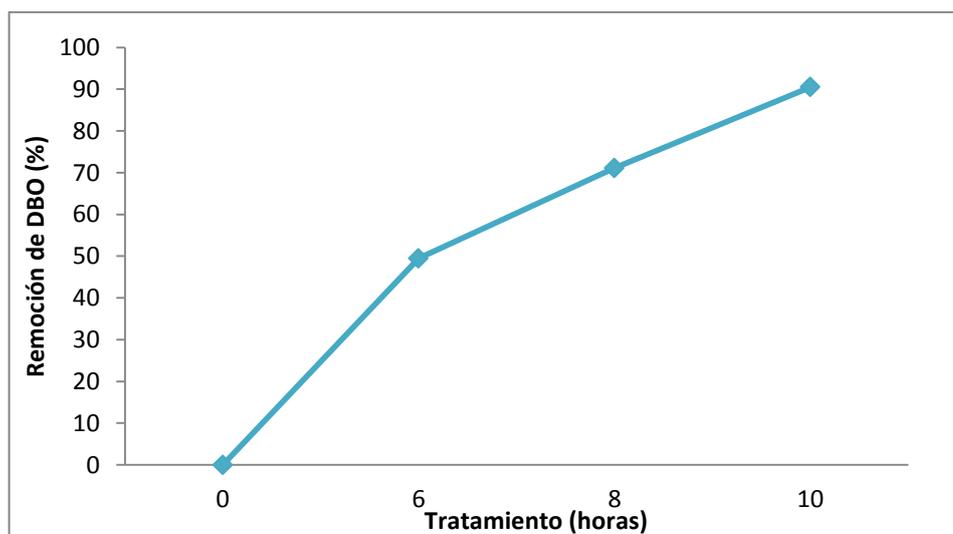
Tabla 32. Concentración residual y remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno según el tiempo de retención hidráulico en el reactor de biopelícula de lecho móvil

Tratamiento	Concentración residual de la DBO (mg/l)	Remoción de la DBO (%)	Diferencias de la remoción del DBO (mg/l)	Diferencias de la remoción de la DBO (%)
0 horas	252,67	-	-	-
6 horas	127,67	49,47	125,00	49,47
8 horas	73,00	71,11	54,67	21,64
10 horas	24,00	90,50	49,00	19,39

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 32, se muestra un porcentaje de remoción del 90,50% de la DBO a las 10 horas de evaluación por efecto del reactor biológico de lecho móvil. Las diferencias en la remoción de la DBO muestran que la máxima remoción se presentó a las 6 horas de evaluación con 49,47% de remoción (125 mg/L); mientras que a las 10 horas se presentó la mínima remoción con 19 % (49,00 mg/L). (Ver figura 54).

Figura 54. Porcentaje de remoción de DBO según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil



Fuente: Elaboración propia

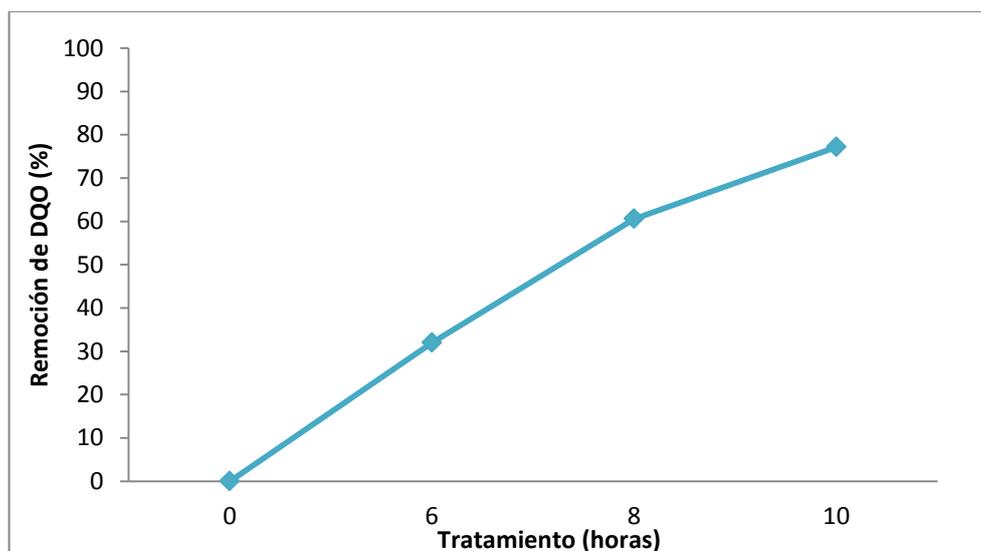
Tabla 33. *Concentración residual y remoción de la Demanda Química de Oxígeno según el tiempo de retención hidráulico en el reactor de biopelícula de lecho móvil*

Tratamiento	Concentración residual de la DQO (mg/L)	Remoción de la DQO (%)	Diferencias de la remoción del DQO (mg/L)	Diferencias de la remoción de la DQO (%)
0 horas	373,83	-	-	-
6 horas	254,33	31,97	110,50	31,97
8 horas	147,33	60,59	107,00	28,62
10 horas	85,33	77,17	62,00	16,58

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 33, se muestra un porcentaje de remoción del 77,17% de la DQO a las 10 horas de evaluación por efecto del reactor de biopelícula de lecho móvil. Las diferencias en la remoción de la DQO muestran que la máxima remoción se presentó a las 6 horas de evaluación con 31,97% de remoción (110 mg/L); mientras que a las 10 horas se presentó la mínima remoción con 16,58 % (62.00 mg/L). (Ver figura 55).

Figura 55. Porcentaje de remoción de DQO según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil



Fuente: Elaboración propia

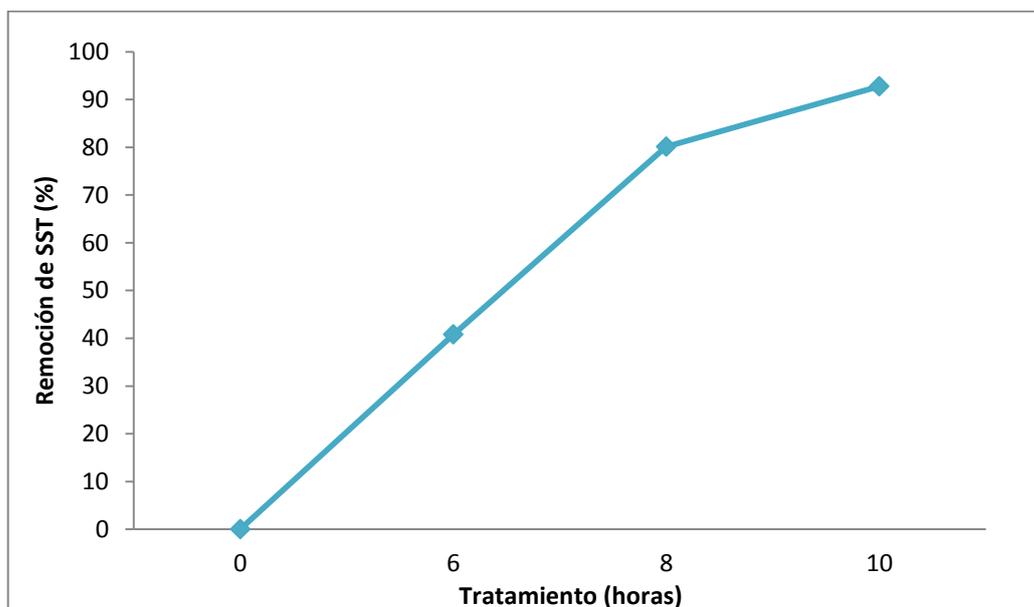
Tabla 34. *Concentración residual y remoción de los Sólidos Suspendedos Totales según el tiempo de retención hidráulico en el reactor de biopelícula de lecho móvil*

Tratamiento	Concentración residual de la SST (mg/L)	Remoción de la SST (%)	Diferencias de la remoción del SST (mg/L)	Diferencias de la remoción de la SST (%)
0 horas	211,00	-	-	-
6 horas	125,00	40,76	86,00	40,76
8 horas	42,00	80,09	83,00	39,33
10 horas	15,33	92,73	26,67	12,64

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 34, se muestra un porcentaje de remoción del 92,73% de la SST a las 10 horas de evaluación por efecto del reactor de biopelícula de lecho móvil. Las diferencias en la remoción de la SST muestran que la máxima remoción se presentó a las 6 horas de evaluación con 40,76% de remoción (86 mg/L); mientras que a las 10 horas se presentó la mínima remoción con 12,64% (26,67 mg/L). (Ver figura 56).

Figura 56. Porcentaje de remoción de SST según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil



Fuente: Elaboración propia

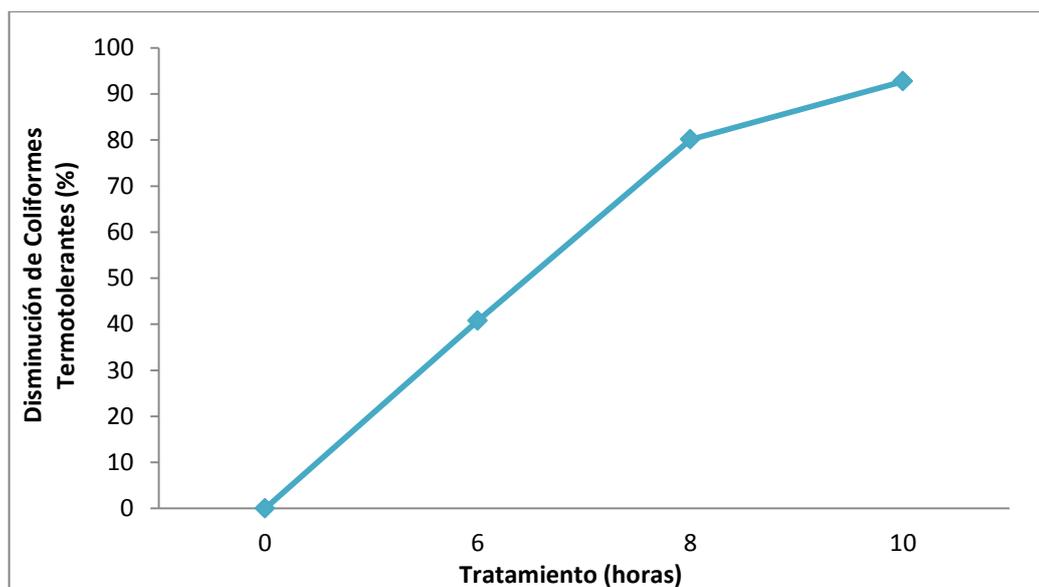
Tabla 35. Concentración residual y remoción de los Coliformes Termotolerantes según el tiempo de retención hidráulico en el reactor de biopelícula de lecho móvil

Tratamiento	Concentración de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	Disminución de Coliformes Termotolerantes (%)	Diferencias de la disminución de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	Diferencias de la disminución de Coliformes Termotolerantes (%)
0 horas	290'000 000	-	-	-
6 horas	71'333 333	75,0	218'666 667	75,40
8 horas	8'233 333	97,16	63'100 000	21,76
10 horas	1'533 333	99,47	67'00 000	2,31

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 35, se muestra un porcentaje de disminución del 99,47% de Coliformes Termotolerantes a las 10 horas de evaluación por efecto del reactor de biopelícula de lecho móvil. Las diferencias en la disminución de Coliformes Termotolerantes muestran que la máxima disminución se presentó a las 6 horas de tratamiento con 75,40% de disminución (218666667 NMP/100mL); mientras que a las 10 horas se presentó la mínima disminución con 2,31% (6700000 NMP/100mL). (Ver figura 57).

Figura 57. Disminución de Coliformes Termotolerantes según el tiempo de tratamiento en el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil



Fuente: Elaboración propia

## 4.1.5. Comparación con los Límites Máximos Permisibles

Tabla 36. *Comparación de los promedios de los análisis obtenidos de las aguas residuales del reactor de biopelícula de lecho móvil con los LMP del D.S. 003-2010 MINAM.*

Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permisible	Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil		
			6 horas	8 horas	10 horas
Aceites y grasas	mg/L	20	<1,3	<1,3	<1,3
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10 000	71'000 000	8'2000 000	1'500 000
DBO	mg/L	100	127,6	73	24
DQO	mg/L	200	254,3	147,3	85,3
pH	unidad	6,5-8,5	7,4	7,4	7,4
SST	mL/L	150	125	42,6	15
Temperatura	°C	<35	20	20	20

Fuente: Elaboración propia

La tabla 36 muestra los promedios de los análisis realizados a las diferentes horas de tratamiento seleccionadas y las concentraciones de los parámetros de los límites máximos permisibles del D.S. 003-2010 MINAM para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. Se observa que los parámetros de aceites y grasas, pH, Sólidos Suspendidos Totales y Temperatura se encuentran por debajo de los límites a partir de las 6 horas de tratamiento. Los parámetros de DBO y DQO se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles solo en los tratamientos de 8 y 10 horas. Sin embargo, los Coliformes Termotolerantes no alcanzan los límites máximos permisibles en ninguno de los tratamientos a las diferentes horas evaluadas.

## 4.2. Análisis económico

### Costo del reactor

En la tabla 37, se puede apreciar el detalle de los costos de fabricación del reactor de biopelícula de lecho móvil diseñado para la realización de la investigación, el cual tuvo un costo total de S/.404.86 soles.

Tabla 37. *Costos del diseño experimental del Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil*

N°	Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
1	Vidrio 0.5cm grosor	m <sup>2</sup>	0,66	S/. 45.00	S/. 29.70
2	Carriers	m <sup>3</sup>	0.015	S/. 656.00	S/. 9.84
3	Bombas de agua	unidad	2	S/. 15.00	S/. 30.00
4	Compresor de aire	unidad	1	S/. 58.92	S/. 58.92
5	Mangueras	m	10	S/. 0.50	S/. 5.00
6	Difusores de aire	unidad	4	S/. 12.00	S/. 48.00
7	Llaves de paso pequeñas	unidad	6	S/. 0.50	S/. 3.00
8	Tecnopor 2"	plancha	1	S/. 11.50	S/. 11.50
9	Cartulina	pliego	3	S/. 0.50	S/. 1.50
10	Plástico Burbuja	m	2	S/. 5.00	S/. 10.00
11	Malla metálica	m	0.21	S/. 40.00	S/. 8.40
12	Papel filtro	hoja	4	S/. 1.00	S/. 4.00
13	Llave de paso	unidad	1	S/. 3.00	S/. 3.00
14	Silicona de vidrio	unidad	2	S/. 8.00	S/. 16.00
15	Moldimix	unidad	1	S/. 6.00	S/. 6.00
16	Mano de Obra	horas	20	S/. 8.00	S/. 160.00
TOTAL					S/. 404.86

Fuente: Elaboración propia

### Costo del Tratamiento

Se calculó en base al consumo energético del compresor de aire por el tiempo necesario para cada tratamiento.

En la ciudad de Arequipa, para un consumo menor a 30 kilovatios por hora (kWh), su facturación se reduce en S/.0.57 céntimos de sol aproximadamente. Esto generalmente se aplica para los usuarios domiciliarios o residenciales. Para un consumo entre 31 y 100 kWh, tomando de ejemplo un uso de 80 kWh, el costo es de S/ 1.86. Esto es lo que gastan los usuarios comerciales. Finalmente para consumos mayores a 100 kWh, en este caso 150 kWh, el costo es de S/.3.93, con lo que los usuarios industriales son los más beneficiados con la reducción (República, 2017). La tabla 38 resume la información procesada.

Tabla 38. *Costo del tratamiento del diseño experimental del Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil*

Tratamiento en horas	Consumo energético del compresor	Consumo energético por tratamiento	Volumen de agua tratada	Energía consumida por litro de agua.	Costo de energía por KW	Costo energía por litro de agua
6 horas	35 W/h	210 W/h	7.11L	29.67W	s/.0.57	s/.0.016
8 horas	35 W/h	280W/h	7.11L	39.38W	s/.0.57	s/.0.022
10 horas	35 W/h	350W/h	7.11L	49.22W	s/.0.57	s/.0.028

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se puede decir tratar un litro de agua en el reactor de biopelícula de lecho móvil tiene un costo promedio de S/.0, 22 céntimos aplicando un tratamiento de 8 horas.

### Estimación de Costos

Se estimó el costo de la construcción y operación de un reactor de biopelícula de lecho móvil de cemento de  $10\text{m}^3$  de volumen de capacidad para una población de 1 000 habitantes, con una tasa de crecimiento demográfico de 1,3% y un consumo de agua promedio de 163L habitante. En las tablas 39, 40, 41 y 42 se detallan los costos estimados.

Tabla 39. *Estimación de costos de construcción de un Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil de cemento para 1 000 habitantes*

Actividad	Cantidad	Longitud	Ancho	Alto	Volumen		Costo unitario	Costo total
Limpeza de terreno					12.00	m <sup>2</sup>	S/3.65	S/43.80
Limpeza manual	1	6.00	2.00	-	12.00	12.00 m <sup>2</sup>		
Trazo y replanteo					12.00	m <sup>2</sup>	S/2.07	S/24.84
Trazo y replanteo	1	6.00	2.00	-	12.00	12.00 m <sup>2</sup>		
Movimiento de tierra					39.00	m <sup>3</sup>	S/9.03	S/352.17
Excavación	1	6.00	2.00	3.25	39.00	39.00 m <sup>3</sup>		
Concreto					15.75	m <sup>3</sup>	S/281.25	S/4 429.69
Losa	1	6.00	2.00	0.25	3.00			
Muro longitudinal	2	6.00	0.25	3.00	9.00			
Muro transversal	4	1.25	0.25	3.00	3.75	15.75 m <sup>3</sup>		
Acero						386.91 Kg	S/4.71	S/1 822.37
	Diámetro	Cantidad	Longitud	Kg/m	Peso			
Losa								
Longitudinal	1/2"	10	6.15	0.994	61.13			
Transversal	1/2"	29	2.15	0.994	61.98	123.11 Kg		
Muro longitudinal								
Acero vertical	1/2"	29	3.40	0.994	98.01			
Acero horizontal	1/2"	16	6.15	0.994	97.81	195.82 Kg		
Muro transversal								
Acero vertical	1/2"	10	3.40	0.994	33.80			
Acero horizontal	1/2"	16	2.15	0.994	34.19	67.99 Kg		
Encofrados						57.00 m <sup>2</sup>	S/61.14	S/3 484.98
		Cantidad	Ancho	Alto	Área			
Muro transversal		6	1.50	3.00	27.00			
Muro longitudinal		4	2.00	3.00	24.00			
		2	1.00	3.00	6.00	57.00 m <sup>2</sup>		
<b>TOTAL</b>								<b>S/10 157.84</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. *Estimación de costos de equipos y sistema de aireación de un Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil de cemento para 1 000 habitantes*

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Bombas de aireación	Unidad	4	S/.1 000.00	S/.4 000.00
Tuberías 2"	Unidad	30	S/. 5.00	S/.150.00
Tuberías 4"	Unidad	10	S/.10.00	S/.100.00
Carriers	m3	6	S/. 656.00	S/.3 936.00
			<b>TOTAL</b>	<b>S/. 8 186.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. *Estimación de gastos generales de un Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil de cemento para 1 000 habitantes*

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Mano de obra	Unidad	6	S/.1 000.00	S/.6 000.00
Equipos de protección personal	Unidad	6	S/. 150.00	S/.900.00
Conexión a luz	Unidad	-	S/. 250	S/.250.00
Transporte	Unidad	-	S/.1000.00	S/.1000.00
Letreros	Unidad	4	S/. 50.00	S/.200.00
			<b>TOTAL</b>	<b>S/. 8350.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. *Estimación del costo total de construcción de un Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil de cemento para 1 000 habitantes*

Costos	Total en soles
Costo directo	S/18 343.84
Gastos generales	S/8 350.00
Utilidades	S/1 834.38
Subtotal	S/23 847.00
Impuestos	S/4 292.46
<b>TOTAL</b>	<b>S/56 667.68</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. *Estimación de la operación y mantenimiento anual del Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil de cemento para 1 000 habitantes*

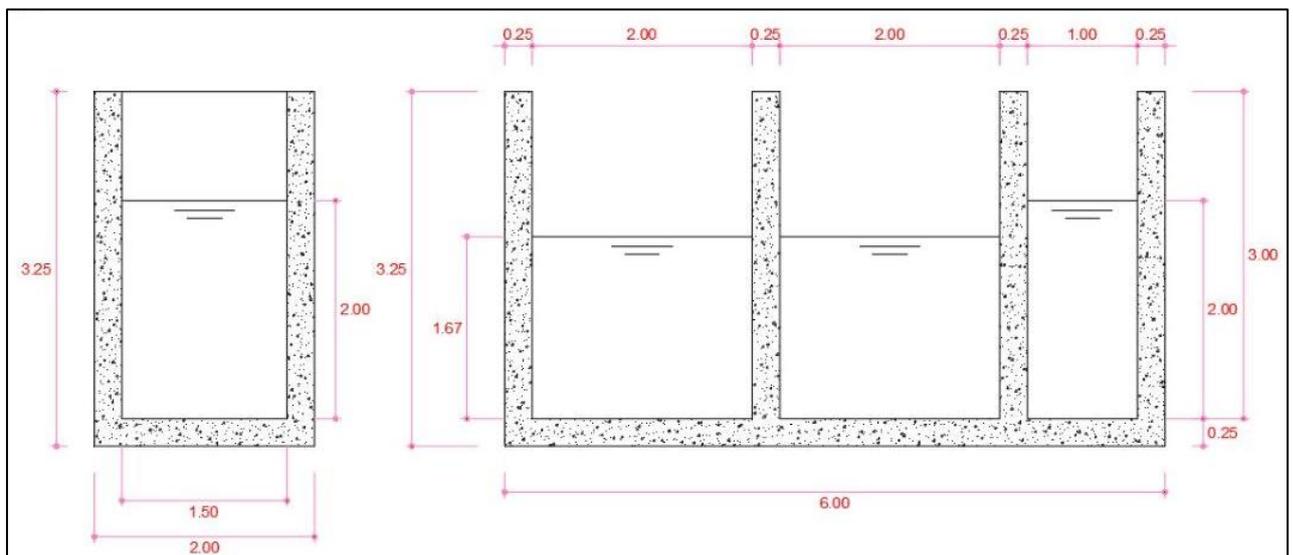
Descripción	Costo Mensual	Costo Anual
Bombas de aireación	S/.56.59	S/.679.08
Mantenimiento de Bombas	-	S/.300.00
Limpieza del reactor	S/.280.00	S/.3 360.00
Operario	S/.900.00	S/.10 800.59
	TOTAL	S/.15 139.67

Fuente: Elaboración propia

El costo de operación y mantenimiento dependerán del personal del que se disponga para realizar las actividades de limpieza, mantenimiento del equipo, entre otros.

De las tablas anteriores, podemos decir que el costo total de la construcción de un reactor de biopelícula de lecho móvil se estima en S/.56 667.46 soles; mientras que el costo de operación y mantenimiento se estima en S/.15 139.67 soles anuales.

Figura 58. Dimensionamiento de un Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil de cemento para 1 000 habitantes.



Fuente: Elaboración propia.

En el mercado, el costo de un módulo de 10m<sup>3</sup> de volumen tiene un costo aproximado de \$300 000 dólares americanos; es decir, S/.984 000 soles, llegando casi al millón, dado que se importan y son de operación automática.

Figura 59. Módulo de Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil americano



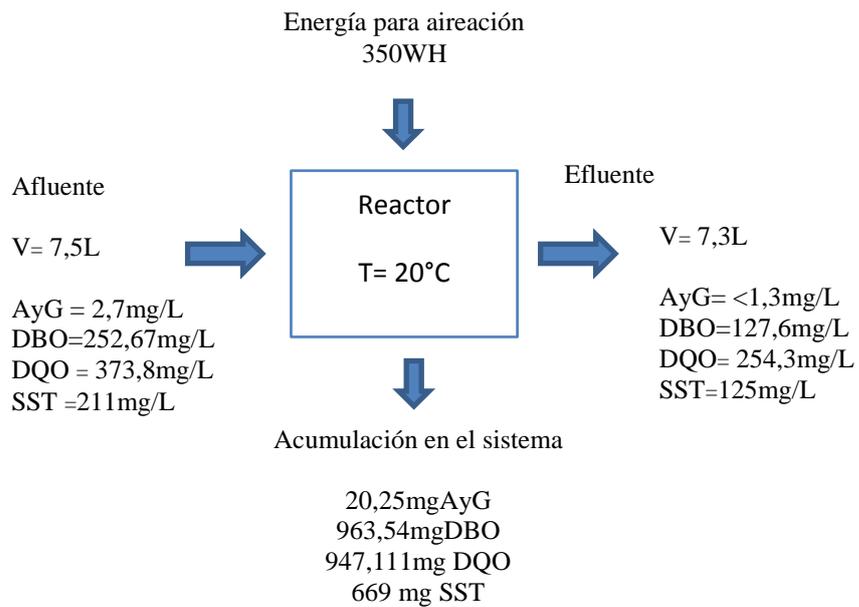
Fuente: Biocell-tech

**4.3. Balance de materia**

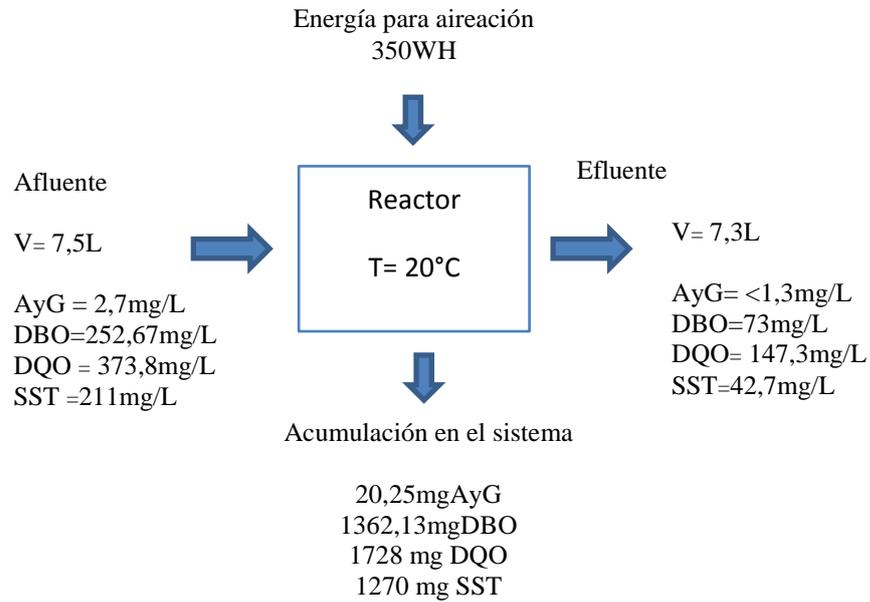
Para el cálculo de balance de masa de aplicó la fórmula:

$$\text{Acumulación dentro del sistema} = \text{Entradas} - \text{Salidas}$$

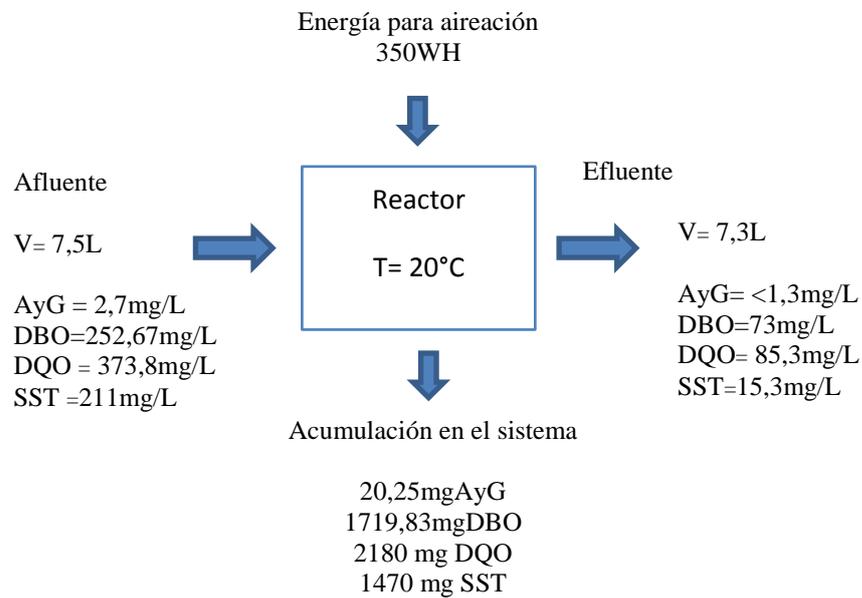
En 6 horas de tratamiento:



En 8 horas de tratamiento:



En 10 horas de tratamiento:



Como se observa en los balances de materia para cada tiempo de retención aplicado, existe una acumulación en el sistema de los diferentes contaminantes y materia orgánica proporcional al tiempo empleado; es decir, a mayor tiempo de retención mayor acumulación en el sistema. Además, en comparación con otros sistemas aerobios, este

reactor de biopelícula de lecho móvil produjo menor cantidad de lodos, los cuales pueden ser removidos con llaves de salida dentro de los reactores.

#### 4.4. Discusión de resultados

El periodo de crecimiento de la biopelícula y la estabilización del reactor tomó 60 días, diferente al reportado por Mendoza & Rodríguez (2016) quienes tomaron 30 días. Esto se debe a que las bajas temperaturas registradas al inicio del experimento influyeron en el desarrollo y metabolismo de los microorganismos. Al corregirse la temperatura entre los 19-20°C, se obtuvo un mayor crecimiento bacteriano y desarrollo de la biopelícula, alcanzando la estabilizada requerida en el reactor.

El material de soporte utilizado para el estudio fue exitoso para la fijación de la biomasa. Sin embargo, un 5% de carriers no alcanzaron a ser cubiertos al desarrollar totalmente la biopelícula en su interior debido a que no recirculaban por toda la cámara.

En la fase de operación, se muestra la remoción de aceites y grasas en un 99,99%, de 2,7 mg/L a < 3 mg/L en todos los de 6, 8 y 10 horas; similar al reportado por Mendoza & Rodríguez (2016) que obtuvieron una remoción de 96% de 25mg/L a <1mg/L a las 2 horas con 75 minutos de tratamiento.

La remoción de la DBO fue de un 49% en el tratamiento de 6 horas, 71% en el tratamiento de 8 horas y 90,5% en el tratamiento de 10 horas; diferente al reportado por Mendoza & Rodríguez (2016) que obtuvieron una remoción de 92,69% en un tiempo de 2,75 horas de tratamiento.

La remoción de la DQO fue de un 31,97% en el tratamiento de 6 horas, 60,59% en el tratamiento de 8 horas y 77,17% en el tratamiento de 10 horas; diferente al reportado por Mendoza & Rodríguez (2016) que obtuvieron una remoción de 88,86% en un tiempo de 2,75 horas de tratamiento.

La remoción de la SST fue de un 40,76% en el tratamiento de 6 horas, 80,09% en el tratamiento de 8 horas y 92,73% en el tratamiento de 10 horas; diferente al reportado por

Mendoza & Rodríguez (2016) que obtuvieron una remoción de 96,13% en un tiempo de 2,75 horas de tratamiento.

La remoción de Coliformes Termotolerantes fue de un 75,40% en el tratamiento de 6 horas, 97,16% en el tratamiento de 8 horas y 99,47% en el tratamiento de 10 horas; muy similar al reportado por Mendoza & Rodríguez (2016) que obtuvieron una remoción de 99,99% en un tiempo de 2,75 horas de tratamiento.

Existen diferencias significativas en la disminución de carga orgánica en los diferentes tratamientos, presentándose en el tratamiento de 6 horas la mayor disminución de contaminantes con un promedio de 49,40%. A las 8 horas de tratamiento, se logra reducir un 27,83% restante de la carga orgánica y a las 10 horas, se logra disminuir solamente un 12,73% de la carga orgánica restante. Esto se debe a que el agua contenía cada vez menos carga orgánica en el agua residual conforme pasaba más tiempo en el reactor. Ello significa que la eficiencia de remoción del reactor de biopelícula de lecho móvil disminuye a mayor tiempo de retención hidráulico.

La formación de lodos en el reactor biopelícula de lecho móvil observado fue mínima por lo que no afectó de manera significativa los resultados en los análisis de los parámetros y el volumen de salida de agua.

El reactor de biopelícula de lecho móvil, al igual que los diferentes sistemas de tratamiento biológico, se vio afectado por las variaciones de temperatura, retrasando el crecimiento bacteriano y el desarrollo de la biopelícula en los carriers.

#### 4.5. Contrastación de Hipótesis

El reactor de biopelícula de lecho móvil diseñado desempeña efectivamente un tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas tratadas.

La caracterización de las aguas residuales confirma que el tipo de agua a tratar sí se encuentra dentro de los parámetros a considerar para un agua residual doméstica.

El diseño del reactor de biopelícula de lecho móvil ciertamente empleó los parámetros señalados.

El reactor de biopelícula de lecho móvil ciertamente removió los contaminantes del efluente tratado en concentraciones diferentes en cada tratamiento aplicado.

El agua tratada por el reactor de biopelícula de lecho móvil cumple parcialmente con los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2010 MINAM.

## CONCLUSIONES

PRIMERA: El diseño del reactor de biopelícula de lecho móvil propuesto cumplió con el tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas del distrito de Yarabamba.

SEGUNDA: La caracterización del agua residual de la trampa de grasas de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba indica que se trata de un agua residual doméstica de concentración media con 2,7mg/L de aceites y grasas; 252,7mg/L de DBO; 373mg/L de DQO; 211 mg/L de SST;  $29 \times 10^7$  NMP/100ml de Coliformes Termotolerantes, pH de 7.4 y una temperatura promedio de 20°C.

TERCERA: El reactor de biopelícula de lecho móvil empleó los parámetros de diseño de tiempo de retención hidráulico de 6h, velocidad de carga orgánica de 6,23g/Lh, volumen de agua total de 15L; volumen de carriers de 50%, oxígeno requerido real de 1748,35mg/h, transferencia de oxígeno a condiciones estándar de 1 721,88mg/h y flujo total de aire requerido de 12,77L/min para su funcionamiento.

CUARTA: El reactor removió los contaminantes del agua residual obteniendo los mejores resultados a las 10 horas de retención hidráulica, removiendo el 99,99% de aceites y grasas, 90,5% de DBO; 77,17% de DQO; 99,47% de SST y 99,47% de Coliformes Termotolerantes.

QUINTA: El agua residual tratada con un tiempo de retención hidráulica de 8 horas, presenta ya los parámetros de aceites y grasas, DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, pH y temperatura dentro de los Límites Máximos Permisibles del D.S. 003-2010 del MINAM, a excepción del parámetro de Coliformes Termotolerantes.

## RECOMENDACIONES

PRIMERA: Al ser un diseño experimental, los valores pueden variar según la zona geográfica y las condiciones de seguimiento y operación.

SEGUNDA: Para garantizar el suministro continuo de oxígeno y evitar el sobre calentamiento del equipo, es necesario tener un duplicado del equipo y un sistema de corriente auxiliar en casos de fallos prolongados del sistema eléctrico público.

TERCERA: Automatizar la entrada y salida de agua en el reactor alimentado por una fuente constante de agua residual y tener en cuenta las diferencias de presión de entrada y salida del reactor, para evitar que el agua residual se devuelva a la unidad anterior, en tal caso se puede colocar una válvula Check para evitar este fenómeno.

CUARTA: Para la extracción de lodos, se recomienda tener en cuenta un sistema de purga en las cámaras del reactor y la implementación un sedimentador secundario.

QUINTA: Evaluar la eficiencia del reactor de biopelícula de lecho móvil, variando la cantidad de carriers y de oxígeno suministrado, debido a que son parámetros de gran importancia para el crecimiento y metabolismo aerobio del microorganismo, y su variación puede aumentar o disminuir la eficiencia.

SEXTA: Implementar un sistema de biopelículas de lecho móvil variando el tipo de soportes plásticos, debido a que la morfometría de los soportes condiciona la manera y velocidad de formación de biopelícula; además, la adquisición de estos carriers tiene un costo elevado y deben ser importados.

SÉPTIMA: Mejorar el sistema de aireación y de dispersión de las burbujas de aire en todo el reactor y controlar la salida de este con una válvula general.

OCTAVA: Evaluar la eficiencia del reactor para remover nutrientes con cargas orgánicas más altas y de origen industrial.

NOVENA: Mantener condiciones neutras de pH (6,5-7,5) y de temperatura (18-20°C) para garantizar el crecimiento de poblaciones microbianas, buscando así un funcionamiento estable y eficiente.

DÉCIMA: Aplicar tiempos de retención hidráulicos no muy elevados con el fin de reducir los costos de operación, manteniendo valores de remoción satisfactorios y con la finalidad de cumplir con la norma.

UNDÉCIMA: Se recomienda aplicar un tratamiento secundario de tipo aerobio con carriers en la Planta de tratamiento de aguas residuales de Yarabamba, implementar un tratamiento terciario con desinfección por cloro para disminuir la presencia de Coliformes Termotolerantes y comparar el análisis del efluente tratado con los Estándares de Calidad Ambiental para agua Categoría 3: Riego de vegetales.

## Bibliografía

- Alvarez Cruz, N. S., & Bagué Serrano, A. J. (2012). El Tratamiento de aguas residuales. Alemania: Editororial Académica Española.
- Ambrosio, J. (2000). Reducción simultanea de DBO Carbonacea, NH<sub>4</sub> y desnitrificación en un reacto biopelícula. Buenos Aires: Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente.
- Andreottola, G., Foladori, R., Ragazzi, M., & Tatàno, F. (Mayo de 2000). Experimental comparison between MBBR and activated sludge system for the treatment of municipal wastewater. Trento, Italia: Water Science & Technology.
- APCO ATLANTIC S.L. (21 de 08 de 2014). aguasresiduales.info. Recuperado el 10 de 09 de 2017, de <https://www.aguasresiduales.info/revista/reportajes/nuevos-medios-portantes-para-tecnologia-mbbr-mas-rendimiento-y-respeto-medioambiental>
- Baecheler, J., Zambrano, E., & Urrutia, H. (2001). Estudio de la cinética de crecimiento de biopelículas bacterianas aplicadas en el tratamiento de riles. XIV Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS. Santiago.
- Cohen, Y. (12 de Mayo de 2001). Biofiltration - the treatment on fluid by microorganism immobilized into the filter bedding material. *Bioresource Technology*, 257-274.
- Comisión Nacional del Agua. (2016). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Alternativas Tecnológicas de tratamiento de Aguas Residuales para la recarga artificialde acuíferos (Vol. 38). México D.F., México: Comisión Nacional del Agua.
- Comsa Corporación. (Junio de 2013). Plantas de Tratamiento de aguas Residuales. Tratamiento Biológicos. Barcelona, España.
- Crities, R., & Tchobanoglous, G. (2000). Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados (Vol. Tomo 1). Santafé de Bogotá, Colombia: Mc Graw-Hill Interamericana S.A.
- Cuoto, S., & Toca, J. (2006). Industrial and Biotechnological application of lacasses. A review. *Biotechnology Advances*, 500-513.
- Díaz-Báez, M., Espitia, S., & Molina, F. (2002). Digestión Anaerobia una Aproximación a la Tecnología. Bogotá, Colombia: UNIBIBLIOS.
- Dominguez, J., & Castaño, E. (2016). Diseño de experimentos. Estrategias y análisis en ciencias e ingeniería. México: Alfaomega Grupo Editor.
- ECOHOUSES. (6 de Octubre de 2014). ECOHOUSES. Recuperado el 02 de Diciembre de 2017, de <http://www.ecohouses.es/que-es-el-aislamiento-termico/>

- Eddy, Metcalf. (1981). Tratamiento y depuración de aguas residuales. Boston, Estados Unidos: Editorial Labor S.A.
- Espigares García, M., & Pérez López, J. A. (1999). Estudio Sanitario del Agua (2 ed.). Granada, España: Universidad de Granada.
- Gonzales Barceló, Ó., Gonzales Martinez, S., & Maldonado Orozco, L. E. (2002). Tratamiento de agua residual municipal utilizando biopelículas en suspensión. México D.F., México.
- Hernández, A. (2015). Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales (2da edición ed.). Madrid: Ibergarceta Publicaciones S.L.
- Judd, S., & Judd, C. (2011). The MBR Book. Principles and Applications of Membrane Bioreactors for Water and Wastewater Treatment (Second ed.). Oxford, United Kingdom: IWA Publishing.
- Kourkoutas, Y. B. (2004). Immobilization technologies and support materials suitable in alcohol beverages production: a review. *Food Microbiology*, 377-397.
- Lapo, B., Muñoz, M., Pozo, M., & Ayala, H. (22 de Octubre de 2014). PET y PP usado como medios de crecimiento de biopelículas fija aplicada al tratamiento aerobio de aguas residuales domésticas. Machala, Ecuador.
- Lazo, B. J. (15 de 12 de 2016). Planta de Tratamiento de aguas residuales de Yarabamba. (K. Q. López, Entrevistador)
- Madigan, M., Martinko, J., & Parker, J. (1996). Brock biology of microorganisms (8va ed.). Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall.
- McQuarrie, J., & Boltz, J. (Junio de 2011). oving bed biofilm reactor technology: process. *Water Environ Research*, 83(6), 560-75.
- Mendoza Burguete, M. Y., & Rodriguez Morales, J. A. (24 de Julio de 2016). Reactor Aerobio con medio de soporte fijo utilizando botellas de PET. Querétaro, México.
- Metcalf & Eddy. (1995). Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización (Tercera Edición ed., Vol. I). España: McGraw-Hill.
- MINAM. (7 de Junio de 2017). Esándares de Calidad Ambiental para Agua. Lima, Perú: Diario Oficial El Peruano.
- Negroni, M. (2009). Microbiología Estomatológica: Fundamentos y Guía práctica (2da ed.). Buenos Aires: Panamericana.
- Noyola, A., Morgan-Sagastume, J. M., & Güereca, L. P. (2013). Selección de Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas (Primera Edición 2013 ed.). México: Universidad Autónoma de México.

- NyF Ingenieria en Aguas S.A.S. (s.f.). Plantas MBBR (Lecho Movil - Lecho fluidizado). Recuperado el 22 de 06 de 2017, de <https://www.nyfdecolombia.com/plantas/plantas-mbbr>
- Ødegaard, H. (2000). *Advance Compact Wastewater Treatment Based On Coagulation And Moving Bed Biofillm Process* (Vol. 42). Trondheim, Noruega: IWA Publishing.
- Ødegaard, H. (23 de Diciembre de 2005). *The development of a biofilm membrane bioreactor*. Trondheim, Noruega: Elsevier.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA. (Abril de 2014). *Fiscalización Ambiental en Agua Residuales*. Lima, Perú: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú.
- Orozco Jaramillo, Á. (2014). *Bioingeniería de aguas residuales. Teoria y Diseño* (Segunda, 2014 ed.). Asociación Colombiana de Ingenieria Sanitaria y Ambiental. Acodal.
- República, L. (7 de Mayo de 2017). Desde este mes rige reducción de tarifas eléctricas en Arequipa. *La República*, pág. 1.
- Revilla Salas, M. (Setiembre de 2017). *Analisis y modelado de un proceso bas (biofilm activated sludge)*. Tesis Doctoral. Santander, España.
- Robinson, P., Mark, A., & Trevan, M. (1986). Immobilized algae: a review. *Process Biochem*, 122-126.
- Rojas, J. J. (2010). *civilgeeks.com*. Recuperado el 01 de 09 de 2017, de [civilgeeks.com: https://civilgeeks.com/2010/09/29/metodos-para-tratamiento-terciario-de-aguas-residuales/](https://civilgeeks.com/2010/09/29/metodos-para-tratamiento-terciario-de-aguas-residuales/)
- Ronzano Llodra, E., & L., J. (2007). *Tratamiento biológica de las aguas residuales*. Bilbao, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Russell, D. L. (2012). *Tratamiento de aguas residuales. Un enfoque práctico*. Barcelona, España: Editorial Reverté.
- Salazar, D. (2003). *Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales: enfoque Centro América*. Guatemala: PROARCA/SIGMA.
- van Haandel, A., & Lettinga, G. (1994). *Tratamiento Anaeróbio de Esgotos*. Campina Grande, Brasil: Editora EPGRAF.
- Vargas Navas, O., & Turca Zeballos, J. (2016). *Comportamiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica en un bioreactor de lecho móvil alimentado con agua residual doméstica, con la variación del volumen del lecho*. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle.
- Wanner, J. (1994). *Activated Sludge: Bulking and Foaming control*. New York, EE.UU: Lewis Publishers.

- Welter, A. B., Romero, J. M., Grumelli, Y. A., Sanchez, J. A., & Ascar, G. I. (2005). La biopelícula en los procesos RBC. Córdoba.: Universidad Católica de Córdoba, Campus Universitario, Facultad de Ingeniería.
- Woolard, C. (2005). Nitrification in hybrid reactor with a recycled plastic support material. Chicago: Water Environmental Federation, exposition, chicago III.
- YACUTEC Mejora y Gestión de Vertidos S.L. (2009). YACUTEC Mejora y Gestión de Vertidos S.L. Recuperado el 25 de Setiembre de 2017, de Tecnologías de Depuración: [http://www.yacutec.com/tecnologias-depuracion/tecnologias-depuracion\\_biorreactor-de-membrana.asp](http://www.yacutec.com/tecnologias-depuracion/tecnologias-depuracion_biorreactor-de-membrana.asp)
- Yarabamba, M. d. (2016). Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2016. Distrito de Yarabamba. Arequipa, Arequipa: Municipalidad distrital y villa de Yarabamba.

# ANEXOS

## **ANEXO A: Normas ambientales para agua**

**Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales D.S. N°003-2010-MINAM.**

Los límites máximos permisibles de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales que se establecen en la presente norma son de cumplimiento obligatorio. Según el Artículo 4° de ley en mención los titulares de las plantas de tratamiento de aguas residuales están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, especificando la ubicación de los puntos, los métodos, las técnicas aplicadas, los parámetros y la frecuencia, de esta forma reportarlo al Ministerio de Vivienda y Construcción y Saneamiento.

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: D.S. N°003-2010-MINAM

**Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales del D.S. N°004-2017-MINAM.**

Para poder emplear un agua esta debe cumplir con todos los parámetros señalados y no exceder la cantidad definida por la norma, de acuerdo a la categoría o uso que se le dará al agua.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5

Fuente: D.S. N°004-2017-MINAM

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Niquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
<b>ORGÁNICO</b>				
<b><u>Bifenilos Policlorados</u></b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35		35
<b><u>Organoclorados</u></b>				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<b><u>Carbamato</u></b>				
Aldicarb	µg/L	1		11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

Fuente: D.S. N°004-2017-MINAM

## **ANEXO B: Registro Fotográfico**

FOTO 1#

Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil sin carriers y sin aislamiento térmico. Vista frontal



Fuente: La autora

FOTO 2#

Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil sin carriers y sin aislamiento térmico. Vista posterior



Fuente: La autora

FOTO 3#

Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil con carriers en funcionamiento



Fuente: La autora

FOTO 4#

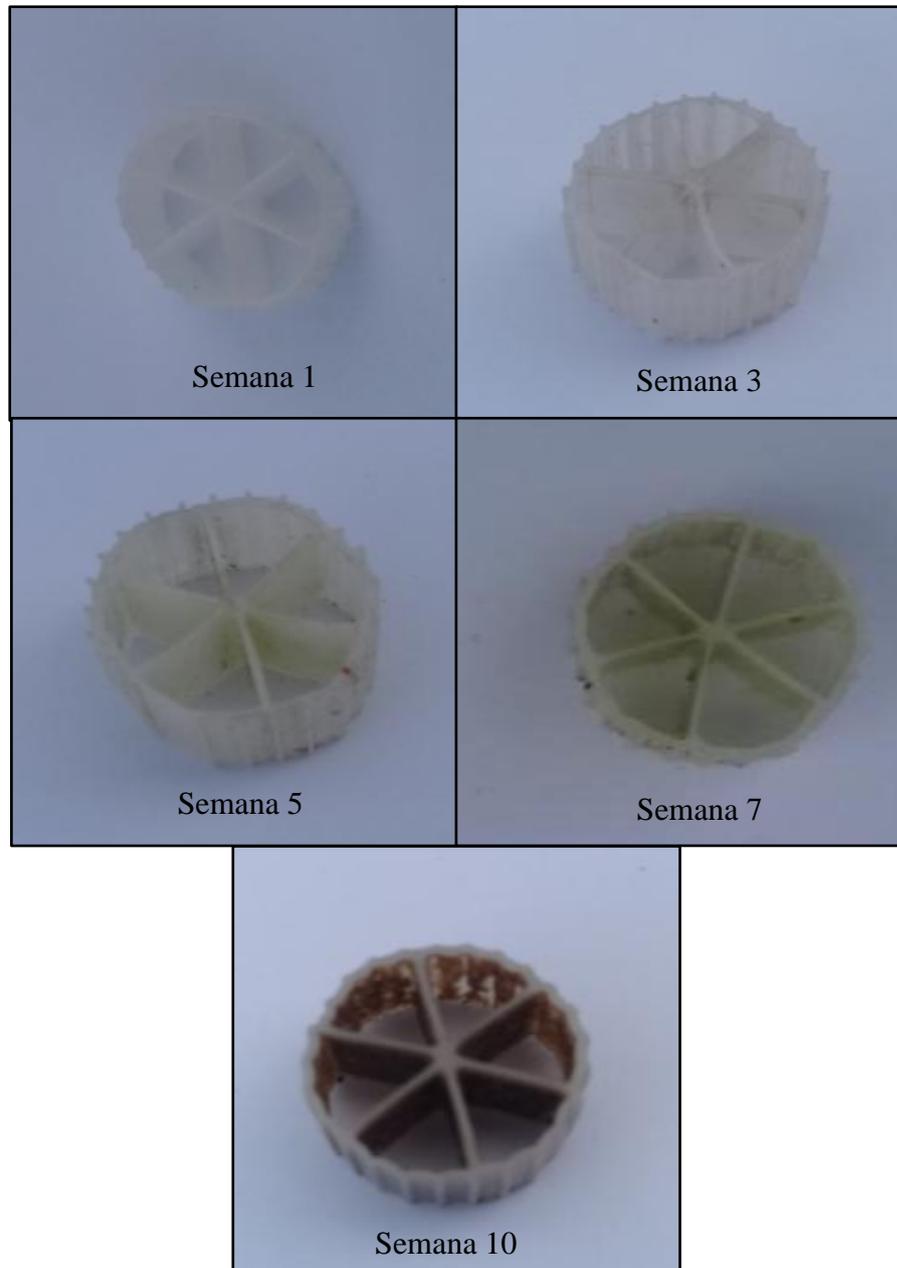
Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil con aislamiento



Fuente: La autora

## FOTO 5#

Crecimiento de la biopelícula en el carrier



Fuente: La autora

FOTO 6#

Toma de muestras de los parámetros del agua residual de la PTAR



Fuente: La autora

FOTO 7#

Toma de muestras de los parámetros del agua residual tratada en el reactor



Fuente: La autora

FOTO 8#

Muestra de agua residual de la Trampa de grasas de la PTAR de Yarabamba



Fuente: La autora

FOTO 9#

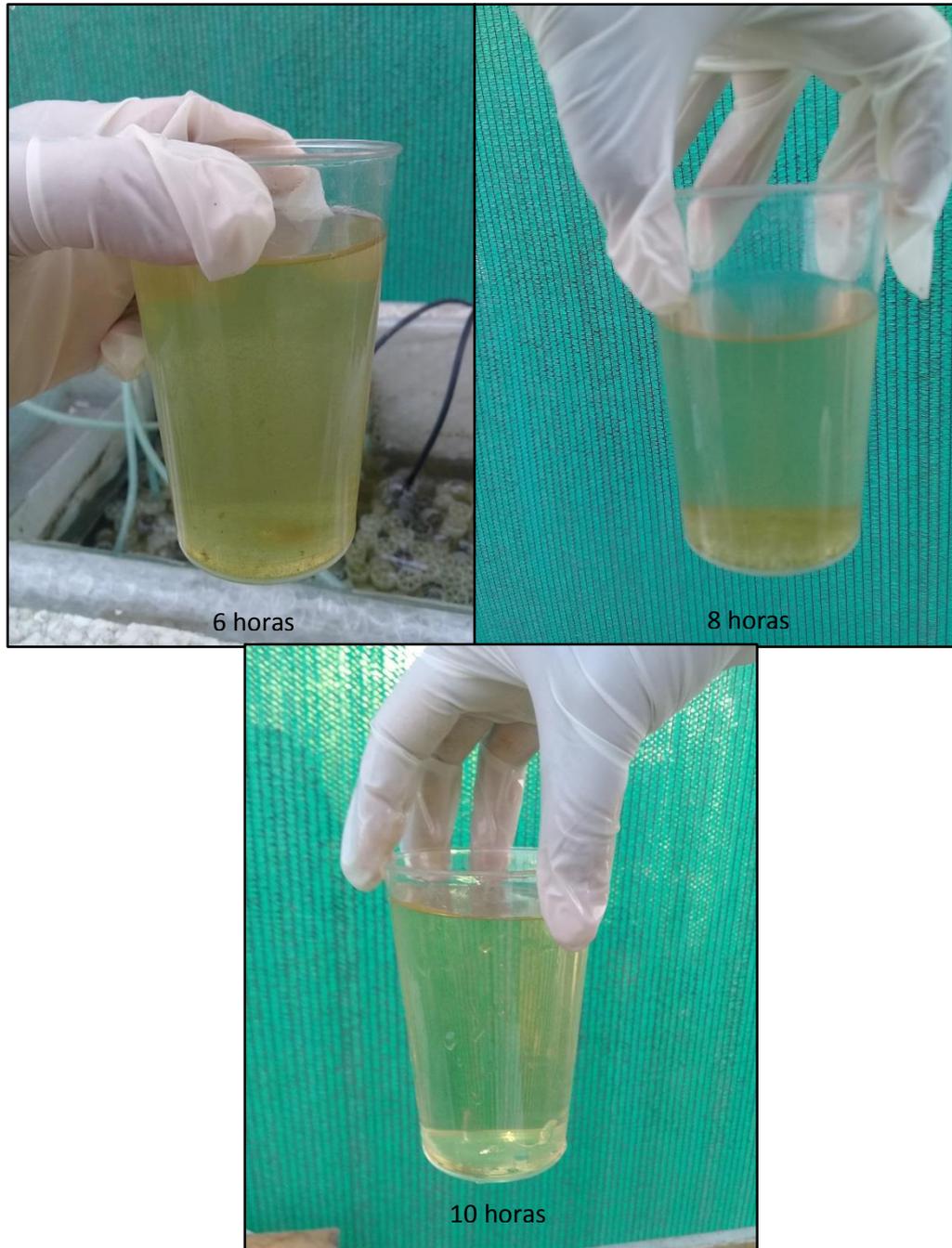
Muestra de agua residual de la salida de la PTAR de Yarabamba



Fuente: La autora

## FOTO 10#

Muestras de aguas tratadas por el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil a diferentes tiempos



Fuente: La autora

FOTO 11#

Filtro de arena y gravas para agua



Fuente: La autora

FOTO 12#

Filtración del agua residual tratada por el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil



Fuente: La autora

FOTO 13#

Comparación de muestra de agua antes y después de ser tratada por el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil



Fuente: La autora

FOTO 14#

Comparación de muestra de agua tratada por el Reactor de Biopelícula de Lecho Móvil y muestra filtrada



Fuente: La autora

**ANEXO C: Visita a Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de lodos  
activos. Stendal – Alemania**

FOTO 1#

Instalaciones de la Planta de tratamiento de aguas residuales vista frontal



Fuente: La autora

FOTO 2#

Instalaciones de la Planta de tratamiento de aguas residuales vista posterior



Fuente: La autora

FOTO 3#

Canalización del agua residual



Fuente: La autora

FOTO 4#

Tratamiento secundario con lechos activos



Fuente: La autora

FOTO 5#

Visita interna a la Planta de tratamiento de aguas residuales



Fuente: La autora

FOTO 6#

Visita interna a la Planta de tratamiento de aguas residuales – Lodos Activos



Fuente: La autora

## **ANEXO D: Matriz de Consistencia**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACIÓN	
			VARIABLES	INDICADOR
¿Puede el diseño de un reactor de biopelícula de lecho móvil cumplir con el tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas del distrito de Yarabamba?	Diseñar un reactor de biopelícula de lecho móvil para el tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas del distrito de Yarabamba	El diseño del reactor de biopelícula de lecho móvil propuesto puede cumplir con el tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas del distrito de Yarabamba.	Reactor de biopelícula de lecho móvil	Tiempo de retención hidráulico (h)
- ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del agua residual doméstica del distrito de Yarabamba?  -¿Cuáles serán los parámetros de diseño para el reactor de biopelícula de lecho móvil?  - ¿Cuál será la remoción de contaminantes del agua residual en el reactor de biopelícula de lecho móvil?  - ¿Cumplirá con los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2010 MINAM el agua tratada por el reactor de biopelícula de lecho móvil?	-Determinar las características fisicoquímicas del agua residual doméstico del distrito de Yarabamba.  -Indicar los parámetros de diseño del reactor de biopelícula de lecho móvil.  -Estimar la remoción de contaminantes del agua residual del reactor de biopelícula de lecho móvil.  -Comparar el agua tratada por el reactor de biopelícula de lecho móvil con los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. 003-2010 MINAM.		Agua residual	Aceites y grasas (mg/L) Coliformes Termotolerantes (NPM/100mL) DBO (mg/L) DQO(mg/L) pH (unidad) SST(mL/L) Temperatura (°C)

**ANEXO E: Análisis de laboratorio**



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 4541-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 1  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I4

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 29/09/2017 / 10:13 hrs  
Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22.0 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.6 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)

**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4541-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 1 YPTAR-I4	UNIDADES
Sólidos Suspendidos Totales	210	mg/L
pH*	7.4	Unidades de pH
Nitrógeno Total*	37.68	mg/L
Fósforo*	10.15	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- pH : Max 02 horas después de la toma de muestra. Muestra con más de 02 horas de tiempo de vida útil

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Sólidos Suspendidos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999
- Nitrógeno Total : BHIOS-FQ-014. Determinación de Nitrógeno Total. Versión 01-2008.
- Fósforo : Digestión + Water Analysis Handbook HACH. Phosphorus, Reactive (Orthophosphate). Method 8048: PhosVer 3 (Ascorbic Acid) Method. Pag.865. 4th Ed. Rev.2.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 29 / 09 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 10 / 10 / 2017



**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



**INFORME DE ENSAYOS N° 4538-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL MUNICIPAL – YARABAMBA PTAR INGRESO 1

**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I1

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 29/09/2017 / 10:03 hrs  
 Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
 Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5,6 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
 Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



**INFORME DE ENSAYOS N° 4538-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL – YARABAMBA PTAR INGRESO 1 YPTAR-I1	UNIDADES
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	241	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- Frasco de polietileno de primer uso o vidrio limpio (completamente lleno, sin burbujas). Muestra con presencia de burbujas

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag. 5-2 a 5-7. 22<sup>nd</sup> Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 29 / 09 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 10 / 10 / 2017**

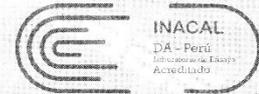


**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 4539-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL MUNICIPAL – YARABAMBA PTAR INGRESO 1

**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I2

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 29/09/2017 / 10:08 hrs  
Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22.0 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.6 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)

**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de Septiembre del 2017

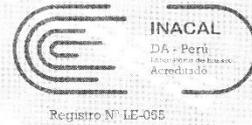
**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4539-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL – YARABAMBA PTAR INGRESO 2 YPTAR-I2	UNIDADES
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	21 x 10 <sup>7</sup>	NMP/100mL

**ABREVIATURAS:**

- NMP/100mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Numeración de Coliformes : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:** 29 / 09 / 2017

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:** 10 / 10 / 2017



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 4542-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 1  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I5

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 29/09/2017 / 10:15 hrs  
Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22.0 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.6 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)

**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4542-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 1 YPTAR-15	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	346	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno (DQO) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand(COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. Pag. 5-6. 22nd Ed. 2012

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:** 29 / 09 / 2017

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:** 10 / 10 / 2017



*M. P. P. P.*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4540-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 1  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I3

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 29/09/2017 / 10:10 hrs  
 Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
 Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22.0 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.6 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 29 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
 Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4540-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 1 YPTAR-I3	UNIDADES
Aceites y Grasas	2.5	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5520 B Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method. Pag. 2-4. 22nd Ed. 2012

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:** 29 / 09 / 2017

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:** 10 / 10 / 2017



*p. ptaol*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 4936-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 2  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I4

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 13/10/2017 / 10:10 hrs  
Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22.0 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.6 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)

**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 13 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4936-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 2 YPTAR-I4	UNIDADES
Sólidos Suspendidos Totales	223	mg/L
pH*	7.5	Unidades de pH

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- pH : Max 02 horas después de la toma de muestra. Muestra con más de 02 horas de tiempo de vida útil

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Sólidos Suspendidos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999
- Nitrogeno Total : BHIOS-FQ-014. Determinación de Nitrogeno Total. Versión 01-2008.
- Fósforo : Digestión + Water Analysis Handbook HACH. Phosphorus, Reactive (Orthophosphate). Method 8048: PhosVer 3 (Ascorbic Acid) Method. Pag.865. 4th Ed. Rev.2.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 13 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 26 / 10 / 2017**



**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-4E Versión: 01 A. (GG)



**INFORME DE ENSAYOS N° 4933-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL MUNICIPAL – YARABAMBA PTAR INGRESO 2

**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I1

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 13/10/2017 / 10:00 hrs  
 Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
 Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.6 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)

**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 13 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
 Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



**INFORME DE ENSAYOS N° 4933-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL – YARABAMBA PTAR INGRESO 2 YPTAR-I1	UNIDADES
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	262	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- Frasco de polietileno de primer uso o vidrio limpio (completamente lleno, sin burbujas). Muestra con presencia de burbujas

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22<sup>nd</sup> Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 13 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 26 / 10 / 2017**

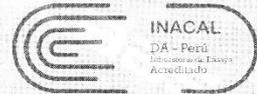


*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 4934-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL MUNICIPAL – YARABAMBA PTAR INGRESO 2

**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I2

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 13/10/2017 / 10:03 hrs  
Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22.0 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.6 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)

**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 13 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 4934-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL – YARABAMBA PTAR INGRESO 2 YPTAR-I2	UNIDADES
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	36 x 10 <sup>7</sup>	NMP/100mL

**ABREVIATURAS:**

- NMP/100mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 13 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 26 / 10 / 2017**



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4937-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 2  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I5

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 13/10/2017 / 10:15 hrs  
Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22.0 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.6 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)

**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 13 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4937-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 2 YPTAR-I5	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	393	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno (DQO) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand(COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. Pag. 5-6. 22nd Ed. 2012

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13 / 10 / 2017

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:** 26 / 10 / 2017



*p. rtod*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4935-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar -  
Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 2  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I3  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 13/10/2017 / 10:05 hrs  
Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22.0 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.6 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 13 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4935-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 2 YPTAR-I3	UNIDADES
Aceites y Grasas	3.0	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5520 B Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method. Pag. 2-4. 22nd Ed. 2012

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13 / 10 / 2017

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:** 26 / 10 / 2017

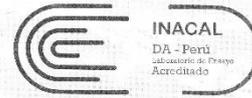


*p. pto*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5362-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 3  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I4

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/10/2017 / 10:00 hrs  
Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22.0 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)

**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5362-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 3 YPTAR-14	UNIDADES
Sólidos Suspendedos Totales	200	mg/L
pH*	7.4	Unidades de pH

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- pH : Max 02 horas después de la toma de muestra. Muestra con más de 02 horas de tiempo de vida útil

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Sólidos Suspendedos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999
- Nitógeno Total : BHIOS-FQ-014. Determinación de Nitrógeno Total. Versión 01-2008.
- Fósforo : Digestión + Water Analysis Handbook HACH. Phosphorus, Reactive (Orthophosphate). Method 8048: PhosVer 3 (Ascorbic Acid) Method. Pag.865. 4th Ed. Rev.2.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 30 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 10 / 11 / 2017**



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



**INFORME DE ENSAYOS N° 5359-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL MUNICIPAL – YARABAMBA PTAR INGRESO 3**

**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I1

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/10/2017 / 09:50 hrs  
 Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
 Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22°C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
 : En frasco de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0 °C

**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)

**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

**INFORME DE ENSAYOS N° 5359-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL – YARABAMBA PTAR INGRESO 3 YPTAR-11	UNIDADES
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	255	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- Frasco de polietileno de primer uso o vidrio limpio (completamente lleno, sin burbujas). Muestra con presencia de burbujas

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22<sup>nd</sup> Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 30 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 10 / 11 / 2017**



**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5360-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL MUNICIPAL – YARABAMBA PTAR INGRESO 3

**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I2

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/10/2017 / 09:52 hrs  
Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22.0 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)

**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5360-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL – YARABAMBA PTAR INGRESO 3 YPTAR-I2	UNIDADES
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	30 x 10 <sup>7</sup>	NMP/100mL

**ABREVIATURAS:**

- NMP/100mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Numeración de Coliformes : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 13 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 10 / 11 / 2017**



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú  
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5363-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 3**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I5

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/10/2017 / 10:05 hrs  
Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22.0 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)

**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5363-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 3 YPTAR-I5	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	382	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno (DQO) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand(COD), Closed Reflux, Colorimetric Method, Pag. 5-6, 22nd Ed. 2012

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:** 30 / 10 / 2017

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:** 10 / 11 / 2017



*p. rtod*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5361-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar -  
Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 3  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : YPTAR-I3

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/10/2017 / 09:55 hrs  
Procedencia: Yarabamba - Arequipa  
Temperatura de ingreso: 20.0 °C, Temperatura de salida: 22.0 °C

**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0 °C

**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)

**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Octubre del 2017

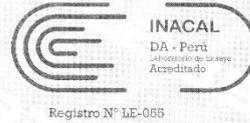
**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5361-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL PTAR INGRESO 3 YPTAR-13	UNIDADES
Aceites y Grasas	2.5	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5520 B Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method. Pag. 2-4. 22nd Ed. 2012

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:** 30 / 10 / 2017

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:** 10 / 11 / 2017



*p. ptaol*  
**Btgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4573-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 6H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 13:50 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4573-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 6H	UNIDADES
Aceites y Grasas	< 1.3	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5520 B Oil and Grease.Liquid-Liquid,Partition-Gravimetric Method. Pag. 2-4. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017

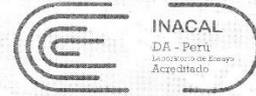


*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 4574-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 1  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 6H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 13:51 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4574-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 6H	UNIDADES
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	128	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4575-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar -  
Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 1**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 6H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 13:53 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4575-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 6H	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	253	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand(COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. Pag. 5-6. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4576-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 1**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 6H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 13:56 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4576-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 6H	UNIDADES
Sólidos Suspendidos Totales	126	mg/L
pH*	7.4	Unidades de pH

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA
- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- pH : Max 15 minutos después de la toma de muestra. Muestra con más de 15 minutos de tiempo de vida útil

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Sólidos Suspendidos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017**



**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4577-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 1  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 6H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 13:57 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4577-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 6H	UNIDADES
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	73 x 10 <sup>6</sup>	NMP/100 mL

**ABREVIATURAS:**

- NMP/100 mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

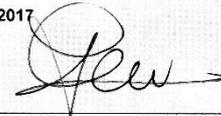
**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Numeración de Coliformes : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E. Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017**



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5000-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 2**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 6H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 13:50 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5000-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 6H	UNIDADES
Aceites y Grasas	< 1.3	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5520 B Oil and Grease.Liquid-Liquid,Partition-Gravimetric Method. Pag. 2-4. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5001-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 2  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 6H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 13:52 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5001-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 6H	UNIDADES
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	130	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5002-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 2  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 6H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 13:55 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5002-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 6H	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	264	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand(COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. Pag. 5-6. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5 003-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 2**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 6H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 13:57 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5003-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 6H	UNIDADES
Sólidos Suspendedos Totales	130	mg/L
pH*	7.5	Unidades de pH

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA
- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- pH : Max 15 minutos después de la toma de muestra. Muestra con más de 15 minutos de tiempo de vida útil

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Sólidos Suspendedos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017**



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5004-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar -  
Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 2**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 6H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 13:59 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5004-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 6H	UNIDADES
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	81 x 10 <sup>6</sup>	NMP/100 mL

**ABREVIATURAS:**

- NMP/100 mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Numeración de Coliformes : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017




**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5370-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

<b>SOLICITANTE</b>	: <b>QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL</b>
<b>DIRECCIÓN</b>	: Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa
<b>PRODUCTO DECLARADO</b>	: <b>AGUA RESIDUAL 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>	: Líquido turbio amarillento
<b>CODIFICACIÓN / MARCA</b>	: PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 6H
<b>DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE</b>	: Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 13:55 hrs Procedencia: Laboratorio Biología
<b>TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA</b>	: 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente
<b>PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN</b>	: En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C
<b>CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA</b>	: Muestra recibida en el Laboratorio ( <i>Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS</i> )
<b>CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA</b>	: Ninguna ( <i>por ser única muestra</i> )
<b>FECHA DE PRODUCCIÓN</b>	: No Aplicable
<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	: No Aplicable
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5370-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 6H	UNIDADES
Aceites y Grasas	< 1.3	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

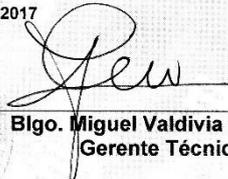
**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5520 B Oil and Grease.Liquid-Liquid,Partition-Gravimetric Method. Pag. 2-4. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5371-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 3  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 6H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 13:56 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5371-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 6H	UNIDADES
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	125	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017



**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5372-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 3  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 6H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 13:58hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5372-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 6H	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	246	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

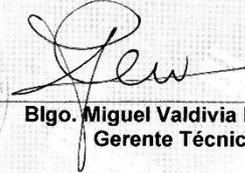
**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand(COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. Pag. 5-6. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5373-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 3**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 6H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 13:57 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5373-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 6H	UNIDADES
Sólidos Suspendedos Totales	119	mg/L
pH*	7.4	Unidades de pH

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA
- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- pH : Max 15 minutos después de la toma de muestra. Muestra con más de 15 minutos de tiempo de vida útil

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Sólidos Suspendedos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017**



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-E Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5374-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar -  
Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 6H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 13:59 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5374-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 6H	UNIDADES
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	60 x 10 <sup>6</sup>	NMP/100 mL

**ABREVIATURAS:**

- NMP/100 mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Numeración de Coliformes : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017**



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 4578-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

<b>SOLICITANTE</b>	: QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL
<b>DIRECCIÓN</b>	: Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa
<b>PRODUCTO DECLARADO</b>	: AGUA RESIDUAL
<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>	: Líquido turbio amarillento
<b>CODIFICACIÓN / MARCA</b>	: PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 8H
<b>DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE</b>	: Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 15:52 hrs Procedencia: Laboratorio Biología
<b>TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA</b>	: 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente
<b>PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN</b>	: En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C
<b>CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA</b>	: Muestra recibida en el Laboratorio ( <i>Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS</i> )
<b>CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA</b>	: Ninguna ( <i>por ser única muestra</i> )
<b>FECHA DE PRODUCCIÓN</b>	: No Aplicable
<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	: No Aplicable
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4578-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 8H	UNIDADES
Aceites y Grasas	< 1.3	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5520 B Oil and Grease.Liquid-Liquid,Partition-Gravimetric Method. Pag. 2-4. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017



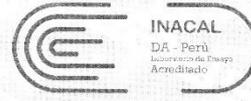
*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 4579-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 1  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 8H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 15:54 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4579-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 8H	UNIDADES
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	74	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag. 5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017



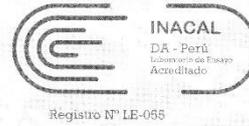
*[Signature]*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4580-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 1  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 8H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 15:56 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4580-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 8H	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	149	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand(COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. Pag. 5-6. 22nd Ed. 2012

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017**



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4581-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 1  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 8H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 15:57 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4581-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 8H	UNIDADES
Sólidos Suspendidos Totales	46	mg/L
pH*	7.4	Unidades de pH

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA
- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- pH : Max 15 minutos después de la toma de muestra. Muestra con más de 15 minutos de tiempo de vida útil

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Sólidos Suspendidos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017



*Miguel Valdivia Martínez*  
Bigo, Miguel Valdivia Martínez  
Gerente Técnico

PRT-10-F-05-JE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4582-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 1**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 8H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 15:59 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4582-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 8H	UNIDADES
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	90 x 10 <sup>5</sup>	NMP/100 mL

**ABREVIATURAS:**

- NMP/100 mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Numeración de Coliformes : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017**



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5005-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 2  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 8H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 15:50 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5005-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 8H	UNIDADES
Aceites y Grasas	< 1.3	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5520 B Oil and Grease.Liquid-Liquid,Partition-Gravimetric Method. Pag. 2-4. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5006-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar -  
Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 2  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 8H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 15:52 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

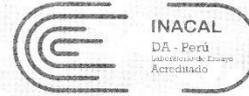
**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5006-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 8H	UNIDADES
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	77	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag. 5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017



*[Signature]*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5007-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 2  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 8H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 15:54 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5007-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 8H	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	158	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand(COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. Pag. 5-6. 22nd Ed. 2012

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS:** 14 / 10 / 2017

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:** 28 / 10 / 2017



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5 008-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 2**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 8H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 15:55 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5008-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 8H	UNIDADES
Sólidos Suspendidos Totales	49	mg/L
pH*	7.5	Unidades de pH

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA
- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- pH : Max 15 minutos después de la toma de muestra. Muestra con más de 15 minutos de tiempo de vida útil

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Sólidos Suspendidos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017**



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5009-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 2  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 8H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 15:57 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5009-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 8H	UNIDADES
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	82 x 10 <sup>5</sup>	NMP/100 mL

**ABREVIATURAS:**

- NMP/100 mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Numeración de Coliformes : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017**



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5375-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 3  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 8H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 15:55 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5375-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 8H	UNIDADES
Aceites y Grasas	< 1.3	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5520 B Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method. Pag. 2-4. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017



*[Handwritten Signature]*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5376-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 3  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 8H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 15:57 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 02 de Noviembre del 2017

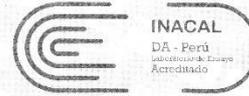
**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5376-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 8H	UNIDADES
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	68	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag. 5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017



*[Firma manuscrita]*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5377-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 3  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 8H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 15:58 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5377-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 8H	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	135	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand(COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. Pag. 5-6. 22nd Ed. 2012

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017**



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5378-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 3**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 8H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 15:59 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5378-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 8H	UNIDADES
Sólidos Suspendidos Totales	33	mg/L
pH*	7.4	Unidades de pH

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA
- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- pH : Max 15 minutos después de la toma de muestra. Muestra con más de 15 minutos de tiempo de vida útil

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Sólidos Suspendidos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017**



*[Firma]*  
**Bigo, Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5379-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 8H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 16:00 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5379-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 8H	UNIDADES
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	70 x 10 <sup>5</sup>	NMP/100 mL

**ABREVIATURAS:**

- NMP/100 mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Numeración de Coliformes : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017**



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4583-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 10H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 17:50 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4583-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 10H	UNIDADES
Aceites y Grasas	< 1.3	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5520 B Oil and Grease.Liquid-Liquid,Partition-Gravimetric Method. Pag. 2-4. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 4584-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 1  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 10H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 17:52 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 4584-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 10H	UNIDADES
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	26	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag. 5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017



*[Handwritten Signature]*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 4585-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 1  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 10H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 17:54 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4585-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 10H	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	90	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand(COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. Pag. 5-6. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 4586-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 1**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 10H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 17:57 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4586-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 10H	UNIDADES
Sólidos Suspendidos Totales	15	mg/L
pH*	7.4	Unidades de pH

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA
- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- pH : Max 15 minutos después de la toma de muestra. Muestra con más de 15 minutos de tiempo de vida útil

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Sólidos Suspendidos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017**



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 4587-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar -  
Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 1**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 10H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 30/09/2017 / 17:59 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30 de Septiembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 4587-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 1 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 10H	UNIDADES
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	20 x 10 <sup>5</sup>	NMP/100 mL

**ABREVIATURAS:**

- NMP/100 mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

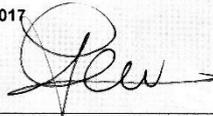
- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Numeración de Coliformes : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E. Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 12 / 10 / 2017**

**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5010-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

<b>SOLICITANTE</b>	: <b>QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL</b>
<b>DIRECCIÓN</b>	: Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa
<b>PRODUCTO DECLARADO</b>	: <b>AGUA RESIDUAL 2</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>	: Líquido turbio amarillento
<b>CODIFICACIÓN / MARCA</b>	: PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 10H
<b>DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE</b>	: Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 17:50 hrs Procedencia: Laboratorio Biología
<b>TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA</b>	: 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente
<b>PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN</b>	: En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C
<b>CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA</b>	: Muestra recibida en el Laboratorio ( <i>Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS</i> )
<b>CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA</b>	: Ninguna ( <i>por ser única muestra</i> )
<b>FECHA DE PRODUCCIÓN</b>	: No Aplicable
<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	: No Aplicable
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5010-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 10H	UNIDADES
Aceites y Grasas	< 1.3	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5520 B Oil and Grease.Liquid-Liquid,Partition-Gravimetric Method. Pag. 2-4. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5011-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 2  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 10H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 17:52 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5011-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 10H	UNIDADES
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	24	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5012-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 2**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 10H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 17:52 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5012-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 10H	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	85	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

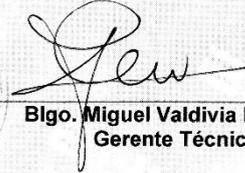
**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand(COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. Pag. 5-6. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5013-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 2**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 10H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 17:57 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2,5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5013-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 10H	UNIDADES
Sólidos Suspendedos Totales	14	mg/L
pH*	7.5	Unidades de pH

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA
- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- pH : Max 15 minutos después de la toma de muestra. Muestra con más de 15 minutos de tiempo de vida útil

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Sólidos Suspendedos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017**



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-E Versión: 01 A: (GG)

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5014-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 2**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 10H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 14/10/2017 / 17:59 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 2.5 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14 de Octubre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5014-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 2 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 10H	UNIDADES
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	17 x 10 <sup>5</sup>	NMP/100 mL

**ABREVIATURAS:**

- NMP/100 mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

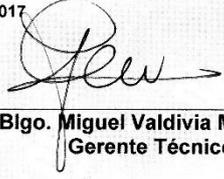
**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Numeración de Coliformes : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 14 / 10 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 28 / 10 / 2017**



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5380-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 3**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 10H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 17:55 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5380-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 01 10H	UNIDADES
Aceites y Grasas	< 1.3	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

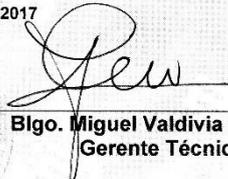
**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Aceites y Grasas : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5520 B Oil and Grease.Liquid-Liquid,Partition-Gravimetric Method. Pag. 2-4. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5381-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

<b>SOLICITANTE</b>	: <b>QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL</b>
<b>DIRECCIÓN</b>	: Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa
<b>PRODUCTO DECLARADO</b>	: <b>AGUA RESIDUAL 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>	: Líquido turbio amarillento
<b>CODIFICACIÓN / MARCA</b>	: PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 10H
<b>DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE</b>	: Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 17:56 hrs Procedencia: Laboratorio Biología
<b>TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA</b>	: 01 muestra de 1000 mililitros aproximadamente
<b>PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN</b>	: En envase de polietileno cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C
<b>CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA</b>	: Muestra recibida en el Laboratorio ( <i>Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS</i> )
<b>CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA</b>	: Ninguna ( <i>por ser única muestra</i> )
<b>FECHA DE PRODUCCIÓN</b>	: No Aplicable
<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	: No Aplicable
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5381-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 02 10H	UNIDADES
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	22	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : miligramos por litro de muestra

**OBSERVACIONES**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5382-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL 3**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 10H

**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 17:57 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5382-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 03 10H	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	81	mg/L

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Demanda Química de Oxígeno : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand(COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. Pag. 5-6. 22nd Ed. 2012

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A. (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



**INFORME DE ENSAYOS N° 5383-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA RESIDUAL 3  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 10H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 17:59 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En frasco de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5383-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS FISICOQUÍMICOS**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 04 10H	UNIDADES
Sólidos Suspendedos Totales	17	mg/L
pH*	7.4	Unidades de pH

**ABREVIATURAS:**

- mg/L : Miligramos por mililitro de muestra

**OBSERVACIONES:**

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA
- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- pH : Max 15 minutos después de la toma de muestra. Muestra con más de 15 minutos de tiempo de vida útil

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Sólidos Suspendedos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017**



*Miguel Valdivia Martínez*  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-E Versión: 01 A: (GG)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-055



Registro N° LE-055

**INFORME DE ENSAYOS N° 5384-2017**  
**PÁGINA 01 DE 02**

**SOLICITANTE** : **QUEQUEZANA LÓPEZ KAROL**  
**DIRECCIÓN** : Av. Comandante Canga 1612 – Mariano Melgar - Arequipa

**PRODUCTO DECLARADO** : **AGUA RESIDUAL**  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido turbio amarillento  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 10H  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha y hora del muestreo: 02/11/2017 / 18:01 hrs  
Procedencia: Laboratorio Biología  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 500 mililitros aproximadamente  
**PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase de vidrio cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.9 °C  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados por BHIOS LABORATORIOS*)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (*por ser única muestra*)  
**FECHA DE PRODUCCIÓN** : No Aplicable  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No Aplicable  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 02 de Noviembre del 2017

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado, otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú  
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110  
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

**INFORME DE ENSAYOS N° 5384-2017**  
**PÁGINA 02 DE 02**

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICO**

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL 3 PROTOTIPO DE LABORATORIO PL 05 10H	UNIDADES
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	09 x 10 <sup>5</sup>	NMP/100 mL

**ABREVIATURAS:**

- NMP/100 mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

**OBSERVACIONES:**

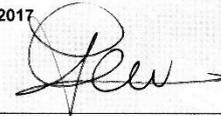
- Ninguna

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

- Numeración de Coliformes : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

**FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 02 / 11 / 2017**

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 16 / 11 / 2017**

**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

PRT-10-F-05-IE Versión: 01 A (GG)