

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE GENERADO POR
EL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE YUNGUYO**

TESIS

PRESENTADA POR:

CLEOFE ZULMA MAMANI ALANOCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

EVALUACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE GENERADO POR
EL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE YUNGUYO

TESIS PRESENTADA POR:
CLEOFE ZULMA MAMANI ALANOCA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO QUÍMICO



APROBADA POR:

PRESIDENTE

:



M.Sc. SALOMÓN TTITO LEÓN

PRIMER MIEMBRO

:



M.Sc. ROGER HUANQUI PEREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:



Dr. TEÓFILO DONAIRES FLORES

DIRECTOR / ASESOR

:



D.Sc. MOISÉS PÉREZ CAPA

ÁREA: Investigación

TEMA: Evaluación de carga contaminante de aguas residuales

LÍNEA: Tecnologías ambientales y recursos naturales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 30 de octubre de 2018

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ello soy lo que soy: para mis padres Julián y Teófila por su apoyo, consejo, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para seguir mis objetivos.

A mis hermanas Mary, Chío y mis hermanos Hernán, Milton, gracias por brindarme su apoyo, ustedes han sido pilar fundamental en el logro de esta meta, por sus consejos y ayuda.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano, a toda la plana docente y al personal administrativo y técnico por ser el alma mater de todos los profesionales que pasaron por sus distintas aulas universitarias.

En especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería Química por el tiempo y dedicación prestada para mi formación profesional.

A mi director de tesis Ing. D.Sc. Moisés Pérez Capa por guiarme en el transcurso de este trabajo.

Al Ing. M.Sc. Salomón Ttito León, al Ing. M.Sc. Roger Huanqui Pérez y a la Ing. Dr. Teófilo Donaires Flores, por sus recomendaciones en la realización de la tesis y por sus acertados comentarios.

A mis amigos, quien en todo momento me ayudaron a mantener el ánimo para llevar adelante el presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	9
INDICE DE ACRONIMOS	10
RESUMEN	11
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1.1. Problema general.....	15
1.1.2. Problemas específicos	15
1.2. HIPÓTESIS GENERAL.....	16
1.2.1. Hipótesis general	16
1.2.2. Hipótesis específico	16
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	17
II. REVISIÓN DE LITERATURA	18
2.1. REFERENCIAS TEÓRICAS	18
2.1.1. Definición de Agua Residual.....	18
2.1.2. Tipos de Aguas Residuales.....	18
2.1.2.1. Aguas Residuales Urbanas	18
2.1.3. Composición de las Aguas Residuales	21
2.1.4. Características de las Aguas Residuales.....	25
2.1.4.1. Características físicas	26
2.1.4.2. Características químicas	28
2.1.4.3. Características biológicas	31
2.1.5. Tratamiento de Aguas Residuales	32
2.1.5.1. Pretratamiento.....	33

2.1.5.2. Desbaste.....	33
2.1.5.3. Tamizado	34
2.1.5.4. Desarenado	35
2.1.5.5. Desaceitado y Desengrasado	35
2.1.5.6. Digestión Primaria de Lodos	36
2.1.5.7. Tratamiento Secundario.....	36
2.1.5.8. Lagunas Aireadas	37
2.1.5.9. Proceso de Lodos Activados.....	38
2.1.5.10. Tratamiento Terciario	38
2.1.5.11. Manejo de Lodos	39
2.2. ANTECEDENTES	40
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
3.1. Características del área de investigación:	45
3.1.1. Ubicación del área de estudio:.....	45
3.1.2. Tipo de investigación:	48
3.1.3. Instrumentos	49
3.2. Métodos Analíticos empleados:.....	51
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
4.1. Resultados de los muestreos.	58
4.2. Potencial de hidrogeno (pH)	60
4.3. Conductividad Eléctrica (C.E.)	61
4.4. Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO ₅).....	62
4.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO)	64
4.6. Solidos Suspendidos Totales (SST).....	66
4.7. Aceites y Grasas.....	67
4.8. Coliformes	69
V. CONCLUSIONES.....	71



VI. RECOMENDACIONES	72
VII. REFERENCIAS.....	73
ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Composición de las aguas residuales domesticas	23
Figura 2: Clasificación de las partículas sólidas contenidas en un agua residual, según su diámetro	27
Figura 3: Área del proyecto en la Provincia de Yunguyo.....	46
Figura 5: Ubicación del estudio de investigación	47
Figura 6: Flujograma de Técnica de Análisis de DBO ₅	52
Figura 7: Diagrama de flujo de técnica de análisis	57
Figura 8: Resultado de los análisis de pH anual del Afluente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo	60
Figura 9: Resultado de los análisis de conductividad anual del Afluente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo	61
Figura 10: Resultado de los análisis de DBO ₅ anual del Afluente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo	63
Figura 11: Resultado de los análisis de DQO anual del Afluente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo	65
Figura 12: Resultado de los análisis de SST anual del Afluente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo	66
Figura 13: Resultado de los análisis de Aceites y Grasas anual del Afluente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo.....	68
Figura 14: Resultado de los análisis de coliformes anual del Afluente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de agua residual	21
Tabla 2: Constituyentes para reducir en aguas residuales	24
Tabla 3: Ubicación de los puntos de monitoreo	45
Tabla 4: Características de la población de la Provincia de Yunguyo.....	48
Tabla 5: Volumen promedio generado de carga contaminante por la población de Yunguyo en el 2018.....	48
Tabla 6: Resultados de calidad de agua por muestreo anual	59
Tabla 7: Resultados de pH.....	60
Tabla 8: Resultados de conductividad eléctrica.....	61
Tabla 9: Resultados de DBO ₅	62
Tabla 10: Resultados de DQO	64
Tabla 11: Resultados de SST.....	66
Tabla 12: Resultados de Aceites y Grasas	67
Tabla 13: Resultados de Coliformes	69

ÍNDICE DE ACRONIMOS

pH	: Potencial de Hidrogeno.
C.E.	: Conductividad Eléctrica
PTAR	: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
DBO	: Demanda Bioquímica de Oxígeno.
DQO	: Demanda Química de Oxígeno.
ECA	: Estándares de Calidad Ambiental del Agua.
LMP	: Límites Máximos Permisibles.
MINAM	: Ministerio del Ambiente.
mg/ L	: miligramos por litro
ENCAA	: Estándares de calidad ambiental del Agua
NMP	: Número Más Probable
TRH	: Tiempo de Retención Hidráulica
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
Q	: Caudal

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la planta de tratamiento de aguas residuales, de la municipalidad provincial de Yunguyo, realizando una evaluación para lo cual se estableció 4 puntos de monitoreo que indican los reportes anuales a partir del 2014 al 2018 para evaluar la calidad del agua que recibe el cuerpo de agua que es el lago Titicaca, esto con el propósito de establecer la importancia del adecuado tratamiento que se le da en la planta de tratamiento, adicionalmente el manejo adecuado que se debería de tener sobre la misma. La metodología aplicada para evaluación de la carga contaminante generado por la población de la municipalidad es mediante la medición del caudal que se registra los datos en campo, en la frecuencia de muestreo, en el procesamiento y análisis de parámetros analizados y en la evaluación de resultados. La cual nos permite determinar el estado actual en cuanto al comportamiento operacional y a eficiencia operacional de la planta de tratamiento de aguas residuales. Se determinó que el sistema está trabajando eficientemente. Por otro lado los parámetros físico químicos y microbiológicos evaluados cumplen con los valores de los límites máximos permisibles de efluente de plantas de tratamiento de aguas residuales pero el DBO₅ es de 78 mg/ L en el afluente y DQO reporta valores 130 mg/ L en el efluente esto nos indica que no cumplen con los estándares de calidad ambiental del agua Categoría 3 del Anexo B de los Estándares de calidad Ambiental, el valor obtenido en el Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo nos indica que el DBO₅ no se encuentra dentro de los Límites máximos permisibles, lo que indica que la materia orgánica es degradada por los microorganismos y ocasiona que se consuma el oxígeno, lo que podría provocar la desaparición de la fauna acuática. En cambio, la Bahía de Yunguyo tiene un pH de 8.5 que tiende a ser alcalino evidenciando el deterioro de la calidad del agua en esta Bahía.

Palabras Clave: Contaminación, Carga, Remoción, Vertimiento de aguas Residuales, Reutilización de aguas residuales

ABSTRACT

This research was carried out in the wastewater treatment plant from Yunguyo province, effectuating an evaluation in 4 monitoring points, they were established for indicating the annual reports from 2014 to 2018 to evaluate water quality, water that it receives the Lake Titicaca, this with purpose of establishing the importance in adequate treatment that is given to it in the treatment plant, in addition to adequate management that it should have on it. The methodology applied to assess the pollutant load generated by the municipality population is by measuring flow rate that it records field data, in frequency of sampling, in processing and analysis of parameters analyzed and in the evaluation of results. Which it allows us to determine the current status about operational behavior and operational efficiency wastewater treatment plant. It was determined that system is working efficiently. On the other hand, the physicochemical and microbiological parameters evaluated comply with maximum permissible values of wastewater treatment plants effluent, but DBO_5 is 78 mg / L in effluent and CHOD reports values 130 mg / L in effluent it indicates that they do not comply the environmental quality standards of water Category 3 Annex B of Environmental Quality Standards, this value obtained in Pichipa river and Yunguyo bay indicates that the DBO_5 is not within limits maximum permissible, this indicates that organic matter is degraded by microorganisms and it causes that oxygen to be consumed, which could induce to disappearance aquatic fauna. On the other hand, Yunguyo bay has pH 8.5 that it tends to be alkaline, evidencing the deterioration water quality in this bay.

Key Words: Pollution, Load, Removal, Wastewater Dumping, Wastewater Reuse.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso finito y fuente esencial de la vida. Como es un recurso limitado, debe ser administrado y reciclado apropiadamente. Desde que el hombre concientizó y valoró su importancia, se han hecho esfuerzos para mejorar su manejo, con especial énfasis en los procesos de distribución, almacenamiento y saneamiento. El crecimiento acelerado de la población ha representado un reto en cuanto a gestión del agua se refiere. (Rojas, 1999).

El tratamiento de aguas residuales abarca un amplio universo de temas. Existen muchas técnicas de saneamiento; sin embargo, aún no se ha desarrollado un tratamiento capaz de adaptarse a todas las condiciones presentes: clima, espacio, tiempo entre otras, y que al mismo tiempo sea capaz de cumplir con todas las demandas legislativas, energéticas, ambientales y económicas que permitan su aplicación. (Garduño, 1994).

Se conocen como aguas residuales a los productos líquidos que se generan como consecuencia del uso de agua para realizar una actividad previa, cualquiera que sea el carácter de esta actividad. Desde la realización de oficios domésticos hasta la producción a nivel industrial, desde el uso de sanitarios hasta el uso para riego en cultivos, la demanda de agua produce la generación inevitable de aguas residuales (Hillbeboe, 2005).

Las aguas residuales se convierten entonces en una fuente de contaminación o un foco de infección; esta es la razón por la cual es necesario que previo a su disposición final se enfatice en la necesidad de mejorar la eficacia del tratamiento para conocer si se está reduciendo la cantidad de carga contaminante en el proceso. Ya que al momento de un contacto directo o indirecto con aguas residuales de una alta concentración de

microorganismos patógenos es un factor de riesgo para contraer enfermedades. (Hillbeboe, 2005).

Aunque es imperante evitar la contaminación de los cuerpos de agua naturales, tanto superficiales como subterráneos, en el medio nacional todavía se da la inadecuada práctica de disponer las aguas residuales con tratamiento ineficiente, altamente contaminadas hacia corrientes naturales. Esto ha llevado al deterioro, principalmente por polución, de la calidad agua superficial de las diversas cuencas del país y en un futuro no muy lejano puede conducir a la pérdida de los recursos hídricos subterráneos. (Morales, 2007).

Es preocupante el deterioro de las pocas fuentes de agua con que se cuenta en el país. La indiferencia de algunos entes contaminantes y reguladores, la falta de conocimientos de las personas en cuanto a la disposición apropiada de las aguas residuales, la escasez de recursos para darles el tratamiento necesario y la abundancia de casos sin control de descarga de niveles altamente peligrosos de contaminantes y esto se da en los entes gubernamentales como privados, lo cual ocasiona de manera alarmante la mala calidad de agua que se está descargando a los cuerpos receptores con o sin tratamiento actualmente. (Morales, 2007).

Basados en los anteriores planteamientos se tiene el siguiente objetivo general: Evaluar la carga contaminante que ocasionan los vertimientos de la Municipalidad de Yunguyo para contribuir al control de la contaminación y promover la recuperación, uso y manejo ambiental adecuado del ecosistema del Lago Titicaca mediante análisis fisicoquímico y los siguientes objetivos específicos: Realizar el monitoreo físico-químico y microbiológica del vertimiento de las aguas residuales, realizar la zonificación de la contaminación de los emisores sobre la base de los resultados del monitoreo e identificar las principales fuentes de efluentes o sustancias peligrosas

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este estudio tiene el objetivo de determinar el riesgo de contaminación de las aguas que desembocan al lago Titicaca, mediante la evaluación del índice de vulnerabilidad del acuífero y la caracterización de la carga contaminante al subsuelo y al lago.

Dentro de este enfoque, se pretende caracterizar y estimar la carga contaminante al subsuelo en la zona urbana del sector estudiado. Como complemento de este estudio y a efectos de determinar la influencia de las cargas contaminantes sobre el acuífero, se realiza análisis en muestras de aguas que desembocan al lago, de algunos componentes relacionados con las posibles fuentes contaminantes.

La implementación de la red de monitoreo de las descargas de aguas residuales urbanas será de gran utilidad para conocer la influencia de las aguas residuales provenientes, del vertimiento de la población de la Municipalidad de Yunguyo al lago, ayudará a identificar las descargas que aportan más contaminantes y contribuirá para que la municipalidad defina políticas para el desarrollo de proyectos para el manejo racional de las aguas residuales, de acuerdo a esto se ha planteado las siguientes interrogantes.

1.1.1. Problema general

¿De qué manera podemos reducir la carga contaminante que ocasionan los vertimientos generados por la población de la Municipalidad de Yunguyo para contribuir al control de la contaminación y promover la recuperación, uso y manejo ambiental adecuado del ecosistema del Lago Titicaca mediante análisis fisicoquímico?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cómo podemos realizar el monitoreo físico-químico y microbiológica del vertimiento de las aguas residuales?

- ¿Cómo podemos realizar la zonificación de la contaminación en base de los resultados del monitoreo?
- ¿De qué manera podemos identificar las principales fuentes de efluentes o sustancias peligrosas?

1.2. HIPÓTESIS GENERAL

1.2.1. Hipótesis general

La carga contaminante generada por la población se reduce en la Municipalidad Provincial de Yunguyo con descargas de aguas residuales con o sin tratamiento.

1.2.2. Hipótesis específicas

- La calidad del agua de los vertimientos de las aguas residuales se determina por análisis fisicoquímicos y microbiológicos en laboratorio.
- Los puntos de monitoreo sistemáticos se establecen para levantar información de los parámetros físico-químicos y microbiológicos.
- El grado de contaminación en el tiempo generan registros, es precisamente esta información la que posteriormente permitirá establecer los planes de manejo ambiental de las descargas de aguas residuales al lago.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la carga contaminante que ocasionan los vertimientos de la Municipalidad de Yunguyo para contribuir al control de la contaminación y promover la recuperación, uso y manejo ambiental adecuado del ecosistema del Lago Titicaca mediante análisis fisicoquímico.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el monitoreo físico-químico y microbiológica del vertimiento de las aguas residuales.
- Realizar la zonificación de la contaminación de los emisores sobre la base de los resultados del monitoreo.
- Identificar las principales fuentes de efluentes o sustancias peligrosas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. REFERENCIAS TEÓRICAS

2.1.1. Definición de Agua Residual

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. (Fair, G. Geyer, J. y Okun, D. , 1992).

Las aguas residuales o agua residual son aquel tipo de agua que se haya contaminada con elementos tóxicos tales como materia fecal y orina de seres humanos, e incluso de animales, considerándose también como el producto sobrante de las actividades cotidianas de subsistencia humana. Tales aguas contaminadas, no solo poseen presencia de agentes contaminantes orgánicos sino también disponen de otras sustancias residuales provenientes del ámbito doméstico, industrial, agua de lluvia, y la típica infiltración de agua en el terreno, las cuales resultan nocivas para los seres vivos. (Garduño, 1994).

2.1.2. Tipos de Aguas Residuales

2.1.2.1. Aguas Residuales Urbanas

Las aguas residuales urbanas no alcanzan, el nivel que deberían tener para compensar la diferencia que existe con la capacidad depuradora de los ríos. Las aguas residuales de las urbes, sin residuos industriales, provocan una perturbación que se manifiesta principalmente por la disminución del oxígeno disuelto debido a la materia orgánica que agregan. Estas se originan mediante el aporte de desechos humanos y animales, residuos

domésticos, de restos vegetales, de aguas de lluvia, aguas de lavado y otros. (Seoanez, 1995).

a. Origen de las aguas residuales urbanas

Llamamos aguas residuales a los líquidos procedentes de la actividad humana, que llevan en su composición gran parte de agua, y que generalmente son vertidos a cursos o a masas de aguas continentales o marinas. (Seoanez, 1995).

- **Excretas:** Son las que contienen los residuos sólidos y líquidos que constituyen las heces humanas fundamentalmente, y tienen la siguiente composición:

Las Deyecciones sólidas se componen normalmente de agua, celulosa, lípidos, prótidos y materia orgánica en general que en forma de elementos compuestos de interés agrario corresponden a porcentajes de hasta 30% de N, 3% de H_3PO_4 y 6% de K_2O , entre otros.

Cuando son expulsadas las heces. Aparece un principio de putrefacción, que tiene lugar sobre las proteínas, tanto alimenticias como aquellas provenientes de secreciones y restos de la mucosa intestinal. Asimismo, se presentan descarboxilaciones de aminoácidos que producen lesina, tirosina, aminas, etc., y desaminaciones con desprendimiento de NH_3 . (Garduño, 1994).

b. Residuos domésticos

Son los que proceden de la evacuación de los residuos y manipulaciones de cocinas (desperdicios, arenas de lavado, residuos animales y vegetales, detergentes y partículas), de los lavados domésticos (jabones, detergentes sintéticos con espumantes MES, sales, etc.), y de la actividad general de las viviendas (celulosa, almidón, glucógeno, insecticidas, partículas orgánicas, etc.) y que se recogen en la limpieza de la habitación humana. (Garduño, 1994).

c. Pluviales:

Formadas por todos los escurrimientos superficiales de las lluvias, que fluyen desde los techos, pavimentos y otras superficies naturales del terreno (Hillbeboe, 2005).

Al caer la lluvia sobre una ciudad, arrastrará las partículas y fluidos presentes en las superficies expuestas, es decir: hollín, polvo de ladrillo y cemento esporas polvo orgánico e inorgánico de los tejados, partículas sólidas polvo, hidrocarburos de las vías públicas, restos de vegetales y animales y partículas sólidas (tierras) de los parques y zonas verdes. Si la precipitación es suficiente, los arrastres se efectuarán hasta la red de evacuación y aparte de los componentes extraños, el volumen de agua es tal que produce diluciones a tener en cuenta en los procesos de depuración. (Rojas, 1999).

d. Infiltraciones

A veces en zonas verdes urbanas, y debido a la composición de su suelo, se produce infiltración de aguas hacia los acuíferos, con el consiguiente peligro de contaminación.

Normalmente, las redes de evacuación de las aguas residuales son subterráneas, y en aquellos casos en que los acuíferos están próximos a la superficie por lluvias u otras causas existe peligro de infiltraciones y fugas a través de tuberías en mal estado o con conexiones defectuosas, o simplemente por paso gravitatorio normal. (Romero R, 2000).

Existen diferentes formas de denominar a las aguas residuales, las cuales se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 1: Tipos de agua residual

Tipo de agua	Definición	Característica
Agua residual domestica	Producida en las diferentes actividades al interior de las viviendas, colegios, etc	Los contaminantes están presentes en moderadas concentraciones
Agua residual municipal	Son las transportadas por el alcantarillado de una ciudad o población	Contiene materia orgánica, nutrientes, patógenos, etc
Agua residual industrial	Las resultantes de las descargas de industrias	Su contenido depende del tipo de industria y/o procesos industriales
Agua negra	Contiene orina y heces	Alto contenidos de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos farmacéuticos
Agua amarilla	Es la orina transportada con o sin agua	Alto contenido de nutrientes, productos farmacéuticos, hormonas y alta concentración de sales
Agua café	Agua con pequeña cantidad de heces y de orina	Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos
Agua gris	Provenientes de lavamanos, duchas, lavadoras	Tiene pocos nutrientes y agentes patógenos y por el contrario presentan máxima de carga de productos para el cuidado personal y detergentes

FUENTE: (Romero R, 2000).

2.1.3. Composición de las Aguas Residuales

Indica que son aguas residuales domésticas. Se puede incluir bajo esta definición a la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial, aguas residuales de

origen industrial, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (Crites R. , Tchobanoglous, 2000).

Manifiesta que las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificada por diversos usos en actividades domésticas, industriales comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiados. (Fair, G. Geyer, J. y Okun, D. , 1992).

Indica que es importante recordar que siempre ocurrirán variaciones significativas en las plantas de tratamiento u otros sistemas de tratamientos de aguas residuales, dependiendo de la dimensión del sistema, del tipo de aguas residuales y del diámetro e inclinación de los interceptores y tipos de contribuyentes de aguas residuales. (Palacios, 1991).

Las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca del 99.9 % y un 0.1 % de sólidos suspendidos, de los cuales el 70% son orgánicos y el 30% son inorgánicos como arenas, sales y metales; siendo éste 0.1% el que debe ser sometido a tratamiento. La composición del agua residual está en función del uso, ésta depende tanto de las características sociales y económicas de la población, así como del clima, la cultura y del uso del suelo entre otras. (Palacios, 1991).

La composición y la concentración de estos constituyentes dependerán hasta cierto punto de las costumbres socio-económicas de la población contribuyente. La composición del agua residual está determinada por el caudal y por su fuente. Las aguas residuales consisten básicamente en: agua, sólidos disueltos y sólidos en suspensión. Los sólidos son la fracción más pequeña (representan menos del 0.1 % en peso), pero

representa el mayor problema a nivel del tratamiento. El agua provee sólo el volumen y el transporte de los sólidos. (Palacios, 1991).

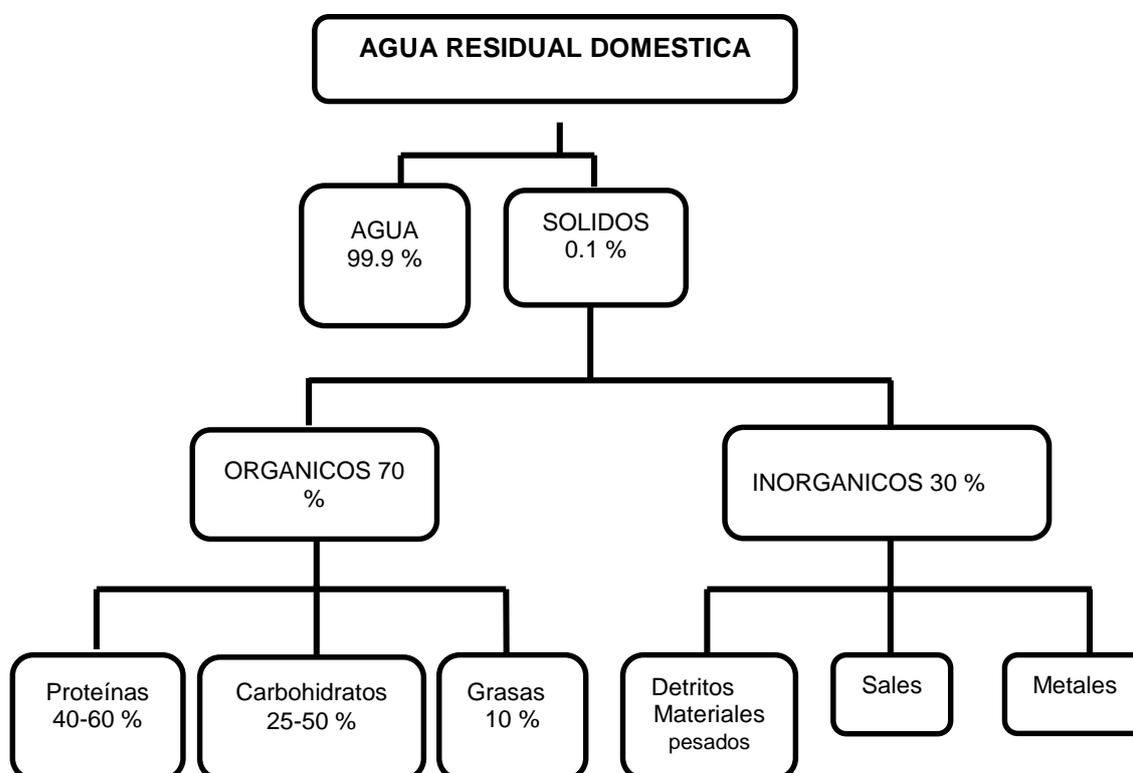


Figura 1: Composición de las aguas residuales domesticas

FUENTE: (Eddy & Metcalf, 1996).

Aproximadamente el 65% de los sólidos orgánicos son proteínas como albúminas, globulinas y enzimas provenientes de las industrias o de la actividad microbiológica en el agua residual.

La proporción de los carbohidratos está en función de las costumbres en la región (éstos se encuentran en sus formas más comunes como glucosa, sacarosa, almidón y celulosa). Las grasas y aceites animales o vegetales son el tercer componente de los alimentos. En la tabla 2 se presenta los constituyentes que deben ser reducidos de las aguas residuales.

Tabla 2: Constituyentes para reducir en aguas residuales

CONTAMINANTES	IMPORTANCIA
Sólidos Suspendidos	Forman depósitos de lodo y favorecen las condiciones anaerobias cuando son descargados a los ecosistemas
Materia orgánica	Compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas; por lo general, se miden en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento a un cuerpo de agua, reduce en este el oxígeno disuelto y desarrolla condiciones anaerobias.
Patógenos	Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto al carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando son descargados en los cuerpos de agua generan crecimiento excesivo de algas y condiciones anaerobias
Contaminantes importantes	Compuestos orgánicos e inorgánicos que causan alteraciones genéticas, mutaciones, además son cancerígenos
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de las aguas residuales, Ejemplos típicos incluyen detergentes, fenoles y pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Se encuentran en las aguas residuales provenientes de industrias, pueden ser removidos y reutilizados
Compuestos orgánicos disueltos	El calcio, sodio y sulfato, son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual.
Temperatura	Ligeramente alta comparada con el agua de beber Variaciones acorde al año (estaciones) Influye en la actividad microbiana Influye en la solubilidad de los gases Influye en la viscosidad
Color	Aguas frescas: ligeramente gris Aguas sépticas: gris oscuro o negro

FUENTE: (Metcalf & Eddy, 2003).

2.1.4. Características de las Aguas Residuales

El conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales es esencial para el proyecto y funcionamiento de las instalaciones de tratamiento. Se define como agua residual al líquido de composición variada proveniente de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original. (Massieu, 2008).

Se entiende por aguas residuales aquellas que han sido utilizadas con un fin consuntivo, incorporando a ellas sustancias que deterioran su calidad original (contaminación), disminuyendo su potencialidad de uso. (Garduño, 1994).

Aguas residuales son aquellas 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. (Fair, G. Geyer, J. y Okun, D. , 1992).

Establece que “las aguas residuales domesticas son aguas procedentes de las viviendas, oficinas y edificios comerciales que se conducen en forma combinada en alcantarillas subterráneas a una laguna de estabilización que generalmente están alejadas de la ciudad”. Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales o aguas negras. Son residuales pues habiendo sido usadas constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo: son negras por el color que habitualmente tienen. (Palacios, 1991).

Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales.

Indica que son aguas residuales domésticas. Se puede incluir bajo esta definición a la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial, aguas residuales de origen industrial, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (Crites R. , Tchobanoglous, 2000).

Manifiesta que las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificada por diversos usos en actividades domésticas, industriales comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiados. (Noriega. P, 1999).

2.1.4.1. Características físicas

Sólidos suspendidos totales

Los sólidos totales presentes en el agua residual se clasifican según su tamaño o presentación en sólidos suspendidos y sólidos filtrables. Sólidos suspendidos: son las partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basuras, etc., y aquellas otras que también son perceptibles a simple vista y tienen posibilidades de ser separadas del líquido por medios físicos sencillos. (Hillbeboe, 2005).

Dentro de los sólidos suspendidos se pueden distinguir los sólidos sedimentables, que se depositarán por gravedad en el fondo de los receptores. Estos sólidos sedimentables, son una medida aproximada de la cantidad de fango que se eliminará mediante sedimentación. (Romero R, 2000).

Sólidos filtrables: esta fracción se compone de sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro aproximado que oscila entre 10^{-3} y 1 micra. (Figura 2). Esta fracción no puede eliminarse por sedimentación. Los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas, moléculas inorgánicas e iones que se encuentran disueltos en el agua. Por lo general, se requiere una coagulación seguida de sedimentación para eliminar estas partículas de la suspensión.

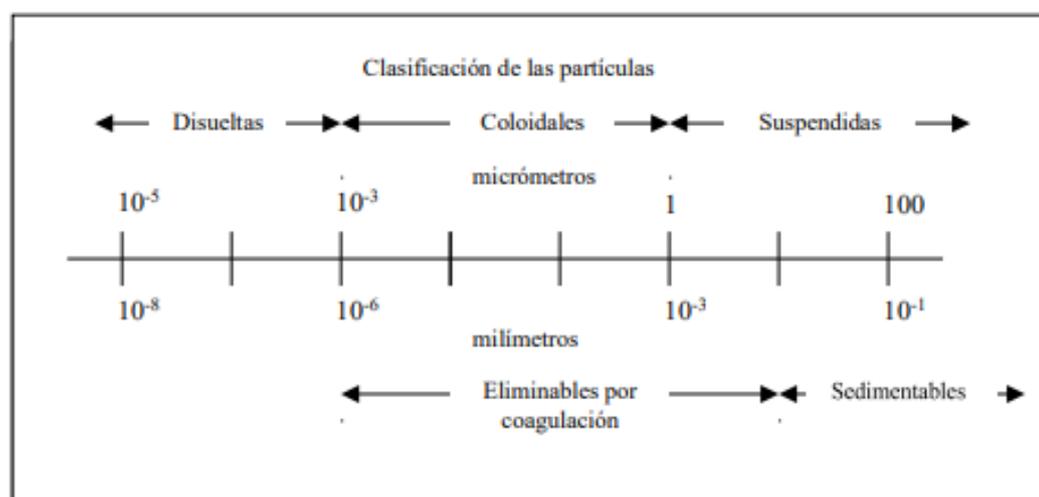


Figura 2: Clasificación de las partículas sólidas contenidas en un agua residual, según su diámetro

FUENTE: (Metcalf & Eddy, 2003).

Menciona que la remoción de sólidos suspendidos. Es muy efectiva en los dos tipos de humedales. La gran parte de la remoción ocurre en los primeros metros a la entrada, debido a las condiciones tranquilas y a la poca profundidad del agua en el sistema. La dispersión del flujo en la entrada puede controlarse con un difusor para mantener bajas velocidades incluso para evitar condiciones anóxicas. (Epa U.S, 1998).

Si el agua en el humedal no se protege de la luz solar con la vegetación, las algas causan grandes fluctuaciones en los niveles de oxígeno en la columna de agua.

Temperatura

La temperatura de las aguas residuales es mayor que la de las aguas no contaminadas, debido a la energía liberada en las reacciones bioquímicas, que se presentan en la degradación de la materia orgánica. Las descargas calientes son otra causa de este aumento de temperatura.

Indica que la temperatura óptima para el crecimiento de las bacterias nitrificantes es de 30-35 °C, a esta temperatura las bacterias se acondicionan rápidamente. (Morales, 2007).

2.1.4.2. Características químicas

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es la calidad de oxígeno expresada en mg/L., necesaria para la degradación biológica de la materia orgánica contenida en el agua. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales en general residuales. El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO a 5 días (DBO₅). La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.

Los resultados de los ensayos de DBO₅ se emplean para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente; dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales; medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como DBO₅. Según las reglamentaciones, se fijan valores de DBO₅ máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder verterlas a los ríos y otros cursos de agua. De acuerdo a estos valores se establece, si es posible arrojarlas directamente o si deben sufrir un tratamiento previo. (Yañes, 1990).

Demanda química de oxígeno (DQO)

Es la cantidad de oxígeno expresada en mg/L, necesario para la degradación química de la materia orgánica contenidas en aguas servidas o naturales, se mide en el laboratorio bajo condiciones determinadas. El ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. En el ensayo, se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO, siendo esto debido al mayor de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. (Yañes, 1990).

Potencial de hidrogeno (pH)

El pH óptimo para la nitrificación de filtros está en el rango de 6-9, aunque para un filtro. También pueden operar desde pH tan bajos como 5.0 a pH altos como 10.0 si ellas se adaptan lentamente fuera de los límites del rango.

Considero el mejor rango del pH para el cultivo en agua dulce de 7.1-7.8 y para agua salada un rango de 7.0-8.2.

Indica que la medida de la concentración de ion hidrogeno en el agua expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar de ion hidrogeno. (Romero R, 2000).

Materia orgánica

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. (Hillbeboe, 2005).

La urea, principal constituyente de la orina, es otro importante compuesto orgánico del agua residual. En razón de la rapidez con que se descompone, la urea es raramente hallada en un agua residual que no sea muy reciente. El agua residual contiene también pequeñas cantidades de moléculas orgánicas sintéticas como agente tenso activos, fenoles y pesticidas usados en la agricultura (Rojas, 1999).

Nitrógeno

Nutriente esencial para el crecimiento de proteínas y plantas. Las formas de interés en aguas residuales son la de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos y nitratos. Todos son formas interconvertibles bioquímicamente y componentes del ciclo del nitrógeno. Se denomina NTK nitrógeno total kjeldhal, al nitrógeno orgánico amoniacal. (Romero R, 2000).

Fósforo

Menciona que el nitrógeno, esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Debido a los crecimientos indeseables de algas que ocurre en aguas superficiales, existe marcado interés en removerlo de las aguas residuales. En aguas residuales domesticas el contenido de fosforo oscila entre 6y 20mg/L, las formas usuales son los orto fosfatos, poli fosfatos, y fosfato orgánico. (Romero R, 2000).

Oxígeno disuelto

Los niveles de oxígeno en el agua dependen de las actividades físicas, químicas y bioquímicas que ocurren en el agua, y su presencia es una condición fundamental para el desarrollo de la vida acuática vegetal y animal. Si hay materia orgánica en el agua puede reducirse a cero el contenido de oxígeno en ella, por ello generalmente las aguas negras carecen de oxígeno disuelto en aguas contaminadas son debido a la descomposición aeróbica de materiales orgánicos e inorgánicos. (Sánchez, 1994).

Tanto las bacterias aeróbicas como anaeróbicas son encontradas en el lecho del filtro, pero son las formas aeróbicas que predominan en las paredes aireadas de los acuarios. El crecimiento y la actividad de las bacterias anaeróbicas son inhibidas en la presencia de oxígeno y la adecuada circulación a través de la capa del filtro la mantienen detenidas y es así que cuando el oxígeno decrece las bacterias anaeróbicas se proliferen. (Garduño, 1994).

2.1.4.3. Características biológicas

Coliformes fecales

Menciona que los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son, generalmente, pocos y difíciles de aislar e identificar. Por esta razón se prefiere utilizar a los coliformes como organismo indicador de contaminación o, en otras palabras, como indicador de la existencia de organismos productos de enfermedades. (Romero R, 2000)

Menciona que los Coliformes son bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos cada persona evacua alrededor de 100000 a 400000 millones de coliformes por gramo de heces. (Crites R. , Tchobanoglous, 2000).

2.1.5. Tratamiento de Aguas Residuales

Existen procesos naturales de autodepuración que son inherentes a los cuerpos de agua, esto ocurre gracias a la presencia de microorganismos como bacterias y algas, que descomponen los desechos, metabolizándolos y transformándolos en sustancias simples tales como dióxido de carbono, nitrógeno, entre otros. Asimismo, ciertos microorganismos tienen la capacidad de absorber algunas sustancias inorgánicas tóxicas. Si las sustancias extrañas en los cuerpos de agua se encuentran dentro de ciertas concentraciones límites, se inicia el proceso de autodepuración principalmente si son sustancias orgánicas como detergentes, fenoles. De lo contrario, si los vertidos superan las concentraciones límites para que el cuerpo de agua inicie el proceso de autodepuración natural, es necesario realizar el tratamiento. El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y/o biológicos que tienen como finalidad eliminar los contaminantes presentes en las aguas residuales y convertirla en agua limpia, estéticamente atractiva y segura para reutilización o vertido en corrientes naturales. (Noriega. P, 1999).

La solución tecnológica más conveniente será aquella que conjugue adecuadamente la técnica, los recursos de manera eficiente y se adapte a las condiciones del lugar donde se va a instalar la Planta. Es preciso señalar que la selección de los procesos y/o el tipo de planta serán diferentes dependiendo de las características del lugar a instalar. Sin embargo, el proceso usual del tratamiento de aguas residuales domésticas puede dividirse en las siguientes etapas:

- Pretratamiento,
- Tratamiento primario o físico,
- Tratamiento secundario o biológico y Tratamiento terciario que usualmente implica una cloración.

2.1.5.1. Pretratamiento

Esta etapa tiene el propósito de eliminar materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos cuya presencia en el efluente perturbaría el sistema de tratamiento total y el funcionamiento eficiente de las maquinas, equipos e instalaciones de la estación depuradora. En el pretratamiento se efectúa el desbaste (rejas) para eliminar las sustancias de tamaño excesivo, el tamizado para eliminar las partículas en suspensión, el desarenado para eliminar las arenas y sustancias sólidas densas en suspensión y el desengrasado para eliminar los aceites y elementos flotantes del agua residual. (Garduño, 1994).

2.1.5.2. Desbaste

El sistema más grosero de separación es el desbaste, que se lleva a cabo mediante rejas cuyo objeto es retener objetos voluminosos y en suspensión de un cierto tamaño que son arrastrados por el agua.

Existen diferentes tipos de rejas, pudiéndose realizar su clasificación en función de diferentes criterios:

- a) Según la inclinación: Horizontales, verticales o inclinadas
- b) Según la separación entre barras: Finas ($< 1,5$ cm), medias (entren 1,5 y 5 cm) y gruesas (entre 5 y 15 cm) 1,5 y 5 cm) y gruesas (entre 5 y 15 cm)
- c) Según el tipo de limpieza: Manual o automática

Un tipo especial de elemento de desbaste son las rejillas de discos, que consisten en una serie de ejes giratorios que mueven unos discos solapados que forman una malla con separaciones libres entre 2,5 y 9 mm.

Estos discos giran con una velocidad ligeramente superior a la de la corriente de Estos discos giran con una velocidad ligeramente superior a la de la corriente de agua, desplazando las partículas hasta una zona de descarga. (Hernández Muñoz, 2001)

Desbaste, consiste en hacer pasar el agua residual a través de rejas, y dependiendo del tipo de la separación entre los barrotes, se pueden clasificar en:

- Desbaste fino: con separación libre entre barrotes de 10-25 mm.
- Desbaste grueso: con separación libre entre barrotes de 50-100 mm.

Los barrotes han de tener espesores mínimos según los tipos de reja:

- Reja de gruesos: entre 12-25 mm.
- Reja de finos: entre 6-12 mm.

También hay que distinguir entre los tipos de limpieza de rejas para finos y para gruesos:

- Rejas de limpieza manual
- Rejas de limpieza automática

La limpieza de las rejas es una operación de mantenimiento de gran importancia, ya que la pérdida de carga aumenta a medida que crece el grado de obturación. (Rigola Lapeña, 1989).

2.1.5.3. Tamizado

Consiste en la filtración sobre soporte delgado, para retener y eliminar le materia que por su tamaño pueda interferir en los tratamientos posteriores. Según las dimensiones de los orificios de paso del tamiz, se distinguen:

- Macrotamizado, se realiza sobre chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0,2 mm. Se utilizan para retener materias en suspensión, flotantes o semiflotantes, residuos vegetales o animales, ramas de tamaño entre 0,2 y varios milímetros.

- Microtamizado, se realiza sobre tela metálica o plástica de malla inferior a 100 micras. Se usa para eliminar materias en suspensión muy pequeñas contenidas en el agua de abastecimiento (Plancton) o en aguas residuales pretratadas. Los tamices se incluirán en el pretratamiento de una planta depuradora cuando las aguas residuales crudas llevan cantidades excepcionales de sólidos en suspensión, flotantes o residuos. (Rigola Lapeña, 1989).

2.1.5.4. Desarenado

Tiene la función de eliminar las partículas de granulometría superior a 200 micras, para evitar la formación de sedimentos en los canales, tuberías y conducciones, y proteger de ese modo a las bombas y otros equipos mecánicos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en las siguientes fases de tratamiento. Los desarenadores se diseñan para eliminar partículas de arenas de tamaño superior a 0,200 mm y peso específico medio 2,65, obteniéndose un porcentaje de eliminación del 90%. Si el peso específico de la arena es menor de 2,65, deben usarse velocidades de sedimentación menores. (Hernández Muñoz, 2001).

2.1.5.5. Desaceitado y Desengrasado

Tiene la función de eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores. El desaceitado consiste en una separación líquido-líquido, mientras que el desengrasado es una separación sólido-líquido. En ambos casos se eliminan los aceites, grasas, espumas, etc. mediante insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y/o aceite y mejorar la flotabilidad. Si el desengrasado y desarenado se hacen juntos en un mismo recinto, es necesario crear una zona de tranquilización donde las grasas flotan y se acumulan en la superficie, evacuándose por vertedero o por barrido superficial, y las arenas sedimentan

en el fondo y son eliminadas por uno de los métodos indicados previamente. (Hernández Muñoz, 2001).

2.1.5.6. Digestión Primaria de Lodos

En la decantación primaria y secundaria se producen lodos primarios o secundarios. Estos lodos están compuestos por agua y partículas sólidas. El agua se encuentra agregada o como agua capilar. Las proteínas hidrófilas absorben moléculas de agua. La proporción del líquido es del 95-99%. El volumen de lodos depende del tipo de tratamiento de las aguas residuales y de factores externos, como condiciones climatológicas o el volumen de residual tratado. Estos lodos pueden entrar rápidamente en putrefacción y generar, además, malos olores. En tal sentido, la digestión de los lodos primarios requiere de sistemas que garanticen tiempos de detención de sólidos superiores a los 25 días cuando se tienen aguas residuales con temperaturas promedio entre 20 a 25°C. (Hernández Muñoz, 2001).

2.1.5.7. Tratamiento Secundario

La finalidad del tratamiento secundario es la reducción de la materia orgánica contenida en las aguas residuales después de realizadas las fases de pretratamiento y tratamiento primario. El tratamiento secundario o biológico se ha sido diseñado en base al proceso biológico de autodepuración, que ocurre naturalmente. Este tratamiento previene la contaminación de los cuerpos de agua receptores de las descargas de las aguas residuales. En estos procesos, la materia orgánica biodegradable de las aguas residuales actúa como nutriente de una población bacteriana a la cual se le proporciona oxígeno y condiciones controladas. El tratamiento biológico es por tanto la oxidación de la materia orgánica biodegradable con participación de bacterias para acelerar un proceso natural y evitar posteriormente la presencia de contaminantes y la ausencia de oxígeno en el agua.

Para que la transformación biológica sea efectiva y eficiente, deben existir condiciones adecuadas para el crecimiento bacteriano, considerando temperatura (30-40°C), oxígeno disuelto, pH adecuado (6,5-8,0), salinidad (menor a 3.000 ppm). Las sustancias tóxicas, como metales pesados Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, cianuros, fenoles y aceites actúan como sustancias inhibitoras, por este motivo es necesario evitar su presencia en estos procesos. Con el tratamiento secundario se puede remover hasta un 90% de la carga orgánica del agua. La biomasa bacteriana puede estar soportada en un lecho fijo, como superficies inertes (rocas, escoria, material cerámico o plástico) o puede estar suspendida en el agua a tratar en condiciones de lecho móvil o lecho fluidizado. En cada una de estos casos la concentración de oxígeno en el agua determina la existencia de bacterias aeróbicas, facultativas o anaerobias. Los procesos aerobios con biomasa suspendida que más se aplican son los de lagunas aireadas y los de lodos activados (Rigola Lapeña, 1989).

2.1.5.8. Lagunas Aireadas

Son embalses de agua residual que ocupan una gran superficie de terreno, por lo que se emplean cuando no hay recursos económicos suficientes para otros procesos. El agua servida así dispuesta se oxigena mediante aireadores superficiales o difusores sumergidos para generar oxidación bacteriana. Estos dispositivos crean una turbulencia que mantiene la materia en suspensión.

El tiempo de residencia normal del agua en este proceso es de 3 a 6 días, durante los cuales las bacterias logran un crecimiento acelerado, dependiendo de las condiciones climáticas y suponiendo una aireación suficiente. La separación de sólidos se logra por decantación que dura de 6 a 12 horas. La calidad del efluente de este proceso es inferior al de lodos activados debido a que no se realiza la recirculación de lodos. (Romero R, 2000).

2.1.5.9. Proceso de Lodos Activados

El proceso consiste en la mezcla de las aguas residuales aireadas con bacterias aeróbicas que se han desarrollado previamente. La mezcla de las aguas residuales, previamente decantadas, se agita por medio de bombas para que la materia permanezca en suspensión y en constante contacto con oxígeno en el interior de las piscinas de concreto armado. La materia orgánica degradada del agua residual flocula, lo que permite decantar. Una parte de la biomasa sedimentada se devuelve al tratamiento biológico, para mantener una población bacteriana adecuada, y el resto se separa como lodo. Las ventajas principales de este proceso son el corto tiempo de residencia de la biomasa en las piscinas (6 horas), permitiendo tratar grandes volúmenes en espacios reducidos y la eficiencia en la extracción de las materias suspendidas. Sin embargo, la eficiencia en la eliminación de bacterias patógenas es baja. El agua tratada en un proceso de lodos activados o en lagunas aireadas puede ser utilizada para riego si previamente se somete a proceso de desinfección. (Romero R, 2000).

2.1.5.10. Tratamiento Terciario

Los procesos de tratamiento terciario tienen como propósitos eliminar la carga orgánica remanente del tratamiento secundario, eliminar microorganismos patógenos, color y olor indeseables, así como remover detergentes, fosfatos y nitratos residuales, que ocasionan espuma y eutrofización. La desinfección se lleva a cabo para reducir el número de organismos patógenos vivos en el agua. Los métodos más comunes son la cloración, ozonificación y la radiación con luz ultravioleta (UV). La cloración es parte del tratamiento terciario o avanzado que se emplea para lograr un agua más pura. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua tratada, del tipo de desinfección utilizada y de la dosis de desinfectante. La desinfección con cloro o

hipoclorito sódico, es la forma más común de desinfección de las aguas residuales debido a su bajo costo y eficacia. Esta es empleada para esterilizar las aguas residuales, mediante la oxidación de la materia orgánica. (Hernández Muñoz, 2001).

2.1.5.11. Manejo de Lodos

Los sedimentos que se generan en las etapas primaria y secundaria se denominan lodos o fangos. Estos lodos contienen gran cantidad de agua (99 %), microorganismos patógenos y contaminantes orgánicos e inorgánicos. Se han desarrollado varios métodos para el tratamiento de los lodos e incluyen: digestión anaerobia, digestión aerobia, compostaje, acondicionamiento químico y tratamiento físico. El propósito del tratamiento de los lodos es destruir los microbios patógenos y reducir el porcentaje de humedad. La digestión anaerobia se realiza en un estanque cerrado llamado digestor y no requiere la presencia de oxígeno pues se realiza por medio de bacterias que se desarrollan en su ausencia. Para el óptimo crecimiento de estos microorganismos se requiere una temperatura de 35 °C. Las bacterias anaerobias degradan la materia orgánica presente en el agua servida, en una primera fase, a ácido propiónico, ácido acético y otros compuestos intermedios, para posteriormente dar como producto final metano (60-70 %), anhídrido carbónico (30 %) y trazas de amoníaco, nitrógeno, anhídrido sulfuroso e hidrógeno. El metano y el anhídrido carbónico son inodoros; en cambio, el ácido propiónico tiene olor a queso rancio y el ácido acético tiene olor a vinagre. Estos lodos, como tales no tienen valor económico y ocasionan daños al medio ambiente. Sin embargo, se tienen experiencias exitosas en el procesamiento de los lodos mediante uso de digestores anaerobios para generar biogás y fertilizante. El biogás se transforma en energía eléctrica que permite ingresos importantes y puede reducir los costos de operación y mantenimiento. El lodo deshidratado puede disponerse en

vertederos, incinerarlo, o lo más deseable, usarlo como fertilizante y acondicionador del suelo, aunque su composición puede limitar este uso. (Rigola Lapeña, 1989).

2.2. ANTECEDENTES

(Alanoca, 2008) en su tesis titulado “Evaluación de la eficiencia operacional mediante las características físico-químicas y biológicas de los afluentes y efluentes de las lagunas de estabilización en llave”.

Llegando a las conclusiones de que la eficiencia de tratamiento del sistema mediante la caracterización físico-químico y biológico de los parámetros evaluados son: sólidos totales 25.68%, sólidos sedimentables 42.15%, DBO₅ 54.92%, DQO 21.85%, Coliformes Totales 69.15% y Coliformes Fecales 63.08%. 2) Según el balance hídrico se encontró que las pérdidas del caudal en el sistema es de 3.35 L/s, lo que representa el 27.44%.

(Correa, 2008), en su tesis titulada “Evaluación y monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de santa fe de Antioquia, Colombia”.

El cual tiene como objetivos: 1) Evaluar el sistema de lagunas para el tratamiento de las aguas residuales del municipio de Santa Fe de Antioquia desde su diseño original y operativo teniendo en cuenta: caudal y carga de diseño, factores ambientales, sistemas de entrada y salida y dimensiones físicas. Llegando a las siguientes conclusiones:

La laguna anaerobia presentó altas remociones, con 72% en DBO₅ total y 89% en DBO₅ soluble, además en DQO total y soluble fue de 59 y 81% respectivamente. De igual forma para los sólidos suspendidos totales fue de 60% y para los suspendidos volátiles fue de 52%.

En resumen, la laguna anaerobia es responsable del 70% de remoción en DBO₅ total en el sistema. En cuanto a la remoción en la laguna facultativa 1 se obtuvieron remociones

en DBO₅ de 59% y en DQO de 79%. Para la laguna facultativa 2 la eficiencia fue de 62% en DBO₅ y 74% en DQO.

(Palomino, 2011) en su tesis titulada “Reducción de la Carga de Contaminantes de las Aguas Residuales de la Planta de Tratamiento de Totora –Ayacucho Empleando la Técnica de Electrocoagulación”.

- El método de electrocoagulación resultó ser muy efectivo y útil en el propósito de reducir la carga de contaminantes del efluente de la PTAR “La Totora”. Su aplicación permitió la remoción de turbidez, sólidos totales, sólidos disueltos, alcalinidad, dureza total, coliformes fecales y materia orgánica expresada como disminución de DBO₅. En la actualidad donde el fenómeno ambiental está tomando cada vez mayor interés la electrocoagulación se perfila como un método prometedor de limpieza y purificación para tratamiento de agua.
- La caracterización de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del efluente de la PTAR Ayacucho, “La Totora” reportó valores altos para parámetros importantes que miden la calidad del agua, tales como coliformes fecales con 43x10⁶ NMP/100 mL y DBO₅ 74 con 41,80 mg O₂/L; valores altos de coliformes fecales evidencian contaminación fecal, relacionado con la presencia de organismos patógenos, por lo que el efluente en estudio está contaminado y su uso representa un riesgo elevado para la salud, además ocasiona un impacto negativo en las aguas receptoras que son utilizadas para riego. Los demás parámetros fisicoquímicos evaluados, tales como pH, conductividad, turbidez, sólidos totales, sólidos disueltos, alcalinidad, dureza total, cloruros y metales (aluminio, arsénico, cadmio y plomo), están dentro de los límites máximos permisibles según los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ENCAA) para agua de categoría 3 destinada para riego y bebida de animales.

(Hidalgo y Mejía, 2010), en su tesis titulada “Diagnóstico de la contaminación por aguas residuales domésticas, cuenca baja de la quebrada la Macana, San Antonio de Prado. Municipio de Medellín”

Para el tramo objeto de estudio un 10% de los habitantes no cuentan con sistema de tratamiento de aguas residuales por encontrarse en zona de alto riesgo, descargando directamente a la quebrada y produciendo el 38% de la carga contaminante. Dado que estos representan un porcentaje importante se recomienda implementar para ellos un sistema de tratamiento no convencional que permita mediante mangueras y tuberías flexibles y recoger estas aguas residuales y llevarlas hasta un sitio donde sea posible realizar el tratamiento con el fin de disminuir esta carga contaminante y mejorar la calidad del agua de la fuente receptora.

(Guerra, 2011), en su tesis titulada “Evaluación De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De Bassussarry Utilizando Bioreactores De Membrana”.

- Durante la etapa en condiciones próximas al estado estacionario, el proceso mostró una respuesta alta en la degradación de materia orgánica con eficiencia de remoción de DQO superiores a 95 % y remoción de DBO5 superiores a 98%. De la misma forma, la concentración de solidos suspendidos totales en el efluente siempre fue menor a 2mg/L.
- La mayor parte de nitrógeno tratada correspondía con el nitrato, el proceso de desnitrificación parece ser el paso limitante en el control de la concentración de nitrógeno total en el efluente.

(Barrantes, 2013), en su tesis titulada “Evaluación y Propuesta de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Ajoyani – Carabaya – Puno – 2013”, llegando a la conclusión.

- Se realizó la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR existente en la ciudad de Ajoyani, se determinó la situación actual, basándonos en los parámetros físicos, químicos y biológicos. Pudiéndose determinar que el sistema no está trabajando eficientemente ya que su eficiencia de remoción es baja. La eficiencia de tratamiento del sistema mediante los parámetros evaluados son: DBO5 80.59% teniendo 850.28 mg/L en afluente y 165.01 mg/L en el efluente, lo cual significa de falta reducir por lo menos hasta 100 mg/L según reglamento. En el caso del DQO su eficiencia es de 80.59% teniendo 1700.48 mg/L en afluente y 330.03 mg/L en el efluente, lo cual significa de falta reducir por lo menos hasta 200 mg/L según reglamento, en Aceites y Grasas se mantiene, Sólidos totales en suspensión 7.77%. También se determinó la eficiencia de remoción de Coliformes Totales 55.14% y Coliformes Fecales 41.93%. Al comparar los valores determinados en el efluente con los LMP (límites máximos permisibles) establecidos en el D.S. N° 003 – 2010 – MINAM, se concluye que el nivel de contaminación es alto ya que los contaminantes potenciales (DBO5, DQO). Superan los LMP, contaminando y afectando de este modo a la vida acuática existente.

(Quispe, 2013), en su tesis titulada “Propuesta Metodológica para la Evaluación de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas Mediante Lagunas de Estabilización - Azángaro”, llegando a las siguientes conclusiones.

- Se realizó la evaluación del sistema de lagunas de estabilización de la ciudad de Azángaro, basándonos en la metodología planteada. Pudiéndose determinar que el sistema no está trabajando eficientemente ya que su eficiencia de remoción es baja. La eficiencia de tratamiento del sistema mediante Los parámetros evaluados son: DBO5 37.04%, DQO 34.06%, Aceites y Grasas 54.04%, Sólidos

totales en suspensión 46.41%. También se determinó la eficiencia de remoción de Coliformes Totales 69.44% y Coliformes Fecales 61.07%.

- Según el balance hidráulico se encontró que las pérdidas del caudal en el sistema es de 1.68 lts/seg, lo que representa el 11.97% de pérdidas en el efluente, cantidad que sobrepasa los parámetros, el valor debe ser menor que el diez por ciento del caudal que ingresa, pero de algún modo no es relativamente alto.

(Nina, 2015), en su tesis titulada “Evaluación de Biodigestor de Polietileno Rotoplast en el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas y Propuesta de Diseño de Biofiltro en la Comunidad de Oquebamba-Espinar”, llegando a las siguientes conclusiones.

- La evaluación de los parámetros como la temperatura (T), pH, conductividad eléctrica (CE), según el modelo de regresión lineal, no tienen influencia en el proceso de demanda bioquímica de oxígeno, a un nivel de significancia menor de 0.05, según las pruebas individuales, la única variable independiente que explica de manera significativa al proceso de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), a nivel de significación del 5% es los sólidos suspendidos totales (SST), la razón por la cual las demás variables demuestran no significancia es ($P > 0.05$), entonces la ecuación de regresión que mejor se ajusta es, $DBO = 16.278 + 0.534(SST)$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.951$, donde el 95.1% de la variación total de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).
- La eficiencia de remoción del sistema de tratamiento de aguas residuales en biodigestores, es alta, para la fase primaria, con un 71% de remoción para (DBO), 69% (DQO), 76% (SST), 64% Coliformes totales, 87% Coliformes Fecales, encontrándose por encima de los límites máximos permisibles.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características del área de investigación:

3.1.1. Ubicación del área de estudio:

La Planta de tratamiento de aguas residuales de la municipalidad provincial de Yunguyo se encuentra ubicado en el distrito de Yunguyo, Provincia de Yunguyo, región Puno.

La tabla 3 que se adjunta, presenta la ubicación de los puntos de muestreo para los análisis de los componentes fisicoquímicos

Tabla 3: Ubicación de los puntos de monitoreo

PUNTOS DE MONITOREO	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
PTAR AFLUENTE	488210 m	8202219 m
PTAR EFLUENTE	488131 m	8202306 m
RIO PICHIPA	488160 m	8202327 m
BAHIA YUNGUYO	489363 m	8204804 m

FUENTE: Elaboración Propia



Figura 3: Área del proyecto en la Provincia de Yunguyo

Ubicación política

- Región: Puno
- Departamento: Puno
- Provincia: Yunguyo
- Distrito: Yunguyo



Figura 4: Ubicación del estudio de investigación

Población

En términos de población, la provincia de Yunguyo es la tercera de las trece del departamento de Puno, con el 8 % del total departamental. Según el Censo de Población y Vivienda del INEI de 2007, cuenta con una población total de 20000 habitantes, tal como se aprecia en la tabla.

Tabla 4: Características de la población de la Provincia de Yunguyo

VARIABLE / INDICADOR	PROVINCIA DE YUNGUYO	
	CIFRAS ABSOLUTAS	%
POBLACIÓN		
POBLACIÓN CENSADA	20,000	100
HOMBRES	10,582	52.91
MUJERES	9,418	47.09

FUENTE: (INEI, 2007)

3.1.2. Tipo de investigación:

La investigación a realizar es de tipo experimental ya que se realiza una caracterización de las aguas residuales de la planta de tratamiento de agua residual ubicada en la municipalidad provincial de Yunguyo, del departamento de Puno.

Tabla 5: Volumen promedio generado de carga contaminante por la población de Yunguyo en el 2018

POBLACIÓN	CAUDAL	VOLUMEN PROMEDIO DE CARGA GENERADA POR LA POBLACIÓN
20,000 hab.	38 L/s	164.16 L/ hab. x día

FUENTE: Elaboración propia

3.1.3. Instrumentos

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizan los siguientes instrumentos.

Instrumentos de campo

- GPS
- Mapas cartográficos
- Cámara digital
- Libreta de campo
- Recipientes para toma de muestras, frascos de 1 Litro
- Cooler
- Hielo
- Maskingtape
- Etiquetas
- Marcador.

Los envases que se utilizaron son de plástico o vidrio lo suficientemente resistentes para no afectar la concentración de los contaminantes que se van a medir.

Materiales y Equipos.

Equipos de Laboratorio:

- Espectrofotómetro HACH DR- 4000 UV/VIS
- Incubadora Thermo Scientific Heratherm (104 L)
- Autoclave Cancare (CCS-B100L)

Material fungible.-

- Celdas de vidrio de 25mL para el DR – 4000.

- Placas petri.
- Mecheros.
- Pipetas de 1 mL, 5 mL, 10 mL.
- Pizetas.
- Botellas de polietileno de 500 mL, para la toma de muestras.
- Baldes de plástico
- Escobillas para lavado de materiales.
- Frascos con tapas
- Frascos para DBO
- Probetas

Reactivos.-

- Agua destilada.
- Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) al 97% Marca Merck
- Almidón
- Tío sulfato de Sodio penta hidratado ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) Marca FERMONT
- Ioduro de Potasio y Ioduro de Sodio Marca Labkem
- Ácido Nítrico al 30 % VWR
- Sachet de nutrientes para DBO.
- Sulfato de plata (Ag_2SO_4) 99.8 % POCH
- Sulfato de mercurio (HgSO_4)
- Dicromato potásico ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
- Ferroína solución indicadora
- Sal de Mohr o sulfato ferroso amónico ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

3.2. Métodos Analíticos empleados:

pH (Método electrométrico)

La medición del pH es una de las pruebas más importantes y utilizadas en el control de procesos de aguas residuales, como son neutralización, precipitación, coagulación, desinfección y control de corrosión. Todos estos procesos son dependientes del pH. Para la medición del pH, el método que se utiliza es el método electrométrico, cuyo principio básico de funcionamiento es la determinación de la actividad de los iones hidrógeno mediante medición potenciométrica utilizando un electrodo estándar de vidrio y un electrodo de referencia. El electrodo de vidrio está libre de interferencias causadas por el color, turbidez, oxidantes, o alta salinidad de la muestra.

- Se estandariza el potenciómetro con la solución estándar de 4 y 10 de pH.
- Para realizar la medición del pH de una muestra de agua se introdujo el pH - metro en una muestra contenida en un vaso o en el envase de polietileno.

Conductividad (Método electrométrico)

Para realizar la medición de la conductividad de agua se introdujo la celda conductimétrica en una muestra de agua contenida en un vaso de precipitado o en el envase de polietileno. Los resultados de las muestras de agua se expresan en mili siemens/centímetro (mS/cm).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Ensayo de demanda bioquímica de oxígeno en aguas DBO (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)

El método utilizado consiste en llenar por completo frascos Winkler e incubarlos bajo condiciones controladas ($20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, oscuridad y cinco días). Se determina la cantidad

de oxígeno disuelto, tanto al inicio como al cabo de los cinco días, mediante la oxidación del ion yoduro, contenido en el reactivo álcali-yoduro-azida, a yodo por el oxígeno disuelto en la muestra y posterior valoración del yodo con tiosulfato de sodio usando almidón como indicador. La valoración se lleva a cabo en medio ácido en presencia de sulfato de manganeso.

La determinación de DBO5 fue realizado en laboratorio externo, por la medición de la concentración de oxígeno disuelto (OD), por el método de Winkler.

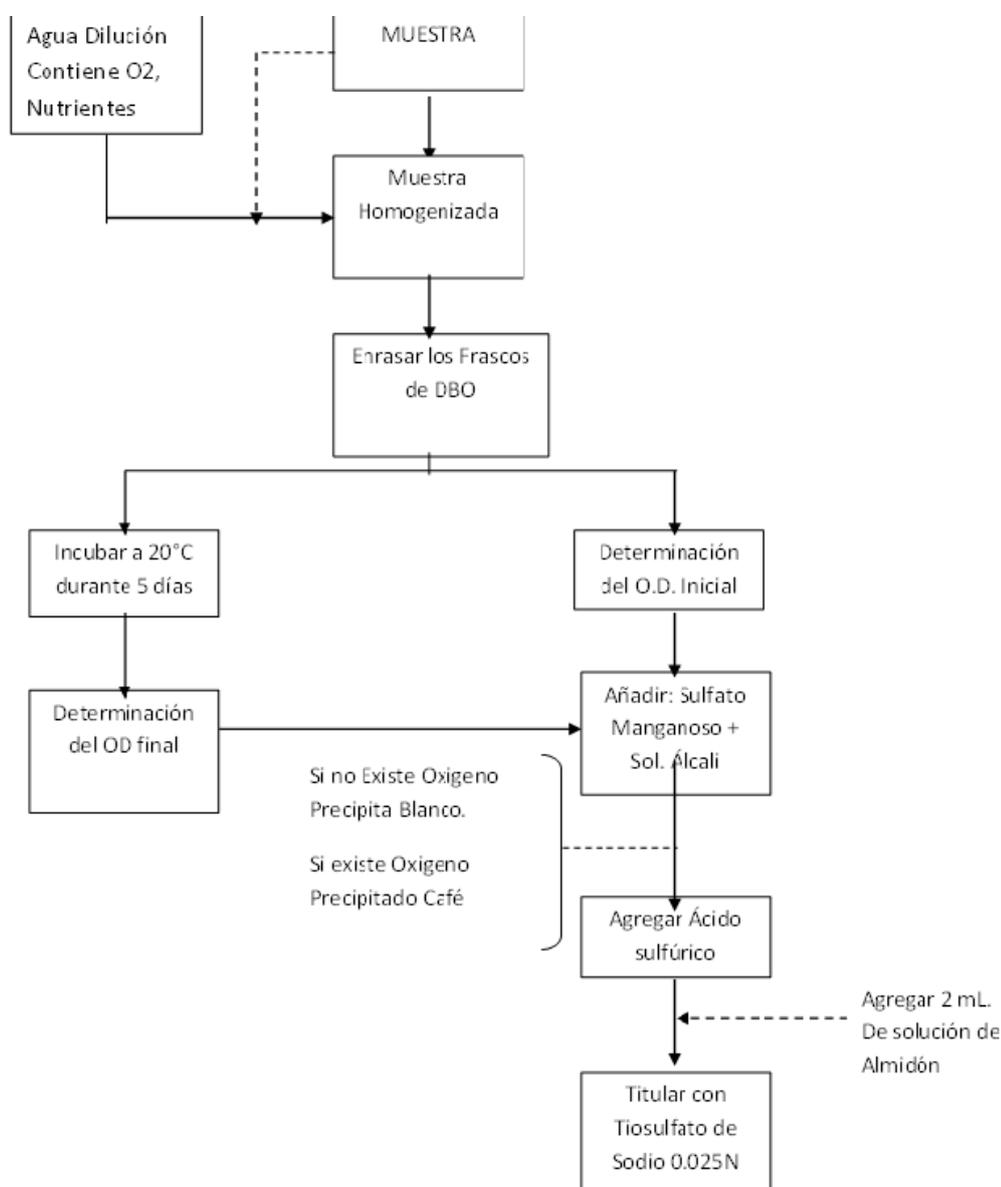


Figura 5: Flujograma de Técnica de Análisis de DBO5

Calculo

$$DBO_5 \frac{mgO_2}{L} = \frac{(OD Consumido - ODConsumo cepa)}{Vm} xV$$

Dónde:

OD consumido: ODi – Odf

OD consumo cepa: ODi(agua de dilución + cepa) – Odf (agua de dilución + cepa)

V: volumen de la botella Winkler, que el valor promedio es de 293 mL

Vm: Volumen de alícuota de la muestra afectada por el factor de dilución

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Ensayo de demanda química de oxígeno en aguas DQO. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)

Se enciende la placa calefactora.

- Se pesan 0,44 g de HgSO₄ en matraz para reflujo de 100 ml. La cantidad propuesta de HgSO₄ es suficiente en la mayoría de los casos, para eliminar las posibles interferencias por Cl en la muestra.
- Se colocan unas bolitas de vidrio en el matraz para favorecer la ebullición.
- Se añaden 20 ml de muestra.
- Se añaden lentamente 30 ml de la solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico, con una pipeta de vertido, mezclando bien para disolver el HgSO₄, y enfriar.
- Se añaden 12,5 ml de solución de dicromato potásico 0,25 N y se mezclan bien todos los productos añadidos.
- Sobre el matraz se dispone el elemento refrigerante (condensador del reflujo), y se somete a reflujo durante 2 horas.

- El conjunto se deja enfriar; el condensador del reflujo se lava con agua destilada, y después se separa el matraz del refrigerante.
- La muestra oxidada se diluye hasta 75 ml con agua destilada y se deja enfriar hasta temperatura ambiente.
- Se añaden unas 5 gotas del indicador ferroína.
- Se procede a valorar el exceso de dicromato con la sal de Mohr. El punto final de análisis se toma cuando el color varía bruscamente de azul verdoso a pardo rojizo.

Calculo

Valoración del Titulante

$$\text{Normalidad del FAS} = \frac{\text{Volumen } (K_2 Cr_2O_7) \times \text{Normalidad } ((K_2 Cr_2O_7))}{\text{Volumen (FAS) promedio}}$$

Donde

Volumen de Dicromato = 1,5 ó 6 mL.

Concentración del Dicromato de potasio: 0.025, 0.10 N ó 0.25 N

Calculo de DQO

$$\text{DQO como mg } O_2/L = \frac{(A - B) \times N \times 8 \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

Dónde:

A = Promedio de mL de FAS utilizado para los blancos digeridos

B = mL de FAS utilizado para la muestra

N = Normalidad del FAS

8 = Peso equivalente del Oxígeno.

Solidos Suspendidos Totales (SST)

Determinación de Solidos Suspendidos Totales en aguas residuales a temperatura de 103 – 105 °C (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)

- Preparación del filtro o disco de fibra de vidrio: Siempre maneje el disco mediante pinzas metálicas y/o microespátula metálica. No manipule el filtro con la mano.
- Marque cada cápsula de aluminio con un número, de forma consecutiva.
- Coloque el disco sobre el soporte, con el lado rugoso hacia arriba, aplique vacío.
- Lave el disco con tres porciones sucesivas de 20 mL de agua destilada, medidos con probeta.
- Deje el vacío durante 1 minuto adicional para secar el disco.
- Cuidadosamente y con la ayuda de una microespátula o de unas pinzas, retire el disco y colóquelo dentro de la cápsula de aluminio correspondiente.
- Seque el conjunto (cápsula de aluminio + disco) en el Horno precalentado a 105°C por 1 h.
- Lleve el conjunto a un desecador y deje enfriar aproximadamente por 15 minutos, hasta temperatura ambiente.
- Pese y registre el peso.
- Repita el ciclo de secado, enfriado y pesado.
- La máxima variación aceptada en el peso del conjunto es de cinco unidades en la
 - o cuarta cifra decimal. Si se cumple con este requisito se puede decir que se ha alcanzado peso constante.

Procesamiento de la muestra.

- Saque del desecador el conjunto correspondiente a la muestra que va a procesar.
- Instale el disco en el equipo de filtración. Haga vacío en el sistema y fije el disco con una pequeña cantidad de agua destilada.
- Agite invirtiendo el recipiente de la muestra varias veces.

- De la muestra recién agitada, tome rápidamente una alícuota medida con probeta, transfiera cuantitativamente al filtro y registre el volumen total filtrado.
- Deje el vacío por un minuto más para retirar el exceso de humedad del filtro.
- Retire cuidadosamente el disco con ayuda de una microespátula y colóquelo en la cápsula de aluminio correspondiente.
- Seque el conjunto en el Horno a 103-105°C, durante 1 hora.
- Lleve el conjunto a un desecador y deje enfriar aproximadamente por 15 minutos, hasta temperatura ambiente.
- Pese y registre el peso.
- Repita el ciclo de secado, enfriado y pesado. Registre el nuevo peso.
- Tape firmemente los frascos que contienen el residual de cada muestra. Entréguelos a la persona designada para el manejo del cuarto frío con el fin de que sean almacenados nuevamente.

Efectúe los cálculos por medio de la ecuación

$$SST = \frac{(A - B)1000}{V}$$

Dónde:

SST: Sólidos Suspendidos Totales, en mg/L

A: Peso final del conjunto (disco + cápsula de aluminio) con el residuo seco, en mg.

B: Peso inicial del conjunto (disco + cápsula de aluminio), en mg.

V: Volumen de muestra filtrada, en mL.

Coliformes Termotolerantes

La determinación de coniformes Termotolerantes fueron realizadas en laboratorio externo, por la técnica del número más probable (NMP). Standart Methods Fort The Examination of Water and Wastewater. 16 th. Ed

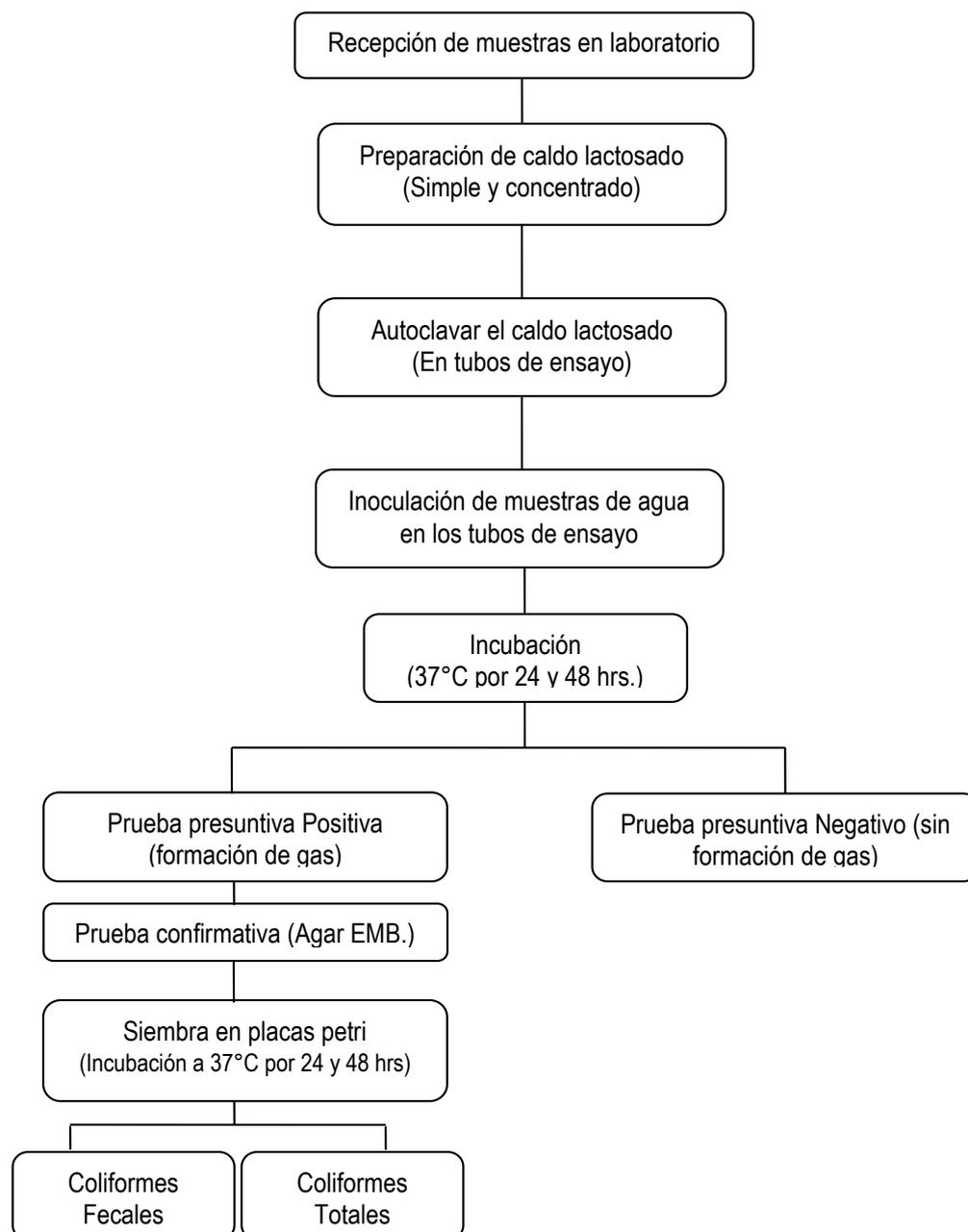


Figura 6: Diagrama de flujo de técnica de análisis

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de los muestreos.

A continuación, se muestran los resultados de los análisis de laboratorio realizados en las pruebas de calidad de agua para la planta de tratamiento de aguas residuales durante la época de lluvia y época seca.

Tabla 6: Resultados de calidad de agua por muestreo anual

Puntos de Monitoreo	Unidad	REPORTE DE MONITOREO DE CALIDAD DE PTAR YUNGUYO												ECA- Agua: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	LMP Efluente (D.S. N°003-2010/MINAM)
		REPORTE ANUAL PTAR YUNGUYO													
		2014		2015		2016		2017		2018		PUNTOS DE MUESTREO 2018			
	Afluente (ENTRADA)	Efluente (SALIDA)	Afluente (ENTRADA)	Efluente (SALIDA)	Afluente (ENTRADA)	Efluente (SALIDA)	Afluente (ENTRADA)	Efluente (SALIDA)	Afluente (ENTRADA)	Efluente (SALIDA)	Rio Pichipa	Bahia Yunguyo			
Parámetros Físicos - Químicos															
pH															
Conductividad Eléctrica	mS/cm	8.40	7.01	8.00	7.50	8.39	6.99	8.45	7.37	7.54	7.10	7.65	8.50	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg /L	1.27	1.25	1.30	1.26	1.28	1.27	1.30	1.25	1.29	1.17	1.16	1.24	2500	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	350	5	355	6	365	9	370	15	390	78	50	17	15	100
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	700	10	715	12	730	18	740	30	780	130	100	34	40	200
Acetatos y Grasas	mg/L	35	2	35	2	36	2	37	2	40	2	2	10	≤25	150
MICROBIOLOGICOS		3	1	2	1	2	1	3	1	2	1	1	4	5	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	3500000	9	3400000	8	3500000	9	3500000	8	3600000	10	9	15000	2000	10000
CAUDAL	L/s	25		29		25		27		38		20	25		

FUENTE: Elaboración Propia

4.2. Potencial de hidrogeno (pH)

Tabla 7: Resultados de pH

Puntos de Muestreo	pH	REPORTE ANUAL				
		2014	2015	2016	2017	2018
Puntos de Muestreo	AFLUENTE	8.40	8.00	8.39	8.45	7.54
	EFLUENTE	7.01	7.50	6.99	7.37	7.10
	RIO PICHIPA	0.00	0.00	0.00	0.00	7.65
	BAHIA YUNGUYO	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50
LMP (D.S. N°003-2010/MINAM)	Min	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
	Max	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50

FUENTE: Elaboración Propia

Los valores establecidos por la norma indican que se debe encontrar en un rango entre 6,5 – 8,5 unidades de pH como se muestra en la tabla 6, ya que por encima y por debajo de estos valores se podría tener dificultades para la adaptación de los microorganismos.

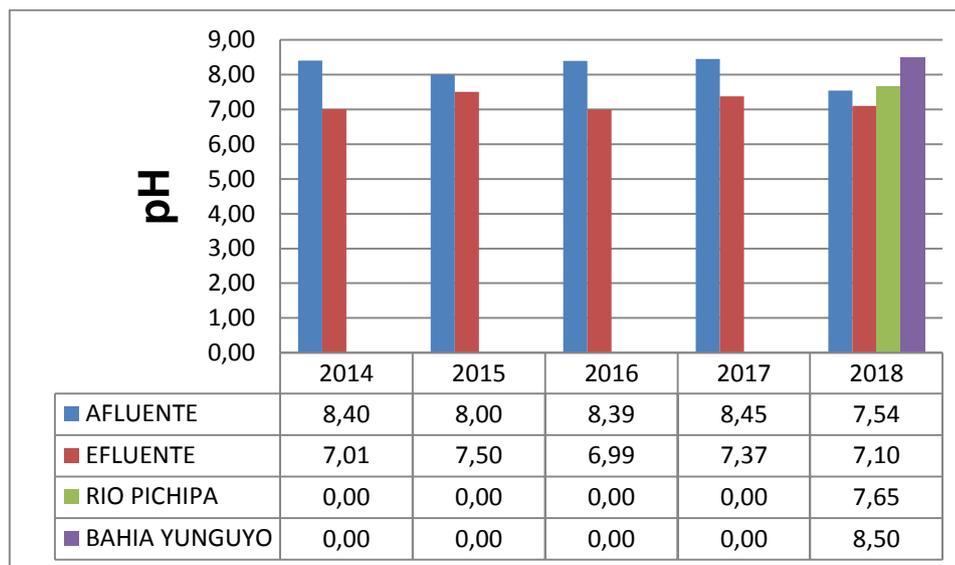


Figura 7: Resultado de los análisis de pH anual del Afluyente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo

FUENTE: Elaboración Propia

De acuerdo a los datos obtenidos durante la evaluación anual, los valores reportados de pH para el afluyente se encontró 8.40 – 7.54, y al pasar por el tratamiento secundario o biológico se mostró variaciones este tiende a bajar relativamente 7.37 – 6.99 esto en el efluente, como se muestra en la Figura N° 7, cumplen con los Límites establecidos por

la norma. En referencia Nina (2015) reporta que los valores de pH para el Afluente se encontró entre 8.14 – 8.87, y al pasar por el biodigestor se mostró variaciones este a su tiende a aumentar relativamente 8.64 – 9.06 esto en el efluente, debido a procesos biogeoquímicos que lo llevaron a valores cercanos a la neutralidad.

Los valores obtenidos en el Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo reportan valores 7.65 – 8.50 como se muestra en la Figura N° 7, lo que nos indica que tiende a ser más alcalino, esto quiere decir que no es apto para riego porque insolubilizan los nutrientes que son necesarios para las plantas.

4.3. Conductividad Eléctrica (C.E.)

Tabla 8: Resultados de conductividad eléctrica

Puntos de Muestreo	C.E.	REPORTE ANUAL					UNIDAD
		2014	2015	2016	2017	2018	
Puntos de Muestreo	AFLUENTE (mS/cm)	1.27	1.30	1.28	1.30	1.29	mS/cm
	EFLUENTE (mS/cm)	1.25	1.26	1.27	1.25	1.17	mS/cm
	RIO PICHIPA (mS/cm)	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	mS/cm
	BAHIA YUNGUYO (mS/cm)	0.00	0.00	0.00	0.00	1.24	mS/cm

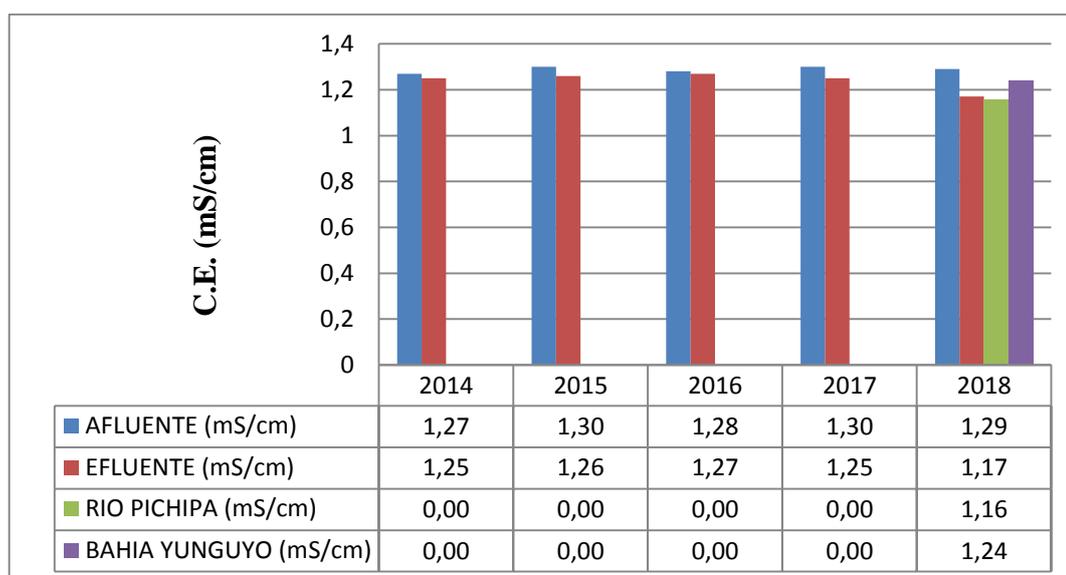


Figura 8: Resultado de los análisis de conductividad anual del Afluente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo

FUENTE: Elaboración Propia

De acuerdo a los datos obtenidos durante la evaluación anual, los valores reportados de conductividad eléctrica para el afluente se encontró 1.30 – 1.27 mS/cm, y al pasar por el tratamiento secundario o biológico se mostró variaciones de 1.27 – 1.17 mS/cm esto en el efluente, como se muestra en la Figura N° 8, este resultado está dentro de los parámetros permisibles.

Los valores obtenidos en el Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo reportan valores 1.16 – 1.24 mS/cm como se muestra en la Figura N° 8 la conductividad eléctrica se utiliza para conocer los niveles de salinidad del agua, los resultados obtenidos en los análisis nos indican que se encuentra dentro los límites permisibles.

Este parámetro es muy importante porque si se considera realizar el reúso del agua residual en la agricultura deberá cumplir con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, establecidos por el MINAM en el decreto supremo N° 003-2010. Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas Animales, el valor de CE debe ser menor a 2000 μ S/cm

4.4. Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO₅)

Tabla 9: Resultados de DBO₅

	DBO ₅	REPORTE ANUAL					UNIDAD
		2014	2015	2016	2017	2018	
Puntos de Muestreo	AFLUENTE (mg/L)	350	355	365	370	390	mg /L
	EFLUENTE (mg/L)	5	6	9	15	20	mg /L
	RIO PICHIPA (mg/L)	0	0	0	0	50	mg /L
	BAHIA YUNGUYO (mg/L)	0	0	0	0	17	mg /L
LMP Efluente		100	100	100	100	100	mg /L
ECA- Agua: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales		15	15	15	15	15	mg /L

FUENTE: Elaboración Propia

La demanda bioquímica de oxígeno, es una medida de la cantidad de oxígeno disuelto es consumido por los microorganismos, en los procesos de estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones anaeróbicas, en un periodo de incubación de cinco días y a 20 °C.

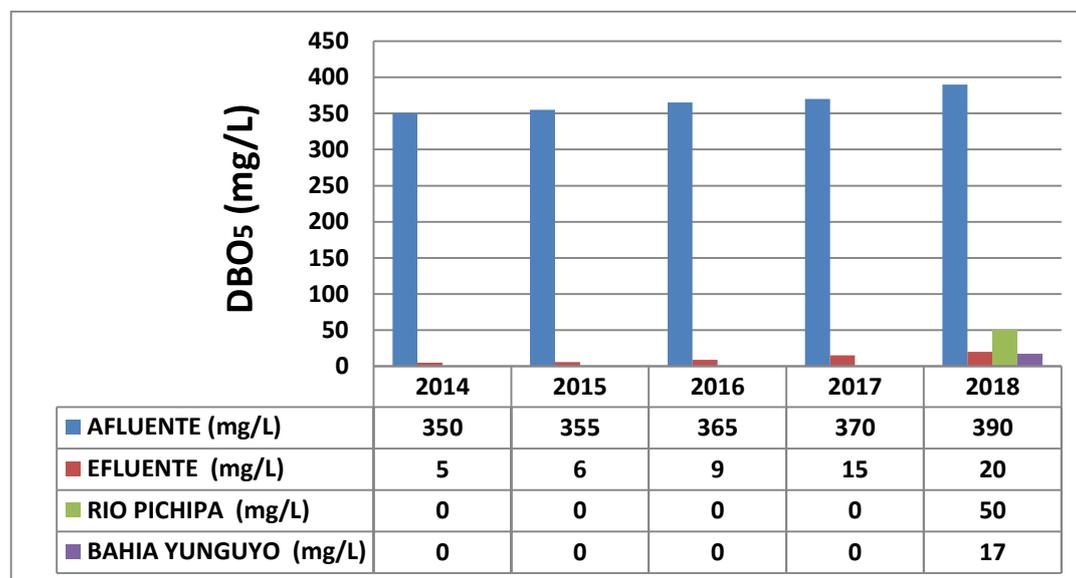


Figura 9: Resultado de los análisis de DBO₅ anual del Afluente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo

FUENTE: Elaboración Propia

La remoción de este parámetro es fundamental en el funcionamiento de las plantas de tratamiento, fue determinado en laboratorio, como se observa en la Figura N° 9 el valor más alto fue en el año 2018 con un valor de ingreso al sistema de 390 mg/L y un valor de salida del sistema de 20 mg/L, dicho valor se encuentra dentro de los LMP.

Los valores obtenidos en el Rio Pichipa es de 50 mg/L y en la Bahía de Yunguyo reportan un valor de 17 mg/L como se muestra en la Figura N° 9, los resultados obtenidos nos indican que no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles esto se debe a las conexiones de desagüe clandestinos de aguas domésticas ya que esto afecta la calidad del cuerpo de agua receptor.

El objetivo más importante del tratamiento de aguas residuales domésticas es la eliminación de los altos valores de materia orgánica que presentan, por lo cual de acuerdo a los datos obtenidos durante la evaluación del afluente y efluente de la PTAR, se observó que cumple con los LMP establecido pero no cumple con la ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales como se puede ver en el Anexo B. En referencia Quispe, (2014) reporta que la medición de DBO₅ como parámetro principal de remoción de carga orgánica, la remoción fue progresiva, después de un mes de operación un 17.8% y hasta un 70.7% alcanzado en el tercer mes, logrando su arranque estable, apto para los monitoreos. En referencia Barboza (2011) reporta que valores altos de DBO₅ de 38 mg/L a 45 mg/L reflejan un cuerpo de agua de mala calidad ecológica, muy contaminado, en donde solo pueden vivir los organismos más resistentes a la contaminación, tornándose el agua de un aspecto séptico, con alta turbiedad, color y olor.

4.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Tabla 10: Resultados de DQO

		REPORTE ANUAL					
DQO		2014	2015	2016	2017	2018	UNIDAD
Puntos de Muestreo	AFLUENTE (mg/L)	700	715	730	740	780	mg /L
	EFLUENTE (mg/L)	10	12	18	30	40	mg /L
	RIO PICHIPA (mg/L)	0	0	0	0	100	mg /L
	BAHIA YUNGUYO (mg/L)	0	0	0	0	34	mg /L
LMP Efluente		200	200	200	200	200	mg /L
ECA- Agua: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales		40	40	40	40	40	mg /L

FUENTE: Elaboración Propia

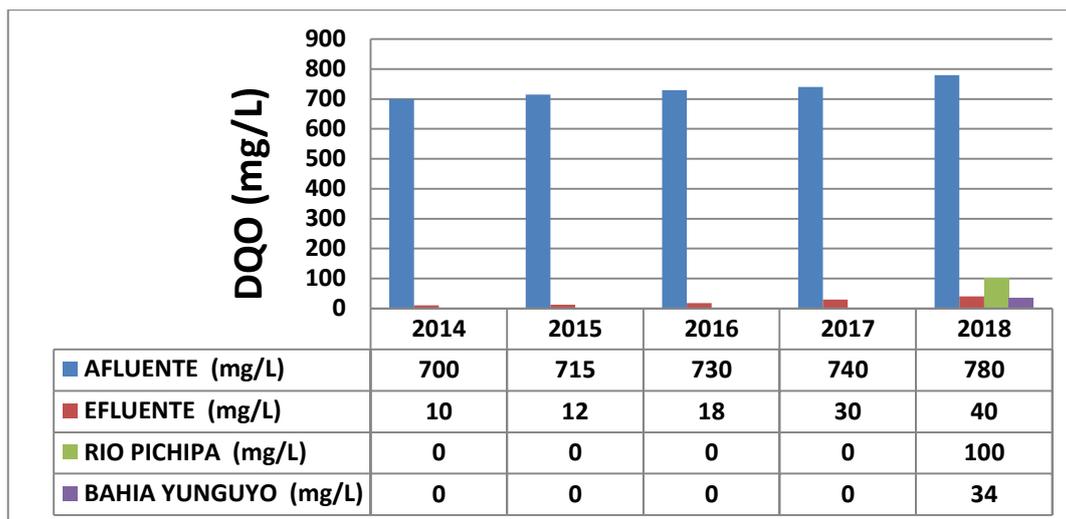


Figura 10: Resultado de los análisis de DQO anual del Afluyente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahia de Yunguyo

FUENTE: Elaboración Propia

La DQO es una medida aproximada que mide la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación química de la materia orgánica biodegradable y no biodegradable de una muestra de agua. Tal como se muestra en la figura N° 10 se evidencia una disminución en la concentración de DQO del efluente, probablemente debido al metabolismo de los microorganismos y a las reacciones químicas.

Los valores obtenidos en el Rio Pichipa es de 100 mg/L y en la Bahía de Yunguyo reportan un valor de 40 mg/L como se muestra en la Figura N° 10 el agua, mientras más alta sea el DQO más contaminada está el cuerpo receptor, los resultados obtenidos nos indican que no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, esto se debe a conexiones clandestinas de desagüe de la población.

Este parámetro permite estimar el oxígeno necesario para oxidar químicamente la materia orgánica contenida en el agua, el valor de DQO debe ser mayor al de la DBO, por ser esta de mayor capacidad oxidativa. De acuerdo a los datos obtenidos en los análisis del afluyente y efluente de la PTAR, se observó que cumple con el LMP

establecido, como indica el Anexo A. En referencia Quispe, (2014) reporta que los resultados parciales de seguimiento de aclimatación del reactor UASB, la menor eficiencia es para un TRH de 8 horas con 39.5% y la mejor eficiencia para un TRH de 6 horas con 58.1%, bueno estos resultados son alterados por la operación del digestor. En referencia Nina (2015) reporta que la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento de aguas residuales en biodigestores, es alta, para la fase primaria, con un 69% (DQO).

4.6. Solidos Suspendidos Totales (SST)

Tabla 11: Resultados de SST

		REPORTE ANUAL					UNIDAD
SST		2014	2015	2016	2017	2018	
Puntos de Muestreo	AFLUENTE (mg/L)	35	35	36	37	40	mg /L
	EFLUENTE (mg/L)	2	2	2	2	2	mg /L
	RIO PICHIPA (mg/L)	0	0	0	0	2	mg /L
	BAHIA YUNGUYO (mg/L)	0	0	0	0	10	mg /L
LMP Efluente		150	150	150	150	150	mg /L
ECA- Agua: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales		≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25	mg /L

FUENTE: Elaboración Propia

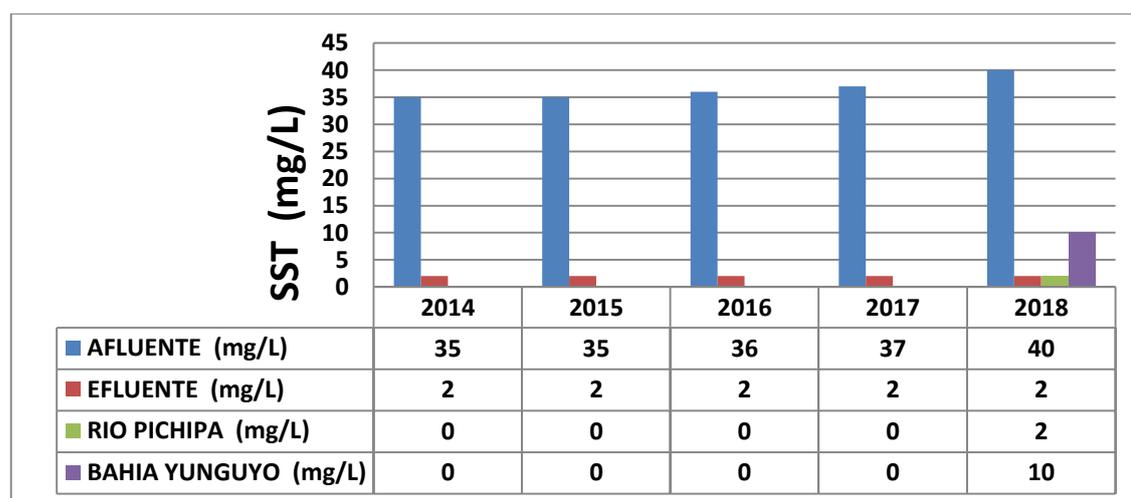


Figura 11: Resultado de los análisis de SST anual del Afluente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahia de Yunguyo

FUENTE: Elaboración Propia

La variación de los sólidos totales suspendidos en los reportes anuales; es como sigue desde 40 mg/L hasta 35 mg/L estos en el afluente y un valor de 2 mg/L en el efluente como se muestra en la Figura N° 11.

Los valores obtenidos de los sólidos totales suspendidos del Rio Pichipa es 2 mg/L y de la Bahía de Yunguyo es de 10mg/L como se muestra en la figura 9 podemos observar que se encuentra dentro de los Límites máximos permisibles.

El valor establecido de acuerdo a la normativa es de 150 mg/L, en ese sentido, según los datos obtenidos en los análisis del afluente y efluente de la PTAR, se observa en la Figura N° 11 que cumplen con el LMP, como indica el Anexo A.

En referencia Nina, (2015) reporta la variación de los sólidos totales suspendidos en el sistema. Es como sigue, desde 279.33 mg/l hasta 379.67 mg/l esto en el afluente, y un mínimo de 60.33 mg/l hasta un máximo de 100mg/l en efluente como se puede apreciar hay una considerable cifra de remoción de solidos totales suspendidos, evaluados y monitoreado durante los meses de evaluación. La menor cifra que reporta para el efluente, es en el mes de mayo con 279.33 mg/l, también 60.33 mg/l para el efluente en el mismo mes de mayo, entonces se dice que la remoción de este parámetro es directamente proporcional.

4.7. Aceites y Grasas

Tabla 12: Resultados de Aceites y Grasas

	ACEITES Y GRASAS	REPORTE ANUAL					UNIDAD
		2014	2015	2016	2017	2018	
Puntos de Muestreo	AFLUENTE (mg/L)	3	2	2	3	2	mg /L
	EFLUENTE (mg/L)	1	1	1	1	1	mg /L
	RIO PICHIPA (mg/L)	0	0	0	0	1	mg /L
	BAHIA YUNGUYO (mg/L)	0	0	0	0	4	mg /L
LMP Efluente		20	20	20	20	20	mg /L
ECA- Agua: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales		5	5	5	5	5	mg /L

FUENTE: Elaboración Propia

Los aceites y grasas alteran los procesos aerobios y anaerobios, forman películas que impiden el desarrollo de la fotosíntesis y cubren los fondos y lechos de ríos, degradando el ambiente durante el proceso de descomposición.

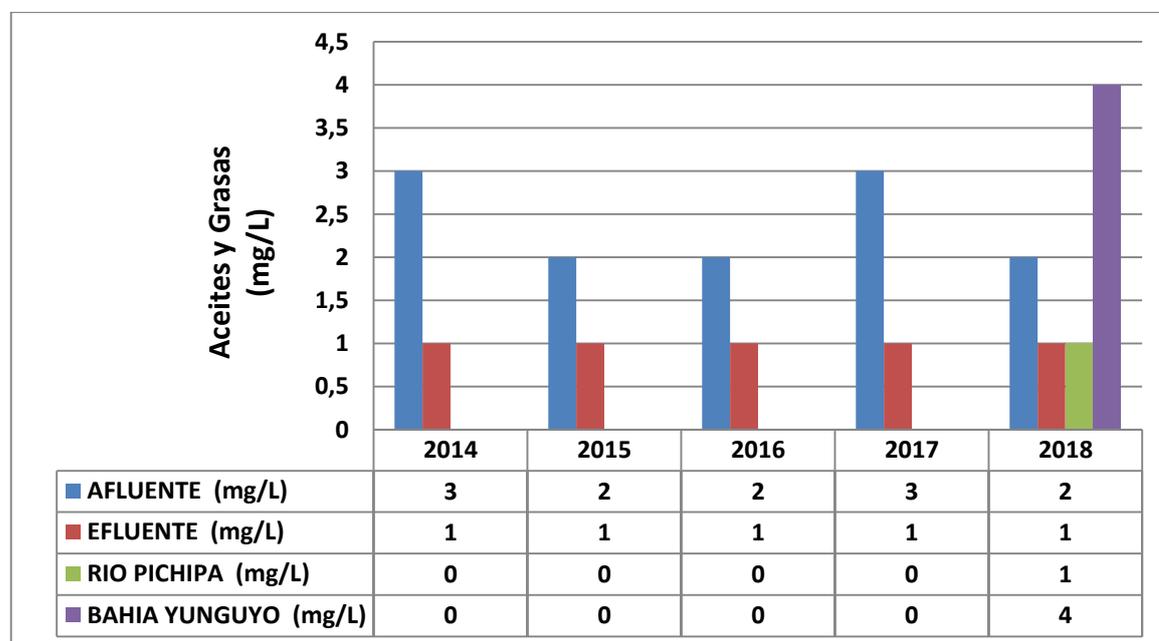


Figura 12: Resultado de los análisis de Aceites y Grasas anual del Afluente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo

FUENTE: Elaboración Propia

El valor establecido de acuerdo a la normativa es de 20 mg/L, en ese sentido, según los datos obtenidos en los análisis del afluente y efluente de la PTAR, se observó que cumplen con el LMP, como indica que existe una biodegradación de Aceites y Grasas en el sistema.

También se puede apreciar una variación de 3 a 2 mg/L en los reportes anuales del afluente. En el efluente se puede apreciar un valor continuo 1 mg/L en los reportes anuales; como se puede observar en la Figura N° 12. El cual está por debajo de los LMP que es de 20 mg/L Por lo cual se deduce que no estaría alterando los procesos aerobios ni anaerobios en el cuerpo receptor, en tal sentido no estaría degradando el ambiente.

Los valores obtenidos en el Rio Pichipa es de 1 mg/L y en la Bahía de Yunguyo es de 4 mg/L como se muestra en la Figura N° 12. Por lo cual se deduce que no estaría alterando los procesos aerobios ni anaerobios en el cuerpo receptor, en tal sentido no estaría degradando el ambiente.

4.8. Coliformes

Tabla 13: Resultados de Coliformes

		REPORTE ANUAL					
COLIFORMES TERMOTOLERANTES		2014	2015	2016	2017	2018	UNIDAD
Puntos de Muestreo	AFLUENTE (NMP/100mL)	3500000	3400000	3500000	3500000	3600000	NMP/100mL
	EFLUENTE (NMP/100mL)	9	8	9	8	10	NMP/100mL
	RIO PICHIPA (NMP/100mL)	0	0	0	0	9	NMP/100mL
	BAHIA YUNGUYO (NMP/100mL)	0	0	0	0	15000	NMP/100mL
LMP Efluente		10000	10000	10000	10000	10000	NMP/100mL
ECA- Agua: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales		2000	2000	2000	2000	2000	NMP/100mL

FUENTE: Elaboración Propia

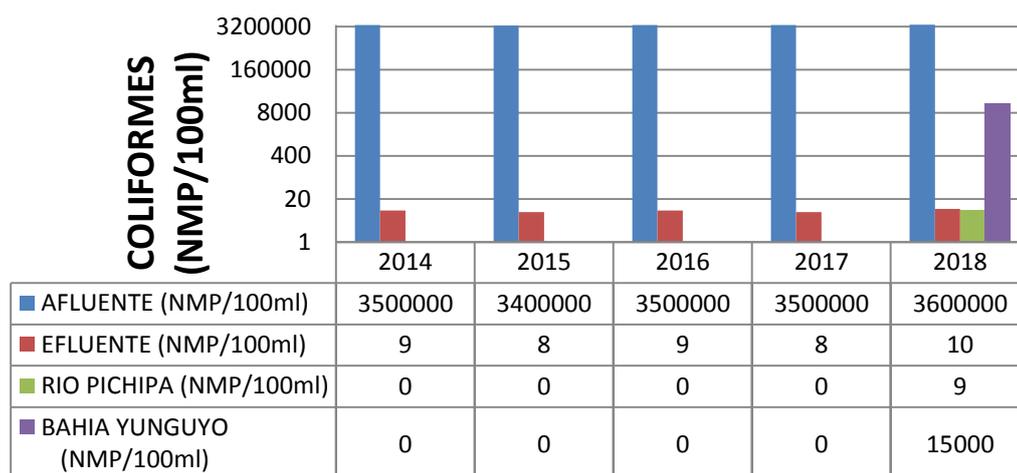


Figura 13: Resultado de los análisis de coliformes anual del Afluente y Efluente de la PTAR Yunguyo, Rio Pichipa y Bahía de Yunguyo

FUENTE: Elaboración Propia

El agua residual contiene microorganismos de muchas clases, algunos de ellos patógenos causantes de enfermedades, según los datos obtenidos el tipo de tratamiento es biológico, donde los microorganismos y principalmente las bacterias tienen un papel importante porque dependen de compuestos orgánicos que les proporcionan estas aguas residuales para poder alimentarse ayudando así a la depuración de las mismas, pero a la vez si no se da un adecuado y eficaz tratamiento se pueden proliferar las de tipo patógeno como las del grupo de los Coliformes termotolerantes, de acuerdo a lo reportado como se muestra en la Figura N° 13, se observó que la PTAR cumplió con el LMP establecido en la normativa durante las evaluaciones.

En referencia Nina, (2015) reporta que los valores de los coliformes totales en el afluente 950 NMP/100ml hasta 640 NMP/100ml a la salida del biodigestor (efluente) los valores varían desde un máximo 640 NMP/100ml en el mes de Abril y un mínimo de 350 NMP/100ml, para el mes de febrero, estas variación se darían a que el biodigestor empezaba a operar desde hace una mes con antigüedad.

V. CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo evaluación de carga contaminante generado por el vertimiento de aguas residuales de la Municipalidad Provincial de Yunguyo los sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas se ha realizado investigaciones de gabinete, campo y laboratorio, que nos permiten llegar a las siguientes conclusiones.

- Los parámetros físico químicos y microbiológicos evaluados anualmente son el pH, conductividad eléctrica, DBO₅, DQO, SST, aceites y grasas y coliformes termotolerantes, estos resultados obtenidos se comparan con los LMP Efluente del Anexo A y Estándar de Calidad Ambiental para el Agua: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales del Anexo B; los parámetros evaluados anualmente se encuentran dentro de los límites máximos permisibles pero el DBO₅ que reporta el año 2018 es un valor de 78 mg/ L en el afluente y DQO de 130 mg/ L esto nos indica que no cumplen con los estándares de calidad ambiental del agua Categoría 3 del Anexo B, lo que indica que la materia orgánica es degradada por los microorganismos y ocasiona que se consuma el oxígeno, lo que podría provocar la desaparición de la fauna acuática.
- Al realizar la identificación de los puntos de muestreo pudimos observar que el pH del punto 4 que es de la Bahía de Yunguyo tiende a ser alcalina y un DBO₅ que no cumple con los límites máximos permisibles evidenciando el deterioro de la calidad del agua en esta Bahía, con los resultados obtenidos evaluaremos cuanta carga contaminante residual ingresa y con cuanto sale y así poder determinar si puede ser reutilizada o no.
- Existen diferentes medidas de mitigación frente al problema de generación de malos olores en la planta lo cual pasa a ser un problema mucho menor debido a la calidad de agua y los problemas generales que afectan a la cuenta del Titicaca.

VI. RECOMENDACIONES

- Debido a la falta de información que posee la Municipalidad Provincial de Yunguyo sobre la planta de tratamiento de aguas residuales se recomienda que se continúe con los análisis mensuales de calidad de agua para seguir evaluando la eficiencia de la planta tanto en época de lluvia como en época seca y así establecer las acciones correctivas hacia la planta.
- Reutilizar el agua tratada ya sea para riego de plantas de tallo alto y tallo bajo o bebida para animales, siempre que estén aptos y cumplan los límites máximos permisibles.
- Realizar estudios más detallados y con más elementos climáticos y evaluar en una cantidad más numerosa la eficiencia de la planta de tratamiento.
- Se recomienda la capacitación de las poblaciones aledañas a las bahías, concientizar sobre la importancia, de la preservación del Lago Titicaca.
- Gestión de los residuos sólidos, sobre todo en la fase de recolección, para evitar que estos queden expuestos a ser trasladado hacia las bahías, por las escorrentías superficiales o ser vertidos directamente por los mismos pobladores del área circunlacustre del Lago Titicaca.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alanoca, N. (2008). Evaluación de la eficiencia operacional mediante las características físico-químicas y biológicas de los afluentes y efluentes de las lagunas de estabilización en llave. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola, UNA. Puno-Perú.
- Barrantes, J. (2013). "Evaluación y Propuesta de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Ajoyani – Carabaya – Puno – 2013". .
- Correa, G. (2008). Evaluación y monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de santa fe de Antioquia, Colombia. Trabajo de Investigación presentado como requisito para optar al título de Magíster en Ingeniería Sanitaria. Medellín.
- Crites R. , Tchobanoglous. (2000). Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Bogota-Colombia: Mc Graw-Hill.
- Eddy & Metcalf. (1996). Ingeniería de Aguas Residuales .Tratamiento Vertido y Reutilizacion. Mexico: Mc Graw-Hill.
- Epa U.S, E. P. (1998). "Manual, constructed wetlands and aquatic plant systems for .
- Fair, G. Geyer, J. y Okun, D. . (1992). Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. 4ta. reimpresión, Volumen 4. Edit. LIMUSA, D. F. México. 221 p. .
- Garduño, H. (1994). Ingeniería y Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.
- Guerra, L. (2011). Evaluación De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De Bassussarry Utilizando Bioreactores De Membrana". .
- Hernández Muñoz, A. (2001). Depuración y desinfección de aguas residuales s. 5ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001. 1151 p.
- Hidalgo y Mejía. (2010). Diagnóstico de la Contaminación por Aguas Residuales Domésticas, Cuenca Baja de la Quebrada La Macana, San Antonio de prado, Municipio de Medellín.
- Hillbeboe, H. E. (2005). Manual de Tratamiento de Aguas Negras. (págs. 34 -38). Mexico: Limusa. .
- INEI. (2007). Censo Nacional de Poblacion y Vivienda.
- Massieu, B. S. (2008). Tratamiento de Agua Residual. Mexico .

- Metcalf & Eddy . (1995). Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización, Volumen I-II, 3ra. Edición en español, Mac Graw-Hill. Madrid, España. .
- Metcalf & Eddy. (2003). “Wastewater Engineering. Treatment and reuse. McGraw Hill 4ª Ed.
- Methods, S. (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 19th. Ed., American Public Health Association, Washington, DC.
- Morales, R. E. (2007). Evaluacion de la Planta de Tratamiento de aguas residuales.
- Nina, R. (2015). Evaluación de Biodigestor de Polietileno Rotoplast en el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas y Propuesta de Diseño de Biofiltro en la Comunidad de Oquebamba-Espinar.
- Noriega, P, R. (1999). Manual de Tratamiento de Aguas Residuales . Lima-Peru. .
- Palacios, F. (1991). Proyecto Ecologico e hidraulico de Tratamiento de Aguas Rsiduales . Lima-Peru.
- Palomino, G. I. (2011). Reducción de la carga de contaminantes de las aguas residuales de la planta de tratamiento de Totora –Ayacucho empleando la técnica de electrocoagulación.
- Quispe, J. (2013). “Propuesta Metodológica para la Evaluación de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas Mediante Lagunas de Estabilización - Azángaro” .
- Rigola Lapeña, M. (1989). Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales. Barcelona: Marcombo.
- Rojas, J. A. (1999). Calidad del Agua 2da.Edición. Mexico, D.F: Alfaomega Grupo Editor, S.A De C.V.
- Romero R, A. J. (2000). Tratamiento de Aguas Residuales,Teoria y Principio de Diseño. Bogota-Colombia: Escuela Colombiana de Ingenieria. .
- Sánchez, V. (1994). Sánchez, V. Características biológicas y microbiológicas de las aguas residuales. CIECCA. Documento prestado por la Dra. Virginia Montero del Laboratorio de Servicios Químicos y microbiológicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 82 p.
- Seoanez, M. (1995). Expansión Urbana.
- Yañes, C. (1990). Manual de Metodos Experimentales, Evaluacion de Lagunas de Estabilizacion en serie. Lima-Peru.

ANEXOS

ANEXO 1: NORMAS LEGALES DS-010-2010-MINAM

ANEXO 2: ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA Y

ESTABLECEN DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS DS-004-2017-

MINAM

ANEXO 3: REPORTE DE ANALISIS FISICOQUIMICOS DE AFLUENTE DE PTAR

YUNGUYO

ANEXO 4: REPORTE DE ANALISIS FISICOQUIMICOS DE EFLUENTE DE PTAR

YUNGUYO

ANEXO 5: REPORTE DE ANALISIS FISICOQUIMICOS DE RIO PICHIPA

ANEXO 6: REPORTE DE ANALISIS FISICOQUIMICOS DE BAHIA DE

YUNGUYO

ANEXO 7: PANEL FOTOGRAFICO

ANEXO 1: NORMAS LEGALES DS-010-2010-MINAM

El Peruano

Lima, miércoles 17 de marzo de 2010



NORMAS LEGALES

415675

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será referendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

AMBIENTE

Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2010-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permissible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permissible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

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 2°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permissible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

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.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Artículo 4°.- Programa de Monitoreo

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

415676

NORMAS LEGALES

El Peruano
Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

Artículo 7°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

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

469446-2

Designan responsable de brindar información pública y del contenido del portal de internet institucional del Ministerio

RESOLUCIÓN MINISTERIAL Nº 036-2010-MINAM

Lima, 16 de marzo de 2010

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Legislativo Nº 1013, se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

Que, la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, cuyo Texto Único Ordenado fue aprobado por Decreto Supremo Nº 043-2003-PCM, tiene por finalidad promover la transparencia de los actos del Estado y regular el derecho fundamental del acceso a la información consagrado en el numeral 5 del artículo 2º de la Constitución Política del Perú;

Que, el artículo 3º de la citada Ley, señala que el Estado tiene la obligación de entregar la información que demanden las personas en aplicación del principio de publicidad, para cuyo efecto se designa al funcionario responsable de entregar la información solicitada;

Que, asimismo, de acuerdo a lo previsto en el artículo 5º de la mencionada Ley, las Entidades Públicas deben identificar al funcionario responsable de la elaboración de los Portales de Internet;

Que, mediante Resolución Ministerial Nº 070-2008-MINAM, se designó a la señorita Cristina Miranda Beas, como funcionaria responsable de brindar información que demanden las personas, y responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet del Ministerio del Ambiente;

Que, por razones del servicio y considerando la renuncia al cargo que desempeñaba en el Ministerio del Ambiente la servidora citada en el considerando precedente, resulta necesario designar al personal responsable de brindar información en el marco de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública y responsable del Portal de Internet Institucional;

Con el visado de la Secretaría General y de la Oficina de Asesoría Jurídica; y

De conformidad con lo establecido en el Decreto Legislativo Nº 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo Nº 043-2003-PCM; y el Decreto Supremo Nº 007-2008-MINAM que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Designar al abogado Hugo Milko Ortega Polar como Responsable de brindar la información pública del Ministerio del Ambiente y Responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet Institucional, de conformidad con el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo Nº 043-2003-PCM.

Artículo 2°.- Todos los órganos del Ministerio del Ambiente, bajo responsabilidad, deberán facilitar la información y/o documentación que les sea solicitada como consecuencia de lo dispuesto en el artículo precedente, dentro de los plazos establecidos en la normatividad vigente.

Artículo 3°.- Disponer que la presente Resolución se publique en el Diario Oficial El Peruano y en Portal de Internet del Ministerio del Ambiente.

Artículo 4°.- Notificar la presente Resolución a todos los órganos del Ministerio del Ambiente, al Órgano de Control Institucional y al responsable designado.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

469445-1

ANEXO 2: ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA Y ESTABLECEN DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS DS-004-2017-MINAM

El Peruano / Miércoles 7 de junio de 2017 **NORMAS LEGALES** **17**

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoniaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,266	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoniaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

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
FÍSICOS- QUÍMICOS				
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	(µS/cm)		2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	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 ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L		100	100
Nitritos (NO ₂ -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
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L		5	5

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

ORGÁNICO

Bifenilos Policlorados

Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,045
------------------------------	------	------	-------

PLAGUICIDAS

Paratión	µg/L	35	35
----------	------	----	----

Organoclorados

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

Carbamato

Aldicarb	µg/L	1	11
----------	------	---	----

MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO

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	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

**ANEXO 3: REPORTE DE ANALISIS FISICOQUIMICOS DE AFLUENTE DE
PTAR YUNGUYO**



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE - 050**



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS-AC-18-00650

Señores/a: CLEOFÉ ZULMA MAMANI ALANOCA
Dirección: JR JOSE PEZET Y MONEL NRO 2769 LIMA
Proyecto: PROYECTO DE TESIS

Norma o Reglamento de Contraste:

Estándares de Calidad Ambiental Para Agua, según el Decreto Supremo DS N° 003 – 2010 – MINAM,
Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR

Código interno de LAS: AG18000100

**Nombre de la Muestra: AFLUENTE - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE-
YUNGUYO**

PARÁMETRO	Unidad de medida	Resultados de la muestra	Límites Máximos Permisibles – LMP*	ACEPTABLE
Conductividad Eléctrica	mS/cm	1.29	20	SI
Ph		7.54	6.5 – 8.5	SI
Sólidos suspendidos totales	mg/L	40	150	SI
Fosforo total – P total	mg/L	10.5	-	-
Nitrógeno Amoniacal NH+4		3	-	-
Aceites y grasas	mg/L	2	20	SI
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	350	100	SI
Demanda química de oxígeno	mg/L	780	200	SI
Coliformes Termotolerantes o fecales (44.5 °C)	NMP/100 mL	3600000	10000	NO

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

COMENTARIO: La muestra AG18000100, no cumple con los parámetros de Coliformes Termotolerantes o Fecales de los LMP para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, D.S. N° 003-2010-MINAM.

(*Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

a<Valor numérico = límite de detección del método, b<Valor Numérico = Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra de ensayada.

Esta terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Rio Seco C-1 Cerro Colorado – Arequipa – Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticossur.com

ANEXO 4: REPORTE DE ANALISIS FISICOQUIMICOS DE EFLUENTE DE PTAR YUNGUYO



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE - 050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS-AC-18-00651

Señores/a: CLEOFÉ ZULMA MAMANI ALANOCA
 Dirección: JR JOSE PEZET Y MONEL NRO 2769 LIMA
 Proyecto: PROYECTO DE TESIS

Norma o Reglamento de Contraste:

Estándares de Calidad Ambiental Para Agua, según el Decreto Supremo DS N° 003 – 2010 – MINAM, Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR

Código interno de LAS: AG18000101

Nombre de la Muestra: EFLUENTE - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE-YUNGUYO

PARÁMETRO	Unidad de medida	Resultados de la muestra	Límites Máximos Permisibles – LMP*	ACEPTABLE
Conductividad Eléctrica	mS/cm	1.17	20	SI
Ph		7.1	6.5 – 8.5	SI
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2	150	SI
Fosforo total – P total	mg/L	5.26	-	-
Nitrógeno Amoniacal NH+4		2.45	-	-
Aceites y grasas	mg/L	1	20	SI
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	78	100	SI
Demanda química de oxígeno	mg/L	130	200	SI
Coliformes Termotolerantes o fecales (44.5 °C)	NMP/100 mL	10	10000	SI

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

COMENTARIO: La muestra AG18000101, cumple con los parámetros de los LMP para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, D.S. N° 003-2010-MINAM.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA
 a<Valor numérico = límite de detección del método, b<Valor Numérico = Limite de cuantificación del método
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra de ensayada.
 Esta terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado – Arequipa – Perú
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

ANEXO 5: REPORTE DE ANALISIS FISICOQUIMICOS DE RIO PICHIPA



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE - 050**



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS-AC-18-00850

Señores/a: CLEOFÉ ZULMA MAMANI ALANOCA
Dirección: JR JOSE PEZET Y MONEL NRO 2769 LIMA
Proyecto: PROYECTO DE TESIS

Norma o Reglamento de Contraste:
Estándares de Calidad Ambiental Para Agua, según el Decreto Supremo DS N° 004 – 2017 – MINAM,

Código interno de LAS: AG18000200
Nombre de la Muestra: RIO PICHIPA

PARÁMETRO	Unidad de medida	Resultados de la muestra	ECA- Agua: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	ACEPTABLE
Conductividad Eléctrica	mS/cm	1.17	2500	SI
pH		7.65	6.5 – 8.5	SI
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2	≤ 25	SI
Aceites y grasas	mg/L	1	5	SI
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	50	15	NO
Demanda química de oxígeno	mg/L	100	40	NO
Coliformes Termotolerantes o fecales (44.5 °C)	NMP/100 mL	9	2000	SI

ECA = Estándares de Calidad Ambiental, D.S. N° 004-2017-MINAM.

COMENTARIO: La muestra AG18000200, no cumple con los parámetros de DBO Y DQO Estándares de Calidad Ambiental, D.S. N° 004-2017-MINAM de la categoría 3.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

a<Valor numérico = límite de detección del método, b<Valor Numérico = Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra de ensayada.

Esta terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado – Arequipa – Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

ANEXO 6: REPORTE DE ANALISIS FISICOQUIMICOS DE BAHIA DE YUNGUYO



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE - 050**



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS-AC-18-00851

Señores/a: CLEOFE ZULMA MAMANI ALANOCA
Dirección: JR JOSE PEZET Y MONEL NRO 2769 LIMA
Proyecto: PROYECTO DE TESIS

Norma o Reglamento de Contraste:
Estándares de Calidad Ambiental Para Agua, según el Decreto Supremo DS N° 004 – 2017– MINAM,

Código interno de LAS: AG18000201
Nombre de la Muestra: BAHIA DE YUNGUYO

PARÁMETRO	Unidad de medida	Resultados de la muestra	ECA- Agua: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	ACEPTABLE
Conductividad Eléctrica	mS/cm	1.24	2500	SI
pH		8.50	6.5 – 8.5	SI
Solidos suspendidos totales	mg/L	10	≤ 25	SI
Aceites y grasas	mg/L	4	5	SI
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	17	15	No
Demanda química de oxígeno	mg/L	34	40	SI
Coliformes Termotolerantes o fecales (44.5 °C)	NMP/100 mL	15000	2000	NO

ECA = Estándares de Calidad Ambiental, D.S. N° 004-2017-MINAM.

COMENTARIO: La muestra AG18000201, no cumplen con los parámetros de DBO y Coliformes Termotolerantes o Fecales de de la ECA D.S. N° 003-2010-MINAM de la categoría 3

(*)Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA
a<Valor numérico = límite de detección del método, b<Valor Numérico = Limite de cuantificación del método
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra de ensayada.
Esta terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Rio Seco C-1 Cerro Colorado – Arequipa – Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

ANEXO 7: PANEL FOTOGRAFICO



TOMA DE MUESTRA EN EL AFLUENTE DE LA PTAR YUNGUYO



ENVASADO DE LA MUESTRA DEL AFLUENTE DE LA PTAR YUNGUYO



TOMA DE MUESTRA DEL EFLUENTE DE LA PTAR YUNGUYO



ENVASADO DE LA MUESTRA DEL EFLUENTE DE LA PTAR YUNGUYO