



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA SANITARIA Y RESIDUOS
SÓLIDOS**

TESIS

**“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO PARA LA REUTILIZACIÓN DE
AGUAS RESIDUALES DE LA CERVECERÍA
BACKUS”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
SEGUNDA ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA SANITARIA
Y RESIDUOS SÓLIDOS**

Autor:

**Mg. Ing. Cabanillas Flores Luis Paul
0000-0002-0212-2285**

Asesor:

**Mg. Ing. Luis Miguel Villegas Granados
0000-0001-2401-2566**

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

**Pimentel – Perú
2020**

**“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS
RESIDUALES DE LA CERVECERÍA BACKUS”**

APROBACIÓN DE LA TESIS

Mg. Ing. Luis Mariano Villegas Granados

Asesor

Dr. Sócrates Pedro Muñoz Pérez

Presidente del jurado de tesis

Dr. César Antonio Idrogo Pérez

Secretaria del jurado de tesis

Dr. Noe Humberto Marin Bardales

Vocal del jurado de tesis

Dedicatorias

A mis padres, esposa e hijos por su infinita
paciencia y apoyo en este proyecto de
superación.

A mis colaboradores, quienes día a día
me facilitaron el poder desarrollar este
proyecto sin inconvenientes.

A Dios por permitirme cumplir mis logros
y darme las fuerzas para concluir con
éxito este camino académico.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a mi Asesora Metodológica y Asesor Especialista por su incondicional apoyo y guía en el desarrollo de este proyecto.

Así mismo un agradecimiento especial al Ing. Martin Ortiz García Gerente de Proyectos de la empresa Unión de Cervecerías Backus y Johnston – Motupe, por las facilidades dadas para la obtención de los datos e información necesaria para el desarrollo del presente proyecto.

A los miembros del jurado por su apoyo al perfeccionamiento y buen desarrollo del proyecto, quienes con sus observaciones permitieron mejorar el proyecto.

Finalmente, un agradecimiento a mis padres, hermanos y esposa por el apoyo moral y no permitirme desfallecer y concluir exitosamente este proyecto.

Resumen

La presente investigación se ha realizado dentro la fábrica de Unión de Cervecerías Backus y Johnston – Sede Motupe en la cual se desea determinar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales y si estas cumplen los requerimientos establecido en el DS N° 021 – 2009 – VIVENDA, DS N° 003 – 2011 – VIVENDA, DS N° 002 – 2008 – MINAM, con los parámetros de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) estipulado en la Ley N° 29338 (Ley de Recursos Hídricos), y con los Límites Máximos Permisibles establecido por el DS N° 003 – 2002 – PRODUCE.

Los parámetros a analizar para evaluar la eficiencia del sistema son: los sólidos suspendidos totales, pH, temperatura, DBO5, DQO, oxígeno disuelto y Aceites y Grasas, que permitieron establecer la eficiencia en remoción de sólidos, materia química y materia orgánica; obteniendo como resultado en el efluente: 34 mg/l, 8.66, 25.9 °C, 41.43 mg/l, 133 mg/l, 4.03 ppm, 2.53 ppm, respectivamente.

Con los resultados se puede determinar que la planta de tratamiento tiene una eficiencia de 91.09 % de remoción de sólidos sedimentables, 56.52 % de DBO5 y una eficiencia de DQO del 96.82 %.

Finalmente se concluye que, de la caracterización del agua residual industrial para la PTAR, el análisis de los parámetros fisicoquímicos, sólidos suspendidos y nitrógeno total, se determinó que la planta de tratamiento de agua residual industrial actualmente cumple con los límites máximos permisibles para uso agrícola establecidos por el DS N° 003 – 2002 – PRODUCE, DS N° 021 – 2009 – VIVIENDA y DS N° 002 – 2008 – MINAM.

Palabras clave: Agua residual, DBO5, DQO, eficiencia, sistema de tratamiento, sólidos sedimentables.

Abstract

The present investigation has been carried out within the factory of Union de Cervecerías Backus y Johnston - Sede Motupe in which it is desired to determine the efficiency of the industrial wastewater treatment system and if they meet the requirements established in the DS N ° 021 - 2009 - VIVENDA, DS N ° 003 - 2011 - VIVENDA, DS N ° 002 - 2008 - MINAM, with the parameters of the National Water Authority (ANA) stipulated in Law N ° 29338 (Water Resources Law), and with the Maximum Allowable Limits established by Supreme Decree No. 003 - 2002 - PRODUCE.

The parameters to analyze to evaluate the efficiency of the system are: total suspended solids, pH, temperature, BOD5, COD, dissolved oxygen and Oils and Fats, which allowed establishing the efficiency in removal of solids, chemical matter and organic matter; obtaining as a result in the effluent: 34 mg / l, 8.66, 25.9 ° C, 41.43 mg / l, 133 mg / l, 4.03 ppm, 2.53 ppm, respectively.

With the results it can be determined that the treatment plant has an efficiency of 91.09% for the removal of settleable solids, 56.52% of BOD5 and a COD efficiency of 96.82%.

Finally, it is concluded that, from the characterization of the industrial wastewater for the WWTP, the analysis of the physicochemical parameters, suspended solids and total nitrogen, it was determined that the industrial wastewater treatment plant currently complies with the maximum permissible limits for agricultural use. established by DS N ° 003 - 2002 - PRODUCE, DS N ° 021 - 2009 - HOUSING and DS N ° 002 - 2008 - MINAM.

Keywords: Wastewater, BOD5, COD, efficiency, treatment system, settleable solids.

Índice

Dedicatorias	3
Agradecimientos	4
Resumen	5
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad Problemática.	11
1.2. Trabajos Previos.....	15
1.2.1. A nivel Internacional.....	15
1.2.2. A nivel Nacional.	18
1.2.3. A nivel Local.....	21
1.3. Teorías relacionadas al tema.	24
1.3.1. Fundamentación teórica del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.24	
1.3.1.1. Historia del tratamiento de las aguas residuales.	24
1.3.1.2. Tratamiento de aguas residuales.	27
1.3.1.1.1. Niveles de tratamiento de aguas residuales.	27
1.3.1.1.2. Tipos de tratamiento de aguas residuales	30
1.3.1.3. Aguas Residuales.	34
1.3.1.4. Clasificación de aguas residuales.....	35
1.3.1.5. Características de las aguas residuales.....	37
1.3.1.5.1. Características cuantitativas	38
1.3.1.5.2. Características físicas	38
1.3.1.5.3. Características químicas	45
1.3.1.5.4. Características biológicas	56
1.3.1.6. La reutilización de aguas residuales.	62
1.3.1.6.1. Reutilización en el medio urbano.	62
1.3.1.6.2. Reutilización industrial.....	63
1.3.1.6.3. Reutilización agrícola.....	64
1.3.1.6.4. Usos recreativos y medioambientales.	65
1.3.1.6.5. Recarga de acuíferos.....	66
1.3.1.6.6. Adaptación a recursos de aguas potables.	67
1.3.1.7. Normativa y estándares de calidad	67

1.3.1.7.1. Marco regulatorio del vertido de aguas residuales vigente en el Perú.	67
1.3.1.8. Límites máximos permisibles (LMP) y parámetros de evaluación de las aguas residuales.	69
1.3.1.9. Composición de las aguas residuales industriales de planta Backus - Motupe.	71
1.3.1.10. Descripción del sistema de tratamiento de PTAR Backus – Motupe.	72
1.3.1.10.1. Tanque de estabilización	72
1.3.1.10.2. Tanque UASB (Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente):	73
1.3.1.10.3. Sistema de lodos activados (Laguna Aeróbica):	74
1.3.1.10.4. Clarificador Secundario:	74
1.3.1.10.5. Lagunas de Limpieza:	75
1.3.1.11. Descripción del proceso de tratamiento de PTAR Backus – Motupe.	75
1.3.1.11.1. Tratamiento aerobio	75
1.3.1.11.2. ..Sistema de tratamiento de agua residual por medio de lodos activados	75
1.3.1.11.3. El flóculo dentro del sistema de lodos activados	77
1.3.1.11.4. Suministro de aire a las plantas de tratamiento por medio de aireadores tipo trompeta o Venturi Jet	79
1.3.1.11.5. Desinfección de Lodos	80
1.3.1.11.6. Parámetros de los procesos anaerobios y aerobios	81
1.3.1.11.7. Proceso de digestión anaerobia	89
1.3.1.11.8.Tratamiento de agua residual en un reactor anaerobio de flujo ascendente	92
1.3.2. Marco Conceptual.	93
– Afluente.	93
– Agua residual.	93
– Calidad.	93
– Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).	93
– Demanda Química de Oxígeno (DQO).	94
– UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).	94
– Efluente	94
– Reúso de agua residual.	94
– Digestión Anaerobia	94
– Digestión Aerobia	95

–	Desinfección	95
–	Bacterias.....	95
–	Coliformes.....	95
–	Eficiencia de tratamiento	95
–	Lodo activado.....	95
1.4.	Formulación del Problema.....	96
1.5.	Justificación e Importancia del estudio.....	96
1.6.	Hipótesis.	97
1.6.1.	Hipótesis.	97
1.6.2.	Variables, Operacionalización.	97
	VARIABLE INDEPENDIENTE	97
	VARIABLE DEPENDIENTE.....	97
1.7.	Objetivos.	98
1.7.1.	Objetivo General.....	98
1.7.2.	Objetivos Específicos.....	98
II.	MATERIAL Y METODO.....	99
2.1.	Tipo y diseño de investigación.	99
2.1.1.	Tipo de investigación.....	99
2.1.2.	Diseño de investigación.	99
2.2.	Población y muestra.....	99
2.2.1.	Población.....	99
2.2.2.	Muestra	100
2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.100	
2.3.1.	Técnicas	100
2.3.1.1.	Investigación bibliográfica.....	100
2.3.1.2.	Revisión de documentos	100
2.3.1.3.	Recopilación documentaria.....	101
2.3.1.4.	Observación	101
2.3.2.	Instrumentos de recolección de datos.	101
2.3.3.	Métodos de análisis de datos.....	102
2.3.3.1.	Validez	102
2.3.3.2.	Confiabilidad.....	103
2.3.3.3.	Análisis de datos	103

2.3.3.3.1.	Recopilación de información.....	103
2.3.3.3.2.	Estudio de la información recopilada	104
2.3.3.3.3.	Trabajo de campo	104
2.3.3.3.4.	Análisis de laboratorios.	104
2.3.3.3.5.	Desarrollo de la investigación	105
2.3.3.3.6.	Conclusiones y recomendaciones.....	105
2.4.	Procedimientos de análisis de datos.....	105
2.5.	Criterios éticos.	106
2.6.	Criterios de rigor científico.....	107
III.	RESULTADOS.....	109
5.1.	Resultados obtenidos in situ	109
5.2.	Resultados para la determinación de la eficiencia	111
Capítulo I.	Discusión de resultados	114
5.1...	Determinación de la eficiencia de funcionamiento de la PTAR 01 – Backus.	114
5.1.1.	Remoción de DBO5.....	114
5.1.2.	Remoción de DQO.....	114
5.1.3.	Sólidos Sedimentables Totales.....	114
5.1.4.	Potencial de Hidrogeno (PH):	115
5.1.5.	Temperatura.....	115
5.1.6.	Comparación de eficiencia real y normativa.....	115
IV.	CONCLUSIONES	116
V.	RECOMENDACIONES	119
VI.	REFERENCIAS.....	120
VII.	ANEXOS	124

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática.

En nuestro planeta existe actualmente el problema fundamental respecto al impacto medio ambiental y problemas de calidad del agua en escorrentías superficiales y subterráneas, la misma que con el pasar del tiempo viene perdiendo su calidad debido al vertimiento de las aguas residuales mal tratadas, es así que en este contexto en Europa se crea La Directiva Marco Europea del Agua (DMA) quien tiene por propósito fundamental lograr regular y optimizar la calidad de las aguas superficiales, subterráneas y costeras; incentivando a los pueblos europeos a compartir esfuerzos para el uso de las aguas servidas tratadas (Lazarova, et al., 2012), convirtiéndose así el reuso de las aguas residuales en pieza fundamental para la subsistencia y mejora del medio ambiente de los países donde es escaso el recurso hídrico (Gómez López et al., 2009). Por este motivo el estudio del tratamiento y reutilización del agua residuales es primordial para el crecimiento y evolución de los países por el hecho que permite un progreso en la mitigación del impacto ambiental y una reducción en el consumo del agua para otros fines, por ello en el mundo se viene incentivando la utilización de tecnologías que permitan mejorar las calidad de las aguas servidas, ya sean domesticas o industriales, con la finalidad de que estas sean reutilizadas en fines de riego, lavado de calles y otros que no sean el consumo humano.

En Perú en la actualidad existe una gran incidencia en la protección y mitigación de impactos ambientales negativos producto del vertimiento de aguas residuales no tratadas o tratadas deficientemente producto de los procesos industriales. Así mismo se debe entender que en el Perú producto de su crecimiento económico nacional se ha afianzado el impulso al sector industrial, es en este contexto que se ubica la industria cervecera Unión de Cervecerías Backus y Johnston – Sede Motupe, sede que será evaluada en la presente investigación. Por este motivo se ha previsto la necesidad de analizar si el sistema de tratamiento de aguas residuales de la industria cervecera Unión de Cervecerías Backus y Johnston – Sede Motupe, si cumple con los estándares ambientales requeridos por las leyes y normas peruanas.

Por ello se debe mencionar que la Unión de Cervecerías Backus y Johnston – Sede Motupe inicio sus funciones en el año 1972 bajo el nombre de Cervecerías del Norte; sin embargo, fue hasta el año 1996 cuando se inició la construcción principal de la empresa, tomando el nombre que actualmente ostenta.

Al inicio de las operaciones dentro de la fábrica de la Unión de Cervecerías Backus y Johnston – Sede Motupe, el agua residual industrial producida dentro de la empresa era conducida a zanjas de infiltración y pozos de absorción. Sin embargo, la empresa creció en personal, territorio y actividades propias de la industria, por lo que rápidamente las zanjas y pozos no se dieron abasto para tratar esta agua, por lo que se hizo necesaria la edificación del primer sistema de tratamiento de agua residual industrial.

A inicios del año 2012, se realizaron los estudios para la edificación de la primera planta de tratamiento con sistema patentado a cargo de la empresa Waterleau y se realizó la adecuación a la normativa peruana por la empresa Solano Ingenieros Contratistas SAC, a fines del año 2012 se inició la construcción de la misma, a cargo de la empresa chiclayana Constructora San Juan SRL, esta planta fue nombrada como PTAR 01 - Motupe; la misma que fue automatizada por la empresa Waterleau. Al finalizar su construcción le fueron asignados cinco operadores encargados de la operación y mantenimiento menor.

Poco tiempo después se incorporó un pequeño laboratorio totalmente implementado dentro de las instalaciones del complejo de la PTAR 01 - Motupe. Este laboratorio tiene como finalidad el control y registro de diversos parámetros que determinan la métrica de calidad del agua residual de ingreso y salida del sistema de tratamiento.

A inicios del 2013, se realizó el mantenimiento y limpieza de las lagunas primarias y terciarias existentes, la operación y mantenimiento periódico de esta planta paso a cargo de la empresa privada GREEN SERVICE, esto con la finalidad de poder abastecer y mantener en funcionamiento la planta de producción sin afectar el medio ambiente. A mediados del 2013 se implementó en la planta de producción una nueva línea de lavado y limpieza de cajas de PVC, esto aumentó la cantidad de caudal de ingreso al sistema de tratamiento

de agua residual, además de aumentar fuertemente las descargas puntuales con alta carga orgánica; por ende, fue necesaria la construcción de dos lagunas adicionales a la planta de tratamiento. La nueva planta de tratamiento fue construida en paralelo.

Durante el año 2014 se realizó la ejecución de la edificación de una nueva línea de producción de bebidas (cerveza Backus ICE y Agua San Mateo), lo cual aumento el caudal de ingreso de aguas residuales. Esta demanda fue atendida íntegramente por la nueva PTAR 01 – Motupe.

Por ello, a mediados del año 2014 se inició el cierre de 4 lagunas de estabilización existentes (1.25 Ha) del proceso de tratamiento de la antigua PTAR. En estas áreas se realizará el proceso de secado de lodos provenientes de la nueva PTAR 01 – Motupe, y se instalaran las nuevas oficinas y dormitorios de control de calidad y mantenimiento de la PTAR.

A fines del 2014, se realizaron los trabajos de mejoramiento paisajístico de la PTAR 01 – Motupe, para lo cual se realizaron obras complementarias a la PTAR, tales como:

- 3,600 m² de pavimento flexible, para accesos de insumos y materiales para la PTAR 01 – Motupe.
- 25,000 m² de áreas verdes, la cual incluye accesos peatonales, áreas de descanso y pasarelas.
- 3,500 ml. De cunetas y sardineles para el drenaje pluvial de los accesos.

En esta etapa, finales del 2014, se instalaron 10 postes de iluminación, los cuales utilizaban la fuerza eólica y la radiación solar para generar iluminación.

A inicios del 2015, se construyeron un estanque de 250 m² con una cascada artificial, la cual se abastecía de agua tratada de PTAR 01- Motupe. En este estanque se criaban peces de agua dulce, tales como tilapias y carpas. El objetivo de utilizar agua trata de PTAR 01 – Motupe para este estanque era demostrar que el efluente del mismo es apto para usos y fines agrícolas y que su contenido cumple ampliamente con las exigencias establecidas en la Normatividad Ambiental Peruana.

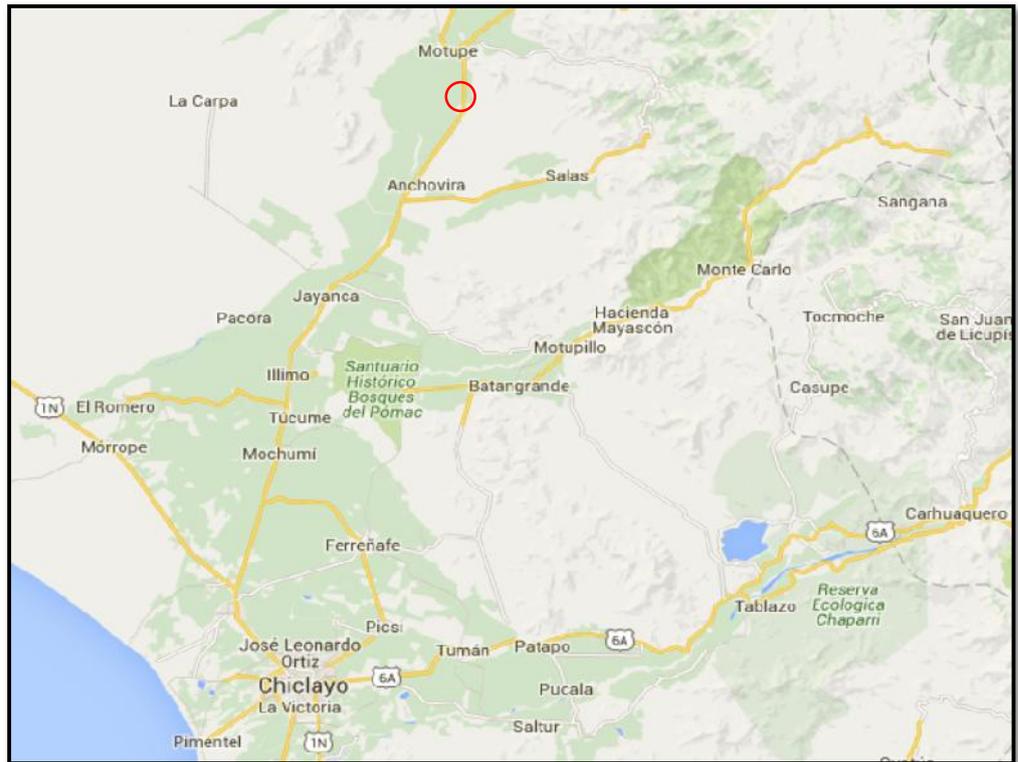


Figura 1. Ubicación Geográfica de la Ciudad de Motupe



Figura 2. Ubicación Geográfica de la Planta Backus.

Por lo que, a modo de resumen en la realidad problemática de la Cervecería BACKUS, a través de la observación del propio investigador se precisa lo siguiente:

- Que hasta el 2012 su sistema de tratamiento de aguas residuales era precario y deficiente, tal que no cumplía con los estándares de calidad de la normativa vigente en ese momento.
- Debido al impulso de ventas y en aras de la expansión de la producción de la fábrica se optó por implementar la edificación de una nueva planta de tratamiento, que permita procesar el volumen de aguas servidas que produciría la fábrica con la nueva expansión.
- Debido a las continuas notificaciones y sanciones por parte de las autoridades competentes del resguardo del medio ambiente, la empresa cervecera Unión de Cervecerías Backus y Johnston implemento su política de cuidado del medio ambiente, incorporando así un estricto control en el procesamiento de sus aguas servidas, motivo por el cual se implementó la ejecución de una planta de tratamiento de aguas residuales nueva con tecnología de punta que garantice una efectividad en el tratamiento de las mismas.

Se precisa el **objeto de estudio** como: la Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales.

1.2. Trabajos Previos.

1.2.1. A nivel Internacional.

Según, Torres (1994) en su investigación “Proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para reúso del agua en la agricultura”, propuso: plantear un sistema de tratamiento que permita mejorar la calidad de las aguas residuales de tal manera que cumplan con las normativas para el reúso como agua para fines agrícolas, pudiendo ser para áreas verdes públicas, áreas verdes de plazas, áreas

verdes de campos deportivos, campos de cultivo o para riego de cultivos de ciclos cortos o bianuales.

Para el cumplimiento de los objetivos trazados, se estableció realizar un muestreo de los aforos, caudales y caracterización físico química del agua de manera que nos permita establecer el mejor sistema de tratamiento. Con esta data obtenida de la recopilación de información se procesará de manera que se puedan establecer los parámetros necesarios para el planteamiento óptimo de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Finalmente, esta investigación concluyo que después de la caracterización del agua se estableció cual era la tecnología apropiada para el tratamiento de las aguas servidas para ser reusadas como agua de riego agrícola. Con estos datos se propuso un sistema de tratamiento constituido de un pre sedimentador, tratamiento primario y secundario lo cual permitirá que las aguas del efluente cumplan con los parámetros ambientales vigentes y que esta funcione eficientemente hasta el año 2002.

Según, Céspedes (2013) en su investigación “Factibilidad de reúso de aguas negras en edificaciones”, propuso como objetivos: la caracterización de los constituyentes convencionales en aguas negras y como se puede reusar estas en el riego de jardines y zonas verdes después de ser tratadas con un sistema que permita que sus efluentes cumplan con los estándares de calidad solicitados por la normativa vigente.

Del desarrollo de la investigación, se logró concluir que cualquier edificación que se proponga reusar las aguas negras deberán contemplar como mínimo un sistema de tratamiento secundario que permita la remoción de turbiedad, hierro, manganeso, coliformes fecales y materia orgánica. Con este sistema será viable y factible reutilizar las aguas negras en riego de zonas verdes públicas y lavado de zonas comunes, patios, hall y terrazas.

Según, Fernando (2014) en su investigación: “Propuesta de reutilización de las aguas residuales vertidas al estuario de Bahía Blanca”, se propuso como objetivo: realizar una investigación y comparar los beneficios ambientales que origina el riego con las aguas servidas producidas por la cuenca Grande de Bahía Blanca, respecto de las condiciones actuales de descarga. Por ello es importante establecer las características del sistema de tratamiento que se acoplará a la planta existente de tratamiento de aguas residuales.

Para el logro de los objetivos de estudio, se estableció el análisis del sistema existente a través de una herramienta informática denominada SimaPró 8, la cual nos permite realizar la evaluación de impacto del sistema y modificarlo de acuerdo a la tecnología propuesta. Este análisis comprende desde su ingreso a la planta hasta su vuelvo en el estuario, estudiando la caracterización de los efluentes, la evaluación del impacto y una interpretación de los resultados obtenidos.

La estrategia metodológica usada tiene su fundamento en el análisis de las fuentes primarias, secundarias y el análisis de un modelo informático; apoyándose en la investigación bibliográfica respecto de los métodos aplicado y en paralelo se analizará la calidad del efluente de entrada y salida del sistema.

Finalmente, de esta investigación se establece que implementado el sistema de tratamiento propuesto se logró una reducción de la toxicidad del 65% y 50% en la ecotoxicidad, así también se redujo un 80% la toxicidad humana y 98% la eutrofización. Por lo expresado se determina que la ejecución e instalación de un sistema de proceso de regeneración de aguas residuales conlleva a una disminución considerable de la contaminación de los efluentes que descargan al estuario de la Bahía Blanca.

Según, Vargas (2015) en su investigación “Prototipo para la recolección y reutilización de aguas residuales en la sede del Claustro de la Universidad Católica de Colombia”, se propuso como objetivo: el plantear un modelo de técnica de recolección y tratamiento de aguas

residuales para su reúso, para este fin se propuso realizar la caracterización de las aguas servidas en la Sede el Claustro de la Universidad y compararlo con los reúsos de aguas en diferentes lugares del mundo.

De esta investigación se pudo concluir que existen una diversidad de naciones que han implementado diversas tecnologías para tratar las aguas residuales y poder reusarla, siendo las principales motivaciones el déficit de recurso hídrico en sus países. Así mismo se lograron identificar cuáles serían los principales reúsos de las aguas servidas destacando el uso para riego de zonas verdes, sanitarios, y sistema contra incendios. De igual manera se pudo establecer que con la reutilización del 30% de las aguas servidas se tendría una disminución de 9,892 m³ al año, lo cual representa un ahorro de \$ 17'027,381. Con estos resultados se dio viabilidad a la construcción de un modelo de prueba para la recolección y tratamiento de aguas residuales provenientes de los lavaderos teniendo resultados óptimos y logrando cumplir con los estándares de calidad establecidos para reutilizar las aguas servidas en riego de áreas verde.

1.2.2. A nivel Nacional.

Según, López y Herrera (2015) en su investigación “Planta de tratamiento de aguas residuales para reúso en riego de parques y jardines en el distrito de La Esperanza, provincia Trujillo - La Libertad”, propuso como objetivo: realizar un diseño de una planta de tratamiento que permita reusar el agua tratada en el riego de parques y jardines del distrito de La Esperanza a fin de disminuir la contaminación por descarga de contaminantes al mar.

De esta investigación se concluye que es viable y factible ambientalmente, económicamente y constructivamente la edificación de una planta de tratamiento que permita al distrito de La Esperanza aprovechar hídricamente el recurso proveniente del sistema de

tratamiento de aguas servidas, cuyo uso será exclusivamente para riego de jardines y parques municipales.

Según, Prado (2015) en su investigación “Aprovechamiento de aguas residuales en el patio taller de la Línea 1 del Metro de Lima”, propuso como objetivo: realizar una evaluación de cuál es la reserva de aguas servidas en el área de taller de la Línea 1 del Metro de Lima, para luego tratar estas y poder lograr su reúso en el riego de áreas verdes del proyecto. De igual manera, una vez establecido el cálculo de la disponibilidad de las aguas residuales se realizará el análisis de alternativas de tratamiento que permitan poder lograr la calidad de agua que se requiere por normativa para el reúso en riego de áreas verdes.

Para el cumplimiento de los objetivos trazados, se realizó una investigación del tipo analítico – descriptivo, el utilizo como método de obtención de datos la recopilación de información in situ, obteniendo así información planimetría, meteorológica y de caracterización del agua residual; adicional a esta información también se obtuvo data de la zona donde se reutilizara el agua tratada agenciándose para ello de información de características del suelo, estimación de la necesidad de agua del cultivo y la determinación de las áreas verdes potenciales. Con esta información y el procesamiento de la misma a través de software estadístico y de ordenamiento de información, se pudo obtener cual era la demanda de agua del cultivo y el diagnóstico de la propiedad del agua.

Finalmente, con la investigación procesada se pudo concluir que estas evaluaciones de ampo fueron fundamentales para determinar que el caudal disponible del Patio de Taller es de 45.2 m³/día y que la calidad de agua residual tienen un factor DBO/DQO = 0.60 lo cual hace factible su tratamiento biológico, eligiendo para este fin un metodo de tratamiento con Lodos activados con aireación extendida lo cual garantizaría la calidad del agua del efluente y que este se encuentre dentro de los patrones de calidad requeridos para su reúso en riego de

áreas verdes; y con ello obtendríamos una disminución del 34% en el consumo.

Según, Loza (2017) en su investigación “Diseño de un sistema de reciclado de aguas grises y su aprovechamiento para un desarrollo sostenible de una vivienda multifamiliar de doce pisos en la ciudad de Tacna, 2017”, propuso: efectuar un sistema de tratamiento de aguas servidas producidas en la ducha, lavamanos, lavadoras para ser usadas en el inodoro, y la descarga de este último sea tratado para su uso en el sistema de riego de los jardines del edificio. De esta manera se espera obtener una recuperación de aguas servidas de un margen de 40% del agua consumida en el edificio, logrando con esto aportar a reducir la escasez hídrica que afronta la ciudad de Tacna.

Para el cumplimiento de estos objetivos se realizó una investigación del tipo analítico – descriptivo enfocado en el reúso de aguas servidas, para este fin se analizaron parámetros, tales como: caudal, caracterización del agua gris, calidad del agua gris y factores de consumo y demanda de consumo diario. Con estos datos obtenidos de la recopilación de información, se procesó estadísticamente a través del software Microsoft Excel obteniendo los resultados de ahorro en el consumo de 44%, lo cual hace viable técnica y económicamente la implementación del método de tratamiento propuesto.

Por ello se concluye que el sistema de tratamiento propuesto para aguas grises satisface los patrones de calidad establecidos por la normativa vigente para el reúso de agua en categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. De igual manera se concluye que el beneficio ambiental y económico hace que el proyecto sea viable en su construcción con un horizonte de retorno de 20 años.

Según, Ugaz (2018) en su investigación “Reusó de aguas residuales tratadas biológicamente, para el regadío del Jardín Botánico, Trujillo” propuso como objetivo: evaluar la factibilidad de reutilizar las aguas residuales procesadas biológicamente para el uso en el riego de las áreas

verdes del Jardín Botánico de Trujillo. Para este fin se propuso el proyecto de un esquema de una planta de tratamiento de aguas residuales biológico – PTAB a base de plantas acuáticas y lechos filtrantes que cumpla con una eficiencia mayor al 80%.

Para lograr cumplir con los objetivos trazados en este estudio, se realizó una investigación analítica – descriptiva de manera que se logró recolectar información en campo, como: calidad del agua, número de habitantes y caudal de consumo; así mismo de laboratorio se obtuvo la caracterización físico – química del agua. Con esta información se procesaron los datos obtenidos mediante tabulación paramétrica con el software Microsoft Excel, logrando interpretar que la calidad de agua que actualmente se requiere utilizar para la irrigación de parques y jardines no es apta para este uso, por lo cual se resolvió que el sistema de Tratamiento Biológica con la utilización de biofiltros es viable y factible técnicamente pues permite remover hasta con un 90% de efectividad el DBO, DQO y coniformes; y con un 95% de efectividad las grasas y aceites. Por ello, con los resultados obtenidos del estudio se puede aseverar que el agua tratada con los filtros biológicos es apta para el regadío agrícola tipo II, por lo cual puede ser usada en el riego del jardín botánico.

1.2.3. A nivel Local.

Según, Acosta (2016) en su investigación: “Propuesta de un sistema de tratamiento de efluentes para la obtención de agua reutilizable en el centro de beneficio avícola Andy S.R.L.”, se proyectó como objetivo: realizar una propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales que permitan lograr agua reutilizable en la higiene de las zonas de trabajo.

De la presente investigación se infirió que el esquema de tratamiento adecuado es el compuesto por un complejo de lodos activados y un proceso de desinfección, el mismo que fue seleccionado luego de la

evaluación del sistema con mejor eficacia de remoción, calidad de agua tratada y costo de operación.

Según, Medina (2015) en su investigación “Propuesta de un sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hilandería La Inmaculada SAC para su reutilización”, planteo como objetivo: proponer la instalación de un esquema de tratamiento de aguas servidas tal que se encuadre con los patrones de calidad necesarios para la reutilización de las aguas en el proceso productivo.

Para lograr este fin se realizó un estudio analítico – descriptivo, de manera que se realice una recolección de información in situ de caudales de descarga y caracterización físico – química del agua del efluente. El problema central de esta investigación se encuentra en la importancia que tiene para la empresa la reutilización del agua servida pues actualmente se incurre en costos muy elevados por consumo excesivo de agua, así como el incumplimiento de las normas ambientales vigentes, pues no se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles para su descarga en un cuerpo receptor libre.

Finalmente, este estudio concluye que los valores de la determinación físico - química de los efluentes de la hilandera La Inmaculada SAC excede los parámetros máximos permitidos en el PH, DBO, DQO y temperatura; y por ello es inevitable la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales que permita la reutilización de las aguas servidas. Por ello se propuso implementar un esquema de tratamiento mediante ozonización de las aguas servidas que permita una remoción de tintes del 96% -100%, de manera que permita la reutilización del agua residual en el proceso industrial hasta por 6 veces. Por ello es factible la ejecución de este esquema de tratamiento que arroja una eliminación de 97% de DBO, 95% DQO, 95% SST y 98% de color.

Según, Gutiérrez (2019) en su investigación “Mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales “San José” para su reúso con fines

agrícolas – Chiclayo – 2015”, se propuso como objetivo: analizar y rediseñar la PTAR San José y de esta manera determinar la influencia que representa el perfeccionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de San José en el reúso del agua servida tratada en la agricultura; y con ello mejorar la eficacia del efluente.

La metodología usada para la solución de la problemática del procesamiento de aguas servidas por lagunas es: metodología por Métodos Empíricos de Yañez, Maranis y Métodos Cinéticos.

De esta investigación se concluyó que es viable una propuesta de rediseño de PTAR existente a fin de optimizar los parámetros de calidad del efluente y reusar el agua residual tratada para destinar estas al riego de cultivos de la comunidad campesina de San José.

Según, Flores (2015) en su investigación “Propuesta de un sistema de tratamiento para la reutilización de aguas residuales generadas en el servicio de lavado del concesionario Nor Autos Chiclayo SAC”, se propuso como objetivo: realizar la propuesta de sistema óptimo y adecuado de procesamiento de aguas residuales producto de las actividades de limpieza y lavado de vehículos automotrices, derivada de la caracterización físico – química y microbiológica de los efluentes del sistema actual. Con esta evaluación se realizará la propuesta de un sistema que permita a la empresa reusar esta descarga de acuerdo a los lineamientos y parámetros de las normativas vigentes.

Del desarrollo de esta investigación se logró concluir que el agua residual producto de la actividad de lavado de vehículos posee una alta carga contaminante en componentes como: DQO, DBO, SST y grasas; excediéndose en hasta 4 veces los valores máximos admitidos por las normas vigentes, es así que al realizar un análisis de ganancias y pérdidas se valida que es factible la construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales que permitan a la empresa cumplir con los patrones de calidad requeridos por la normativa vigente, esta inversión requerida será recuperada en un plazo de un año.

1.3. Teorías relacionadas al tema.

1.3.1. Fundamentación teórica del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.

1.3.1.1. Historia del tratamiento de las aguas residuales.

A partir que la humanidad empieza a convivir como sociedad agrupada en ciudades, se inició la problemática del tratamiento de residuos sólidos y aguas utilizadas, motivo por el cual el ser humano ha investigado la manera de resolver esta problemática. Al inicio la preocupación de la utilización de las aguas servidas se centraba en la mitigación de los riesgos de salud relacionado a las enfermedades infecciosas y gastrointestinales. Para Burks y Minnis (1994) el tratamiento de agua residuales actualmente ha aumentado su preocupación, además de preocuparse en mitigar las enfermedades infecciosas, ahora también se preocupa por los impactos medioambientales.

Por ello, haciendo un repaso por la historia podemos apreciar que en la **edad antigua** (3500 a.C a 500 d.C), podemos mencionar a la ciudad de Ur la cual poseía una población promedio de 65000 hab/milla², las mismas que generaban un volumen de agua residual considerable y que no eran tratadas, pues simplemente eran vertidas a las calles afectando así sus niveles y produciendo que cada cierto tiempo las viviendas eleven sus niveles de pisos de las casas (S. Savas, 1977). De igual manera en la ciudad de Mohenjo – Daro se apreció los primeros sistemas de tratamientos, los mismos que estaban contruidos por ladrillos recubiertos con alquitrán, los mismo que componían un sistema de redes de alcantarillado de ladrillo revestido con betún, en esta ciudad se descubrió un gran baño construido de ladrillo (Blázquez, 1995). Así mismo, en Roma se encontró la “Cloaca Máxima” que data de los años 600 a.C., considerado como un colector abovedado que transportaba las aguas residuales desde las alturas hasta el rio Tiber (Burks & Minnis, 1994), ocasionando que la ciudad de Roma sea

considerada como una ciudad Insana debido a los graves problemas de salud ocasionado por la descarga de las aguas residuales a rio Tiber (S. Savas, 1977).

En la **edad media** (500 d.C a 1500 d.C) debido a la migración y abandono de la ciudad de Roma (S. Savas, 1977), también se abandonaron las prácticas de higiene lo que provoco brotes de disentería, tifus, fiebre tifoidea. A finales de la edad media, en Europa se comenzaron a construir los primigenios esquemas de tratamiento de aguas excedentes denominados pozos negros, donde los lodos formados del proceso de tratamiento fueron retirados y empleados como fertilizante y en algunos casos vertidos sobre tierras eriazas (Burks & Minnis, 1994).

En la **edad moderna** (1500 a 1900) se hicieron cambios a las ideas iniciales del esquema de aguas servidas a partir de la necesidad debido a la revolución industrial, debido a que esta provoco hacinamiento en las ciudades circundantes a las industrias llevando a una situación sanitaria precaria con lo cual se dio lugar a múltiples epidemias debido al consumo de aguas sin tratamiento eficiente. Por ello en 1842 Sir Edwin Chadwick realizo un informe acerca de la situación sanitaria de Gran Bretaña donde determinaba la necesidad de separar las aguas residuales de la pluviales, haciendo incidencia en el tratamiento de las aguas residuales y su utilización netamente para el riego agrícola; con su frase: “El agua pluvial al rio y la residual al campo”. Por este informe a partir de 1847 se estableció la imposición de la utilización de las redes de alcantarillado para el uso de aguas servidas.

En 1860, Jean Baptiste Mouras desarrollo un modelo de procesamiento de aguas servidas a partir de la decantación de sólidos en una poza de estabilización controlada, a la cual llamo “Fosa Séptica”. Esta idea primigenia fue adoptada y mejorada por el mismo Mouras para que en el año 1870 establezca un modelo mejorado al cual llamo “Tanque Foie Mouras”.

Ya en el año 1968, Edwar Frankland estableció un esquema de tratamiento de aguas residuales a partir del paso de estas aguas por un sistema de capas de materiales compuesto por capas de gravas y arenas, a este modelo lo denominó “Filtro de arena para aguas residuales”.

Es así que en los años 1897 se desarrollaron los modelos de tratamiento biológico a partir de filtros percoladores, los mismo que fueron mejorados en 1914 con la utilización de lodos activados.

En la **época actual**, se han venido estudiando nuevas tecnologías que sean capaces de realizar un tratamiento de aguas residuales con una eficiencia tal que estas aguas puedan ser reutilizables sin impactar negativamente en el medio circundante.

Es así que en el año 1882 E. arden y W. T. Lockett proponen un modelo de tratamiento a partir de la depuración de aguas residuales mediante un sistema de aireado de aguas, la cual producía flóculos que en horas o días en el reactor biológico se decantaban y podían ser retirados del agua, con lo cual lograban eliminar los agentes biodegradables y la nitrificación de los elementos nitrogenados (Salas, 2004).

En los años 50 y 60 se incentivó fuertemente la teoría de Lodos Activos permitiendo así el diseño basado en las particularidades de las aguas residuales a tratar, desencadenando así la tecnología de Filtros Percoladores a fines del siglo XIX (Salas, 2004).

En los 70 se cimienta las bases para el estudio del funcionamiento y los primeros modelos de los procesos biológicos, estableciendo criterios fundamentados es bases científicas, reconociendo la gran importancia que tiene el tratamiento de aguas servidas en la exclusión de nutrientes (Trillo-Montsorú, 1995).

En 1919 Naumann identificó el problema de eutrofización, sustentando las bases a la eliminación del nitrógeno y fosforo de las aguas residuales.

Ya en los años 80, se reconoce la necesidad de eliminación de los nutrientes, se desarrolla y adecua los modelos y métodos dirigiendo esto a la obtención de sus objetivos (Trillo-Montsorú, 1995).

En la actualidad la técnica de Lodos Activos es la más usada e implementada a nivel mundial para el procesamiento de aguas residuales (Salas, 2004), pero aun en el ámbito rural y en países con escasos recursos se siguen usando los sistemas de tratamiento convencionales, los mismo que poseen poca eficacia en el tratamiento.

1.3.1.2. Tratamiento de aguas residuales.

Para Cortina y Márquez (2008), el objetivo principal del tratamiento de aguas residuales se determina en la eliminación casi total de los agentes contaminantes contenidos evitando el impacto negativo en la calidad de los cuerpos receptores y que esta sea adecuada para las necesidades de los usuarios.

De igual manera Metcalf & Eddy (1995), menciona que la base del tratamiento de aguas residuales es la protección y bienestar de la salud de las personas además de la protección medio ambiental.

Sabiendo el objetivo del tratamiento de aguas residuales, debemos mencionar que este tratamiento se puede clasificar en pretratamiento, primario, secundario y terciario de acuerdo a que contaminantes separan (Cortina Dominguez & Márquez Ortiz, 2008).

1.3.1.1.1. Niveles de tratamiento de aguas residuales.

De acuerdo con los métodos físicos – químicos y biológicos que se generan en los tanques o reactores y de acuerdo a la velocidad y niveles de estos, lo procesos de tratamiento se pueden dividir en:

a. Pretratamiento

En esta etapa se busca que se uniformicen las características de los volúmenes de las aguas que ingresan a tratar, logrando así que estos dejen de ser irregulares, discontinuos o diferentes; evitando descargas puntuales que produzcan deficiencias en los procesos posteriores.

Según Rigola (1999), recomienda que para esta etapa se pueden usar diversos equipos, tales como: rejas tamices auto limpiantes, rejillas, micro filtros, etc. de manera que retengan las partículas de tamaño mayor que puedan producir un deficiente funcionamiento en las posteriores etapas.

Para Arocutipa (2013) indica que, para lograr la homogenización de las aguas a tratar y evitar la sedimentación de las mismas, se debe incorporar a las estructuras de pretratamiento un sistema de agitación, ya sea mecánico o por aire, y se debe tratar de neutralizar el PH de la mezcla.

b. Tratamiento primario.

En esta etapa se efectúa la separación de las partículas pesadas (arenas y arenillas) las cuales se decantan por gravedad, con ello se logra la reducción de los sólidos disueltos, turbidez y disminución de materia orgánica. En esta etapa se logra realizar la sedimentación de las partículas finas (polvo y limos) a través del proceso de aireación. También en esta etapa se logra homogenizar el caudal enviado a las etapas posteriores. Para Rigola (1999), el tratamiento primario disminuye la variación de caudal y prepara las aguas residuales para su tratamiento biológico, pues en esta etapa se eliminan ciertos contaminantes.

c. Tratamiento secundario.

Para Rigola (1999), en esta etapa el tratamiento más utilizado es el biológico, en donde las bacterias y otros microorganismos metabolizan a la materia orgánica soluble y coloidal; la duración de esta etapa depende mucho del tipo de microorganismo que se encuentra en las aguas residuales.

Para Alarcón y Fernández (2014), en esta etapa el principal objetivo es la disminución de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y de los sólidos solubles que se escaparon al

tratamiento primario. En esta etapa no se remueven el nitrógeno, fosforo, metales pesado, demanda química de oxígeno (DQO) y bacterias patógenas.

Adicional a lo mencionado se puede acotar que, si bien en esta etapa del proceso se degradan casi todas las sustancias orgánicas, existen algunas sustancias sintéticas que son resistentes y no se pueden degradar en esta etapa.

Para el tratamiento secundario se usan módulos como: Lodos Activados, Biodisco, Lagunaje, Filtro biológico.

d. Tratamiento terciario.

Para Alarcón y Fernández (2014), esta fase tiene como objetivo la eliminación de compuestos no biodegradables y completar la remoción de contaminantes que no se hayan tratado en el sistema secundario.

Para Rigola (1999), este tratamiento completa el ciclo cuando se requieren estándares de calidad mayores a las solicitadas en un tratamiento secundario.

Para el tratamiento terciario el mecanismo más usado es la filtración mediante arena, grava, antracita u otro adecuado, o la combinación e ellas. El refine de las aguas del efluente se logra a través de un filtro de arena fina, que permite atrapar los flóculos formados químicamente.

En resumen, estos tratamientos los podemos apreciar en el siguiente cuadro:

Tabla 1.

Resumen de niveles y procesos de tratamiento de aguas residuales

Nivel de Tratamiento de Aguas Residuales		
Nivel	Descripción	Tratamiento
Pretratamiento	Remueve material grueso que puede ocasionar problemas de operación, como: ramas, piedras, trapos, plástico y otros de tamaño considerable.	Se utiliza equipos como: Rejillas, mallas, desarenador, trampa de grasas, partidores de caudal, medidor y otro afines.
Primario	Se disminuye la carga orgánica removiendo sólidos orgánicos e inorgánicos solubles.	Sedimentador, sistemas de incorporación de aire, tanques sépticos imhoff y tanques de flotación.
Secundario	Procesos biológicos removiendo DBO con una eficiencia mayor a 80%.	Reactores anaeróbicos, tanque de Lodos activados, percoladores, lagunas de estabilización.
Terciario	Se remueven sólidos suspendidos a través de micro filtración y además se remueven sustancias que pudieron pasar el tratamiento secundario.	Osmosis inversa, electrodiálisis, destilación, coagulación, absorción, remoción por espuma, filtración, oxidación química, precipitación, mitificación – dentrificación y cloración.

Fuente: O.S. – 090 - RNE (Elaboración propia)

1.3.1.1.2. Tipos de tratamiento de aguas residuales

De acuerdo a la composición de las aguas residuales se pueden utilizar diferentes tipos de tratamiento, siendo los más utilizados:

a. Tratamiento físico.

Se refiere a los tratamientos que se realizan a las aguas residuales donde se emplean procesos mecánicos o estructuras físicas para su tratamiento, tales como:

- Sedimentación.
- Flotación.
- Adsorción.
- Extracción.
- Filtración.
- Desorción.

b. Tratamiento químico.

Se refiere al tratamiento donde se emplean procesos químicos o elementos químicos para la degradación de los componentes biológicos y químicos de las aguas residuales. Por ejemplo:

b.1. Coagulación – Floculación.

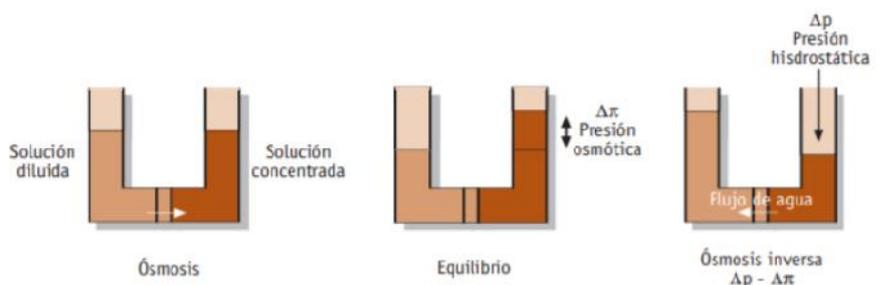
Este proceso refiere al uso de insumos químicos para la captación de pequeñas partículas que se hallan suspendidas en las aguas residuales a fin de lograr convertirlas en coágulos o floculos que permitan su decantación. Los insumos químicos más usados son: Aluminato de sodio, polielectrolitos, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato ferroso, sulfato férrico y sulfato de aluminio.

b.2. Ósmosis inversa.

Este proceso se refiere a la separación de los sólidos, sedimentos y partículas de un fluido disuelto mediante la presión empleada para que este pase por una membrana semipermeable hacia un fluido limpio. Este proceso ocurre cuando se vence la presión osmótica del sistema.

Figura 1.

Sistema de ósmosis inversa.



Nota. Adaptado de Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales, de Rodríguez, A.

b.3. Oxidación – reducción.

Este proceso se refiere al tratamiento de aguas residuales mediante insumos oxidantes, tales como: ozono, permanganatos potásicos, peróxido de hidrogeno, cloro.

b.4. Precipitación química.

Este proceso se refiere al tratamiento mediante la adición de elementos químicos tales como: hidróxido sódico, sulfato de aluminio, cal, cloruro férrico y otros que suben el PH y con ello realiza la eliminación de metales pesados haciéndolos insolubles.

b.5. Intercambio Iónico.

Este proceso se realiza con la finalidad de quitar la dureza del agua mediante resinas que permitan realizar el intercambio de iones.

b.6. Reducción Electrolítica.

En este proceso se utiliza básicamente para recuperar elementos valiosos que se encuentran disueltos en las aguas residuales, produciendo que estos solidos se adhieran al electrodo introducido en las aguas residuales.

c. Tratamiento biológico.

Para Alarcón y Fernández (2014), este tratamiento se centra en la coagulación y supresión de los sólidos coloidales no sedimentables, y con ello lograr el equilibrio de la materia orgánica.

Estos procesos se pueden dividir en dos grandes grupos

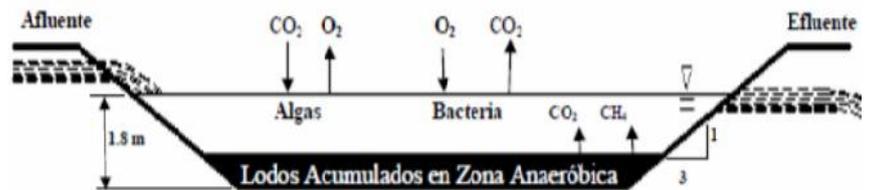
c.1. Tratamiento biológico Aerobios:

Espinoza (2018), manifiesta que este proceso no requiere oxígeno, pero sí de nutrientes y una característica de este sistema es que el 50% de materia orgánica se convertirá en CO₂ y agua, y el restante se convierte en lodos (bacterias).

Algunos ejemplos de estos sistemas son: Lagunas aireadas, zanjas de oxidación, filtros percoladores, ríos y lodos activados.

Figura 2.

Esquema de tratamiento biológico aerobio.



Fuente: Libro “Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Centroamérica” de Stewart Oakley (2005).

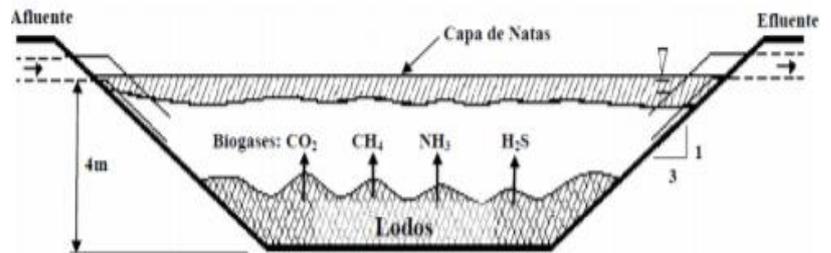
c.2. Tratamiento biológico Anaerobios:

Espinoza (2018), manifiesta que este tratamiento se caracteriza por ser un proceso ausente de oxígeno y que en el sistema se logra procesar el 90% a 95% de la materia orgánica, la misma que saldrá del sistema en forma de Biogás, CH₄ (metano), CO₂, nitratos y nitritos; convirtiendo el restante en nuevas bacterias (lodos).

Algunos ejemplos de este sistema son: Lagunas anaerobias, fosas sépticas, filtros anaerobios, biodigestores rurales, Reactores UASB.

Figura 3.

Esquema de tratamiento biológico anaerobio.



Fuente: Libro “Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Centroamérica” de Stewart Oakley (2005).

1.3.1.3. Aguas Residuales.

Para Rolim (2000), menciona que se puede definir las aguas residuales como las derivadas de los servicios de la red de alcantarillado de una ciudad, luego de ser transformada por los usos realizado en las acciones domésticas, industriales y comunitarias; las mismas que serán conducidas por la red de alcantarillado hacia un cuerpo receptor adecuado.

Para la OEFA (2014), precisa que las aguas residuales como aquellas donde sus particularidades iniciales han sido transformadas debido a las actividades humanas y que debido al deterioro de su estándar demanden tratamiento antes de ser reutilizadas, volcadas a un cuerpo natural o descargadas al sistema de alcantarillado.

Es decir, las aguas residuales se definen como una mezcla de aguas con todo tipo de componentes tanto inorgánicos (arena, arcilla, sales, etc.) como orgánicos (proteínas, carbohidratos / azúcares, aceites y grasas). Estos componentes están parcialmente suspendidos (no disueltos), disueltos de forma parcial en las aguas residuales.

1.3.1.4. Clasificación de aguas residuales.

Para una mejor clasificación de las aguas servidas tendremos en cuenta principalmente lo dispuesto por la OEFA – MINAM 2014 y lo propuesto por Romero (2016). A continuación, se hace una descripción de cada una de ellas:

a. Aguas residuales domésticas.

Es el agua que el ser humano utiliza para soluciones higiénicas (baños, cocinas, lavandería, etc.). Consiste fundamentalmente en residuos humanos y de productos de higiene, son producidas en: hogares, edificios, oficinas, centros comerciales y otros similares. Las aguas residuales son ricas en nutrientes y materia orgánica biodegradable.

b. Aguas residuales industriales.

Es el agua generada en las actividades industriales, posee particularidades específicas, obedeciendo a la industria que la genere, como: agroindustrias, agrícola, minería, energía y otros. Debido a su naturaleza de uso puede contener elementos metales pesados tóxicos como: cobre, plomo, mercurio, níquel y otros; los cuales deberán ser tratados antes de su vertimiento a las redes de alcantarillado. Por ello estas aguas residuales es de difícil tratamiento y requiere de consideraciones especiales de diseño.

c. Aguas residuales municipales.

Estas aguas son conocidas como “aguas servidas”, pues estas transportan una combinación de aguas tales como: aguas pluviales, domésticas y hasta industriales previamente tratadas.

d. Aguas negras.

Estas aguas provienen principalmente de los urinarios e inodoros y se caracterizan por contener heces y coliformes fecales, teniendo entre otros contenidos como: nitrógeno (N) y sólidos suspendidos.

e. Aguas grises.

Estas aguas se caracterizan por que aportan solidos suspendidos y pequeñas cantidades de grasas; son provenientes de principalmente de los lavaplatos, lavamanos, jacuzzi, duchas, tinas, lavadoras y otras que no incluya heces ni coliformes fecales.

f. Aguas pluviales.

Es el agua proveniente de esorrentías superficiales producto de lluvia descargada en grandes cantidades en suelo y techos.

Tabla 2.

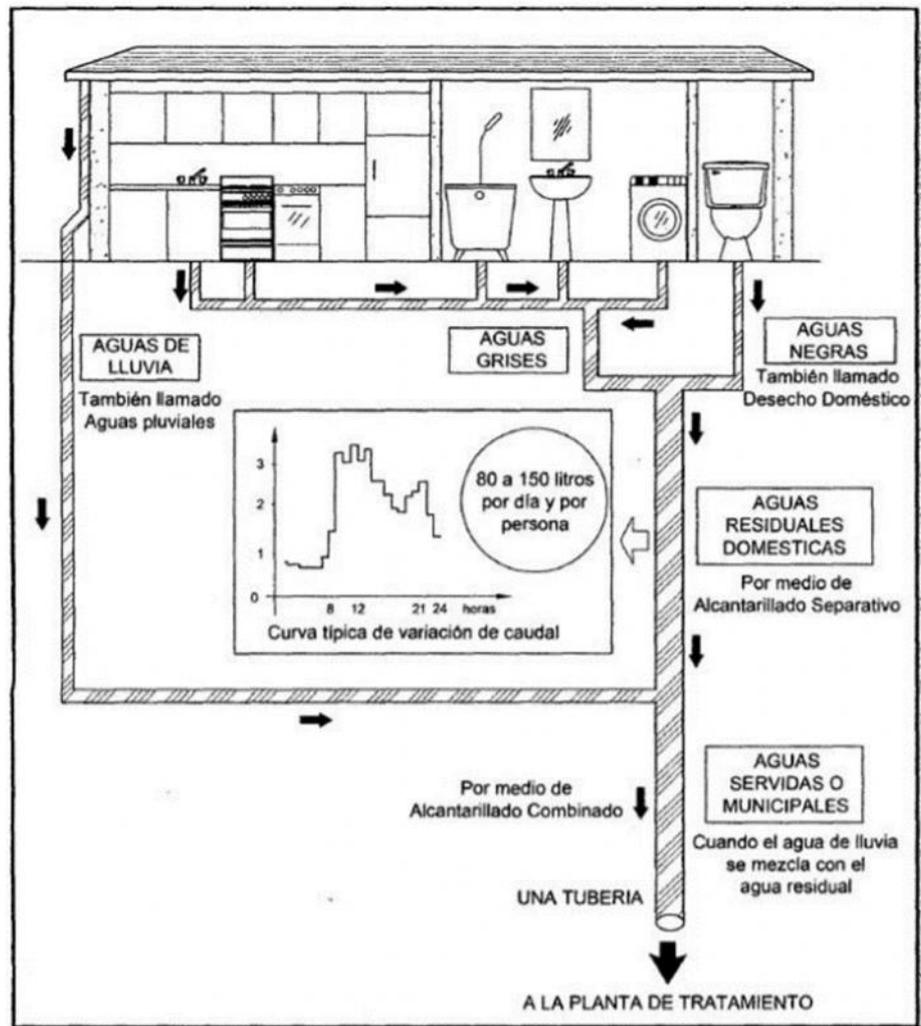
Resumen de tipos de aguas residuales.

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

Fuente: Adaptación de “Factibilidad de reúso de aguas negras en edificaciones” (2013) de Jhon E. Céspedes Romero.

Figura 4.

Esquema de fuentes generadoras de agua residual.



Fuente: Libro “Tratamiento de aguas residuales y principios de diseño” de Jairo A. Romero Rojas (2016).

1.3.1.5. Características de las aguas residuales.

Según Metcalf y Eddy (1995), las aguas residuales se caracterizan por una combinación agua y residuos procedentes de las viviendas, instituciones públicas, centros comerciales e industrias y de manera eventual puede contener aguas residuales y pluviales.

Para Crites y Tchobanoglous (2000), las particularidades de aguas residuales industriales dependen básicamente de la actividad productora que realice, por ello en este tipo de aguas residuales además

del caudal y materia orgánica, también se debe evaluar la presencia de metales pesados y sustancias tóxicas.

Para Romero (2016) las características cuantitativa y cualitativa de las aguas residuales se definen mediante una sucesión de procedimientos, entre los cuales se puede incluir la medición de caudales, muestreo de los afluentes y el análisis e interpretación de resultados obtenidos.

1.3.1.5.1. Características cuantitativas

Esta característica se refiere al caudal de contribución que proviene de los diversos usos del servicio de agua de las viviendas, instituciones públicas, centros comerciales e industrias; la misma que está directamente relacionada con el uso per cápita del agua potable, en el cual influye los siguientes factores:

- Los hábitos de consumo de agua de una población (cultura de higiene, clima, cultura de cuidado de agua).
- Mantenimiento y control de equipo hidráulico y aparatos sanitarios de las viviendas, instituciones, centros comerciales e industria.
- Control continuo del consumo de aguas.
- Cantidad y calidad de las fuentes hídricas.
- Índices de habitantes por vivienda e ingreso per cápita familiar.
- Índices de industrialización, intensidad y tipo de actividades comerciales.

1.3.1.5.2. Características físicas

Para Crites y Tchobanoglous (2000), las principales características físicas que se identifican en las aguas residuales son las siguientes:

a. Total de Sólidos en suspensión (TSS):

Para Espinoza (2018), esta es una fracción de los sólidos totales y están básicamente compuestos por partículas inorgánicas y

orgánicas que pueden ser separados con facilidad del agua residual mediante sedimentación, centrifugación o filtración.

Según Unión de Cervecerías Backus y Johnston (2014), la concentración de sólidos suspendidos en una muestra de aguas residuales es equivalente a la cantidad de materiales no disueltos expresada en mg/l.

Para realizar el cálculo de esta característica física, se filtra una muestra de aguas residuales bien mezclada en un filtro de lana de vidrio estándar seco y pesado; los residuos que son retenidos, se secan a una temperatura de 105 °C hasta alcanzar un peso constante. En consecuencia, el aumento en el peso del filtro representa el peso en seco de los sólidos suspendidos.

Ecuación 1.

Ecuación de cálculo de TSS.

$$TSS = \frac{A - B}{Sample_volume(l)}$$

Con:

- TSS = Total Sólidos Suspendidos (mg / l)
- A = Peso (mg) del filtro con residuos
- B = Peso (mg) del filtro limpio

Los cuerpos sólidos suspendidos se pueden eliminar parcialmente por medio de micro-organismos o pueden acumularse en el reactor biológico junto a las bacterias. Luego se eliminan juntos con el exceso de lodo.

b. Sólidos totales:

Para Cortina y Márquez (2008), los sólidos totales son el material arrastrado por el suministro de agua doméstico, comercial e

industrial durante el uso en sus actividades propias. Así mismo analíticamente los sólidos totales es aquel que permanece después de realizar la evaporización del agua en temperaturas entre 103 y 105°C.

c. Sólidos sedimentables (SS):

Para Cortina y Márquez (2008), son los sólidos suspendidos que se pueden sedimentar en condición de reposo gracias a la gravedad, se debe entender que solo sedimentaran los sólidos suspendidos cuya gravedad específica es mayor a la del agua que lo contiene, y esta se mide en mililitros por litro en una hora (ml/l/hora).

Para Espinoza (2018), son los sólidos que representan el volumen de los lodos removibles por sedimentación simple, esta característica se puede apreciar en un tanque imhoff en un periodo de 60 minutos.

Según Unión de Cervecerías Backus y Johnston (2014), los sólidos sedimentables son las partículas suspendidas en las aguas residuales que se sedimentan en un intervalo de tiempo determinado se denominan sólidos sedimentables. En algunos casos, estos sólidos sedimentables se eliminan en un tanque de clarificación previa (sedimentos primarios).

Los cuerpos sólidos sedimentables se determinan midiendo el volumen de los sólidos sedimentados después de 45 min en un cono Imhoff.

El método de los sólidos sedimentables es un método rápido para tener una idea de la cuantía de sólidos no disueltos en un espécimen de agua.

Figura 5.

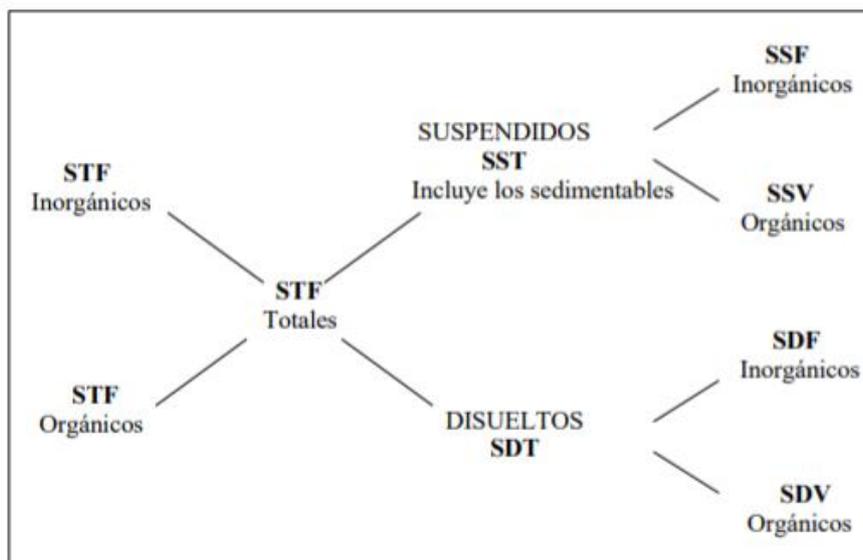
Ensayo de laboratorio para determinar sólidos sedimentables.



Fuente: Laboratorio de Control de Calidad Backus, Motupe (2014).

Figura 6.

Relación entre los sólidos totales, suspendidos, disueltos, fijos y volátiles.



Fuente: Tesis: “Alternativa de tratamiento de aguas residuales de industria textil” de Cortina Domínguez y Márquez Ortiz (2008).

d. Temperatura:

Para Cortina y Márquez (2008), es la medida relativa tomada respecto de la cantidad de calor que se encuentra al interior del agua residual, entendiendo que esta usualmente es mayor a la del agua suministrada debido al calor incorporado por los usos en las actividades domésticas e industriales. Se debe entender que la temperatura es importante en los procesos biológicos.

Para Unión de Cervecerías Backus y Johnston (2014), la temperatura de las aguas residuales tiene una gran influencia en los niveles de biodegradación en el tanque de compensación (hidrólisis de polímeros), en los reactores (UASB) anaerobios (la degradación hasta CH₄, CO₂, H₂S y agua) y en el tanque de aireación (posterior degradación y transformación en CO₂, H₂O y componentes minerales). Cuanto mayor sea la temperatura, más rápido se desarrollarán los procesos de biodegradación.

Para Alarcón y Fernández (2014), la temperatura del agua residual es mayormente superior que el agua corriente, debido a la agregación de aguas calientes producto de las diferentes actividades domésticas e industriales; es parámetro e importante por su influencia en las reacciones químicas y su disminución en las concentraciones de oxígeno disuelto.

e. Turbidez (NTU):

Para Cortina y Márquez (2008), la turbidez es el incremento del color aparente del agua debido a materia suspendida sobre el agua residual de origen orgánica o inorgánica, y esta se mide por la merma de luz transferida a través del espécimen. La importancia de la medición de la turbidez radica en que esta fomenta un mayor desarrollo de los microorganismos y protege a estos de los desinfectantes.

Para Unión de Cervecerías Backus y Johnston (2014), la turbidez es la obscuridad de un fluido originada por sólidos en suspensión que son habitualmente invisibles a simple vista.

Figura 7.

Ensayo de laboratorio para determinar Turbidez.



Fuente: Laboratorio de Control de Calidad Backus, Motupe (2014).

Para calcular la turbidez se emplea una herramienta denominada nefelómetro, con el revelador configurado para el lado del haz de luz. Si hay muchas partículas pequeñas que dispersan el haz de la fuente más luz llega al detector a diferencia de la que llegaría si hubiese pocas partículas. Las unidades de turbidez de un nefelómetro calibrado se denominan unidades nefelométricas de turbidez (NTU). La cantidad de luz que se irradia a partir de una determinada cantidad de partículas obedece a las propiedades de las partículas como su forma, color y reflectividad. Por esta razón, existe una relación directa entre turbidez y sólidos suspendidos totales (SST) es de cierta manera única para cada ubicación o situación.

La turbidez aumenta normalmente después de fuertes lluvias. La lluvia corre por el suelo recogiendo pequeñas partículas de suciedad antes de desembocar en las fuentes de agua, por lo tanto, aumentan los niveles de turbidez.

Para Alarcón y Fernández (2014), la turbidez es la dificultad que tiene la luz para ser transmitida en el agua debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, los cuales son difíciles de decantar y filtrar, interfiriendo con los procesos de tratamiento a los que se le desea someter al agua residual. Su

unidad de medida es la unidad nefelométricas (NTU o UNF) y la forma de eliminarse la turbidez es por procesos de coagulación, decantación y filtración.

f. Color:

Para Cortina y Márquez (2008), el color es un indicativo físico rápido de la calidad del agua, que en conjunto con el olor y sabor determinan la aprobación o no por el usuario. Las aguas residuales presentan usualmente un color gris al generarse lo cual luego de los procesos anaerobios de los microorganismos que descomponen la materia orgánica se torna de color negro.

Para Unión de Cervecerías Backus y Johnston (2014), el color se refiere al color en el agua está primordialmente por consecuencia de partículas coloidales cargadas de manera negativa; el color aparente es producto de sólidos en suspensión que interfieren con la calidad del agua. La unidad de medida es “Unidades de color (UC)”.

Para Alarcón y Fernández (2014), el color es la capacidad que tienen ciertas sustancias de absorber algunas radiaciones del espectro visible, indicando así la presencia de ciertos contaminantes y afectando estéticamente la potabilidad de las aguas. La unidad de medida del color en el agua se enuncia en una escala de unidades de K_2PtCl_6 (unidades Hazen) o sencillamente Pt, y sus principales tratamientos para eliminación de color es la coagulación y filtración, la cloración, o la absorción en carbón activo.

g. Olor:

Para Cortina y Márquez (2008), el olor característico de las aguas servidas es originado por los gases producto de la actividad microbiana anaerobia. En caso de los residuos industriales el olor depende de la actividad productiva.

Para la eliminación de los olores generados, depende del tipo de compuesto que lo origina y de ellos el tratamiento que se le dé; en algunos casos solo requiere de tratamiento de aireación y oxidación, y en otros requiere de insumos químicos como el ozono o carbón activado para lograr este objetivo.

Para Alarcón y Fernández (2014), el olor se genera por los gases producto de la degradación de la materia orgánica, en especial por la presencia de sulfuro de hidrogeno que producen los microorganismos anaerobios. El primordial problema con el olor de las aguas residuales radica en el rechazo a la implementación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

1.3.1.5.3. Características químicas

Para el estudio de las características químicas, agruparemos estas en tres grandes grupos: Orgánicos, inorgánico y gases.

a. Orgánicos.

Para Cortina y Márquez (2008), menciona que el material orgánico incorporado en las aguas residuales es de origen animal, vegetal y compuestos orgánicos concebidos por el hombre.

Para establecer la detección de la materia orgánica en las aguas residuales se acude a calcular parámetros indirectos tales como:

– Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅):

Para Arocutipa (2013), esta característica está conexas con la cuantía de oxígeno disuelto que se consume en la oxidación química de la materia orgánica a los 5 días y a 20°C; midiendo directamente la cantidad de materia orgánica biodegradable.

Para Alarcón y Fernández (2014), este parámetro es el más empleado para determinar la contaminación orgánica y es aplicable a aguas residuales como superficiales; y su medición está relacionada con el oxígeno disuelto consumido por los

microorganismos durante la oxidación química de la materia orgánica.

Para Espinoza (2018), esta característica se mide por la cantidad de oxígeno necesaria para realizar la degradación (oxidación) biológica aerobia de la materia orgánica contenida en las aguas residuales y se mide en miligramos de oxígeno por litro ($\text{mg O}_2/\text{l}$).

Para Unión de Cervecerías Backus y Johnston (2014), la DBO es la cuantía de oxígeno (medida en $\text{mg O}_2/\text{l} = 10^{-3} \text{ kg DBO}/\text{m}^3$) necesaria para la degradación bioquímica / biológica de la materia orgánica hasta los productos finales de combustión simple CO_2 y H_2O por medio de los micro-organismos (bacteria, etc.).

Para determinar la DBO, se siembra una muestra de aguas residuales preseleccionada con micro – organismos (adaptados) durante 5 días a 20°C en un entorno oscuro, y se mide el consumo de oxígeno. La muestra tiene que ser guardada en un ambiente oscuro para evitar una posible fotosíntesis debido a las algas. El resultado de DBO se registra como DBO_5^{20} .

Dentro de los 5 días no toda la materia orgánica se oxida. Cuanto mayor es el porcentaje de oxidación, mayor será la biodegradabilidad de las aguas residuales.

La proporción DBO / DQO es una medida para la biodegradabilidad de las aguas residuales. En general, las aguas residuales son más biodegradables cuando la proporción DBO / DQO es mayor de 67 %.

Es así que Cortina y Márquez (2008) nos estable el procedimiento para determinar la DBO_5 en una muestra las mismas que se adicional a unas botellas de muestra de 300 ml y luego se perfecciona con agua de dilución que contiene oxígeno, nutrientes, sales de calcio, magnesio y hierro que

mantiene en situaciones adecuadas la degradación de materia orgánica. Esta botella se incuba por cinco días a 20°C.

La DBO se calcula controlando el oxígeno disuelto en el espécimen al inicio y al final del periodo de incubación, con la siguiente ecuación:

Ecuación 2.

Ecuación de cálculo de DBO₅.

$$D \left(\frac{m}{l} \right) = (D_1 - D_2)/p$$

Siendo:

D1 = Oxígeno disuelto al inicio (mg/l).

D2 = Oxígeno disuelto al termino periodo de incubación (mg/l).

p = Fracción volumétrica decimal de la muestra empleada. (10% P = 0.1, 50% P = 0.5 y 100% P = 1.0).

– **Demanda química de oxígeno (DQO):**

Para Espinoza (2018), es la cuantía de oxígeno necesaria para la degradación (oxidación) química de los sólidos orgánicos. Esta misma permite crear una relación con la DBO (DQO/DBO₅) que nos permite un indicador de la biodegradabilidad del agua residual.

Para Arocutipa (2013), la DQO permite calcular la cantidad de materia orgánica tanto de aguas naturales como aguas residuales. La DQO de un agua residual suele ser siempre mayor que la DBO, debido a los mayores químicos presentes en las aguas residuales.

Para Alarcón y Fernández (2014), este parámetro determina la cantidad de materia orgánica tanto para aguas residuales como

superficiales, y se determina la proporción de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. En aguas residuales la DQO es mayor que la DBO.

Para Unión de Cervecerías Backus y Johnston (2014), la DQO consiste en la medición de la cuantía de oxígeno necesaria para la completa oxidación química de todas las materias orgánicas (e inorgánicas oxidables) en las aguas residuales.

Figura 8.

Esquema de reacción química de la DQO.



Fuente: Laboratorio de Control de Calidad Backus, Motupe (2014).

Para la determinación de DQO, se utiliza el dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). El $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ es un fuerte oxidante con la capacidad de producir la reacción química de oxidación de la mayoría de los compuestos orgánicos. Las excepciones son los compuestos aromáticos lineales volátiles. La cantidad de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ consumida en estas reacciones de oxidación química se puede convertir en una cantidad equivalente de oxígeno necesaria para la oxidación.

La precisión del método DQO es bastante buena (la estándar es de aproximadamente el 5-10 %). El tiempo requerido para ejecutar el análisis es Limitado (aproximadamente 3 horas).

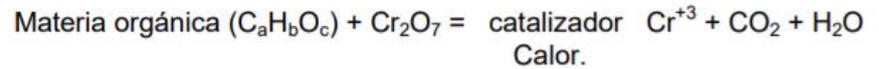
La fracción de materia orgánica que es biodegradable se llama bDQO. La proporción bDQO / DQO es una medida para cuantificar la biodegradabilidad de las aguas residuales.

La unidad de medida del DQO es “miligramos de oxígeno disuelto dividido litros (mg/l)”.

Para Cortina y Márquez (2008), este parámetro permite medir de manera indirecta el contenido de materia orgánica, planteando el siguiente esquema de reacción química:

Figura 9.

Esquema de reacción química de la DQO.



Fuente: Tesis “Alternativa de tratamiento de aguas residuales de industria textil” de Cortina Domínguez y Márquez Ortiz (2008).

– Carbono orgánico total (COT):

Para Espinoza (2018), este parámetro es la medición de la cuantía de carbono orgánico existente en una muestra de agua residual y con ello poder establecer su nivel de contaminación. Para Cortina y Márquez (2008), este parámetro es una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica, y esta se efectúa midiendo el bióxido de carbono producto de la combustión en un horno a alta temperatura. El bióxido de carbono se determina por espectrofotometría de infrarrojo.

Para Alarcón y Fernández (2014), el COT es la cuantía de materia orgánica del agua la misma que se aplica a pequeñas concentraciones, midiendo el carbono orgánico que se oxida a CO₂ y es medido por un analizador infrarrojo.

– Grasas y aceites:

Para Espinoza (2018), este parámetro mide los residuos provenientes de animales y plantas a partir del triclorotrifluoroetano, estos compuestos son removidos de las aguas residuales de manera manual mediante el recojo de las natas.

Para Alarcón y Fernández (2014), las grasas y aceites son componentes importantes en el agua servida, llegando a estas en forma de mantequilla, manteca, margarinas y grasas vegetales. Estos componentes obstruyen en el normal progreso

de la actividad biológica y provocan problemas de sostenimiento.

Para Metcalf y Eddy (1995), estas grasas deben ser eliminadas pues pueden interferir en la vida biológica en aguas superficiales, creando películas y acumulaciones de materia flotante desagradables.

– **Ácidos Grasos Volátiles (mg/l)**

Para Unión de Cervecerías Backus y Johnston (2014), la concentración de Ácidos Grasos Volátiles (AGV) es un parámetro importante en el control del proceso de tratamiento anaerobio de las aguas residuales (y también en los reactores UASB), porque la acidificación es el primer paso en el recorrido de biodegradación anaerobia. Los AGV más importantes son: el ácido acético (CH_3COOH), ácido propiónico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$), ácido butírico ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$), y además el ácido cítrico pertenece al grupo de los ácidos grasos volátiles.

Los Ácidos Grasos Volátiles se determinan por medio de una cromatografía de gases, destilación o fotometría.

b. Inorgánicos y Gases.

Para Cortina y Márquez (2008), estos parámetros son importantes en la estabilización y registro de la calidad del agua y en el crecimiento biológico de la misma. Los principales parámetros son:

– **Alcalinidad**

Para Cortina y Márquez (2008), este parámetro es limitante de la actividad biológica, y mide el contenido de iones hidróxidos(oxhidrilos).

Para Alarcón y Fernández (2014), esta es la cuantificación de la capacidad para neutralizar ácidos y posee las mismas unidades que la dureza. La alcalinidad se puede revertir mediante proceso de descarbonatación con cal, desmineralización por intercambio iónico o tratamiento con ácido.

– **Nitrógeno**

Para Arocutipa (2013), este componente es fundamental para la desintegración de proteínas, y está compuesto por nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito, nitrato. En efluentes la concentración de nitratos varía entre los valores de 0 a 20 mg/l. Para Unión de Cervecerías Backus y Johnston (2014), el nitrógeno es un nutriente esencial que necesitan los microorganismos para crecer. El nitrógeno puede estar presente en diferentes formas.

El nitrógeno total que se encuentra en las aguas servidas depende del volumen de nitrógeno en todas sus formas disueltas en el agua; la química del nitrógeno es compleja debido a los varios estados de valencia que puede tener este elemento, los cambios de valencia en el nitrógeno se dan por los microorganismos vivos en el agua, según sean sus condiciones aerobias o anaerobias.

Las formas que se pueden distinguir siempre en las aguas residuales son:

- **Nitrógeno amoniacal (NH₄⁺):**

El nitrógeno amoniacal es todo aquel nitrógeno que existe como ion amonio en equilibrio; es un indicativo de un proceso de descomposición anaerobia. Los “miligramos divididos entre litros (mg/l)” son su unidad de medida.

- **Nitrógeno en nitritos (NO₂⁻):**

El nitrógeno en nitritos raramente aparece en el agua, que exista este compuesto no es más que un indicador de un proceso biológico activo en el agua. La unidad de medida es “miligramos dividido litros (mg/l)”.

- **Nitrógeno en nitratos (NO₃⁻):**

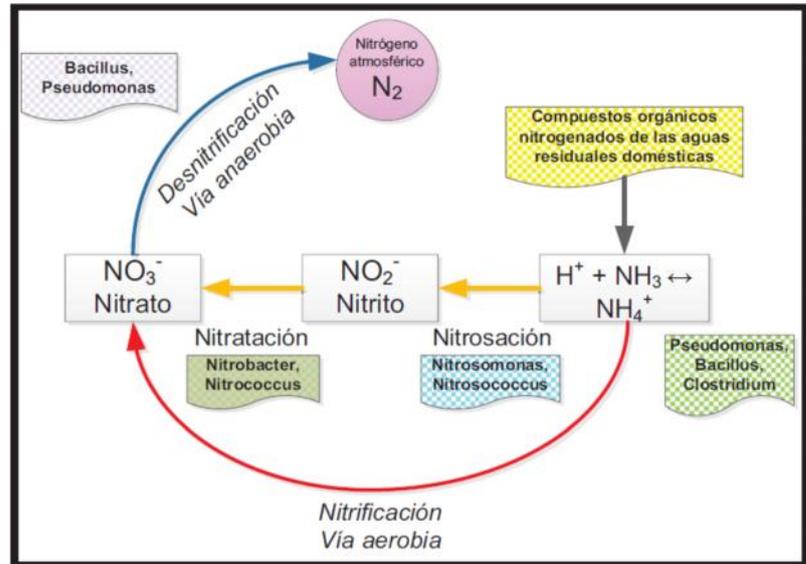
El nitrógeno en forma de nitratos está presente en el anión NO₃⁻ se forma en su estado de oxidación V⁺; el mismo que se encuentra en medio de un triángulo formado por las tres moléculas de oxígeno y es característico de un proceso biológico aerobio dentro del agua. La unidad de medida es “miligramos dividido litros (mg/l)”.

- **Nitrógeno en amoníaco (NH₃):**

Este compuesto químico esta formado por tres moléculas de hidrógeno y una de nitrógeno, regularmente se presenta en forma de gas; su presencia es un indicador de un proceso anaerobio. La unidad de medida es “miligramos dividido litros (mg/l)”.

Figura 10.

Ciclo del nitrógeno en la PTAR.



Fuente: Laboratorio de Control de Calidad Backus, Motupe (2014).

– **Fosforo**

Para Arocutipa (2013), el fosforo es un componente fundamental para el desarrollo de organismos biológicos y algas.

Para Unión de Cervecerías Backus y Johnston (2014), el fosforo es fundamental para la vida de los micro-organismos.

Distinguimos las siguientes formas:

- P_{tot}-P (mg/l): fósforo total. Para su determinación, el fósforo combinado orgánico se convierte en orto fosfato (paso de digestión). En el segundo paso, se mide la concentración de orto fosfato.
- PO₄₃-P: orto fosfato.
- P_{tot}-P = orto fosfato-P + P combinado orgánico

Se puede introducir una eliminación biológica extra del fósforo en la PTAR alternando las zonas / fases aerobias y anaerobias. Si se debe eliminar más P, se puede realizar mediante la eliminación química de P.

– **Dureza**

Para Cortina y Márquez (2008), la dureza es la cantidad de cationes metálicos multivalentes presentes en el agua y esta se clasifica en carbonatada (temporal) y no carbonatada (permanente), la principal causa de la dureza del agua es por sales de Ca y Mg y en algunos casos por Al, Fe, Mn, Sr y Zn. Así mismo estos autores establecieron que las aguas subterráneas poseen durezas elevadas con respecto a las aguas superficiales. El proceso de tratamiento de las aguas con esta propiedad se denomina “ablandamiento” y se realiza mediante procedimientos químicos.

Para Alarcón y Fernández (2014), la dureza es la capacidad de un agua para originar incrustaciones y se debe a la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio. Para reducir la dureza de las aguas se realiza el tratamiento de blandamiento o desmineralización y esta se mide mediante índices específicos.

– **Fenoles**

Para Cortina y Márquez (2008), estos componentes son resultado de la contaminación producto de la industria del acero, destilación de coque, refinación del petróleo y operaciones químicas, biocidas y productos para tratar maderas. El tratamiento para los fenoles es mediante oxidación con ozono y adsorción en carbón activado, o en su defecto se puede utilizar coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

– **Potencial de Hidrogeno (PH)**

Para Espinoza (2018), este parámetro permite establecer la cantidad de iones hidrógenos en un determinado líquido, para procesos biológicos de nitrificación el PH debe ser de 6.0 a 9.0.

Para Moreno (2017), el PH es utilizado para establecer cuando una solución es acida o básica, mediante la medición de la cantidad de iones hidrogeno. Su rango de escala es de 0 a 14, siendo 7 el valor neutro, menos de 7 se considera “ácidos” y mayores de 7 y cercanos a 14 se les denomina “básico”. Las aguas residuales deben ser tratadas de este parámetro antes de ser vertidas en los cuerpos receptores a fin de que no altere su entorno.

Para Unión de Cervecerías Backus y Johnston (2014), el PH es el grado de acidez o alcalinidad de las aguas (aguas residuales) o del lodo. Este valor determina si una solución acuosa (aguas residuales, sedimentos, efluentes, etc) es ácida, neutra o básica. Este valor indica la cantidad de iones de hidrógeno (H_3O^+) presentes en el agua. El nombre PH fue acuñado por el químico Danés Sorensen, quien lo definió como el logarítmico negativo de base 10 de la actividad de los iones hidrógeno presentes en el agua. Un valor de PH se calcula basándose en la cantidad de iones de hidrógeno en las aguas residuales, según la fórmula mencionada a continuación:

Ecuación 3.

Ecuación de cálculo de PH.

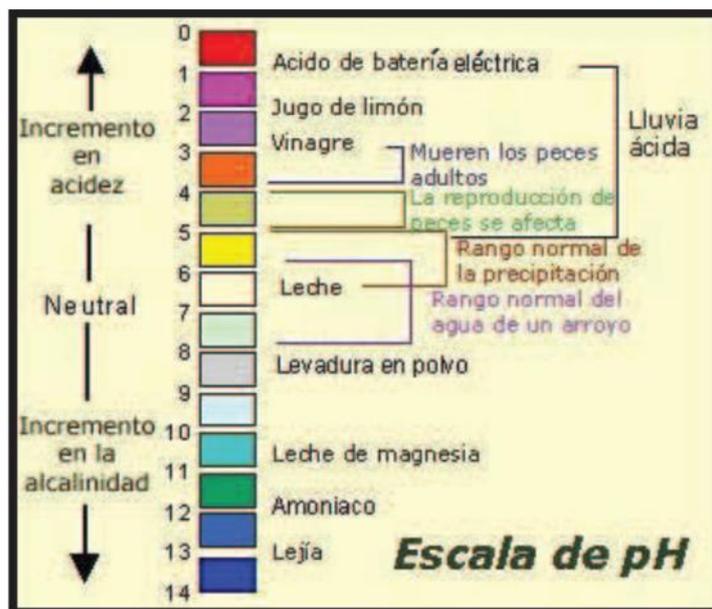
$$PH = - \text{Log}_{10} (H^+)$$

El grado de acidez o alcalinidad se mide en un rango desde 0 hasta 14, donde el 7 significa “neutro”. Cuando el pH de una solución es más bajo que 7, la solución es ácida, mientras que

un valor de pH más alto que 7 significa que la solución es básica. Para el tratamiento biológico de las aguas servidas se requiere un pH más o menos neutro. Para el tratamiento de las aguas residuales biológicas, es necesario un pH más o menos neutro.

Figura 11.

Escala de PH y líquidos típicos de los distintos valores de PH.



Fuente: SLAIFSTEIN, Sergio. Concepto de PH. Ministerio de Educación de Argentina. Argentina, julio, 2007.p. 3.

1.3.1.5.4. Características biológicas

Para Alarcón y Fernández (2014), estas características dependen de los componentes y peculiaridades biológicas de las aguas residuales, y deben estar familiarizados con los grupos de microorganismos existentes en el agua y los que intervienen en el tratamiento biológico, organismos patógenos de las aguas residuales y métodos para establecer la toxicidad de las aguas tratadas.

Para Cortina y Márquez (2008), estas características son fundamentales en el procesamiento de aguas servidas: las bacterias, hongos, algas, protozoarios, rotíferos crustáceos y virus.

– **Bacterias**

Para Cortina y Márquez (2008), las bacterias son organismos unicelulares (0.5 a 6 micras) y se nutren de material orgánico e inorgánico y estas pueden ser según su necesidad de oxígeno para su respiración, aerobias, anaerobias y facultativas. La presencia de bacterias son indicios de contaminación bacteriológica del agua.

Para Alarcón y Fernández (2014), las bacterias tienen una función importante en el proceso de descomposición y estabilización de la materia orgánica en todos sus procesos biológicos y químicos, por ello es importante comprender sus características, funciones, metabolismos y procesos de síntesis.

– **Coliformes**

Para Cortina y Márquez (2008), las coliformes son el grupo de bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gram negativas, no esporuladas, en forma de bacilo corto, que fermentan la lactosa con producción de gas en 48 horas a 35. Las coliformes se dividen en dos grupos: fecales y no fecales. Dentro de las principales coliformes tenemos: *Escherichia coli*, *E. aureacens*, *E. freundii*, *E. intermedia*, *Enterobacter aerogenes*, *E. cloacae*.

Para Unión de Cervecerías Backus y Johnston (2014), los Coliformes son un grupo de especie bacteriana que posee características bioquímicas en común con una importancia considerable para la determinación de indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Su presencia en el agua es un indicador de contaminación fecal y posible contaminación de microorganismos patógenos dañinos para el ser humano.

El análisis bacteriológico del agua residual estimará el número de bacterias presentes en el efluente de la planta de tratamiento.

Por medio de un procedimiento de análisis microbiológico de la concentración de bacterias en una muestra se puede determinar esta concentración y con esto verificar la idoneidad del agua para reutilización. Este proceso se utiliza, por ejemplo, de forma rutinaria para confirmar que el agua es segura para el consumo humano, para servicios higiénicos o aguas para uso de riego, y se mide por el número más probable de bacterias por cada 100 ml (NMP/100 ml)

– **Hongos**

Para Cortina y Márquez (2008), los hongos son organismos multicelulares, no fotosintéticos y heterótrofo; siendo estos muy importantes en el proceso de tratamiento de los residuos sólidos industriales y en la degradación de desechos sólidos.

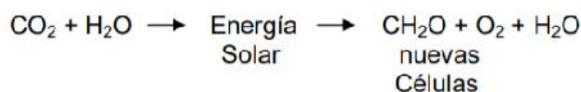
Para Alarcón y Fernández (2014), los hongos basan su alimentación en la desintegración de la materia orgánica muerta y son responsables de la desintegración del carbono en la biosfera. Así los hongos pueden crecer y desarrollarse en zonas de baja humedad y en ámbitos con PH bajos; siendo estas importantes en los procesos de degradación de la materia orgánica.

– **Algas**

Para Cortina y Márquez (2008), las algas son organismos unicelulares o multicelulares, autótrofos y fotosintéticos, por ello son importantes en las reacciones de fotosíntesis de las lagunas aerobias, de acuerdo con la siguiente ecuación:

Figura 12.

Ecuación de las algas en las lagunas de estabilización aerobias.



Fuente: Tesis “Alternativa de tratamiento de aguas residuales de la industria textil” de Cortina Domínguez & Márquez Ortiz, (2008).

Para Alarcón y Fernández (2014), un problema de los tratamientos de aguas servidas radica en la selección de un tratamiento adecuado de modo que no favorezca la proliferación de algas y plantas acuáticas, esto debido a que los efluentes suelen ser ricos en nutrientes biológicos aumentando la tasa de eutrofización.

– **Protozoarios**

Para Cortina y Márquez (2008), son organismos unicelulares microscópicos, aeróbicos heterótrofos y se alimentan de las bacterias.

Para Alarcón y Fernández (2014), los protozoos tienen importancia en el tratamiento biológico y en la depuración del agua debido a la incapacidad para mantener la homeostasis natural entre los microorganismos. Los protozoos se benefician alimentariamente de microorganismos microscópicos y bacterias.

– **Rotíferos**

Para Cortina y Márquez (2008), son organismos aerobios, heterótrofos y multicelulares, y son importantes para la degradación de las bacterias dispersas y micropartículas de materia orgánica; la existencia de rotíferos determina la eficacia en remoción de procesos aeróbicos biológicos.

– **Crustáceos**

Para Cortina y Márquez (2008), son organismos multicelulares, aeróbicos, heterótrofos que nos permiten establecer en las aguas tratadas el bajo contenido orgánico y elevadas cantidades de oxígeno disuelto.

– **Virus**

Para Cortina y Márquez (2008), son organismos parásitos microscópicos que requieren de un huésped para vivir, y la manera de eliminarlos es a través de cloración de las aguas servidas de los efluentes de las plantas de tratamiento.

Para Alarcón y Fernández (2014), los virus son partículas parasíticas conformadas por material ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (RNA) y tiene la capacidad de sintetizar compuestos nuevos a partir de las células que la hospedan, cuando sucumbe la célula huésped liberan gran cantidad de virus que infectan las células próximas; convirtiéndose en un peligro para la salud pública.

Tabla 3.

Principales agentes infecciosos que se encuentran en las aguas residuales.

	<i>Organismos Patógenos</i>	<i>Enfermedad</i>
Protozoos	<i>Entamoeba histolytica</i> Lamblia	Amebiasis (disentería amébrica)
		Giardiasi
		Balantidiosi (disentería)
Helmintos	<i>Áscaris lumbricoides</i>	Ascariasis
	<i>Ancylostoma duodenale</i>	Anquilostomiasi
	<i>Necator americanus</i>	Necatoriasi
Bacterias	Shigella (4 especies)	Fiebre tifoidea
	<i>Salmonella Typha</i>	Salmonelosis
	<i>Salmonella (unas 1700 esp.)</i>	Salmonelosis
	<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
	<i>Escherichia coli enteropatógena</i>	Gastroenteritis
Virus	Enterovirus (71 tipos)	Gastroenteritis; otras anomalías cardíacas, meningitis.
	Virus de la hepatitis A	Hepatitis
	Adenovirus (31 tipos)	Enfermedades infecciosas.

Fuente: Adaptado de Salgot, M. 1994.

Tabla 4.

Resumen de características físicas, químicas y biológicas del agua residual y su procedencia.

Características	Procedencia
Propiedades Físicas	
<i>Color</i>	Aguas residuales e industriales degradación natural de materia orgánica.
<i>Olor</i>	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
<i>Sólidos</i>	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
<i>Temperatura</i>	Aguas residuales domésticas e industriales.
Constituyentes Químicos	
Orgánicos	
<i>Carbohidratos</i>	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
<i>Grasas animales, aceites</i>	Aguas residuales domésticas, industriales, comerciales y grasas.
<i>Pesticidas</i>	Residuos agrícolas.
<i>Fenoles</i>	Vertidos industriales.
<i>Proteínas</i>	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
<i>Contaminantes prioritarios</i>	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
<i>Agentes tenso activos</i>	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
<i>Compuestos orgánicos volátiles</i>	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
<i>Otros</i>	Degradación natural de materia orgánica.
Inorgánicos	
<i>Alcalinidad</i>	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
<i>Cloruros</i>	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
<i>Metales pesados</i>	Vertidos industriales.
<i>Nitrógeno</i>	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
<i>PH</i>	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
<i>Fosforo</i>	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía.
<i>Contaminantes prioritarios</i>	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
<i>Azufre</i>	Agua de suministro; aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Gases	
<i>Sulfuro de hidrogeno</i>	Descomposición de residuos domésticos.
<i>Metano</i>	Descomposición de residuos domésticos.
<i>Oxigeno</i>	Agua de suministro; infiltración de agua superficial.
Constituyentes Biológicos	
<i>Animales</i>	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
<i>Plantas</i>	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
<i>Eubacterias</i>	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
<i>Arqueobacterias</i>	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
<i>Virus</i>	Aguas residuales domésticas.

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

1.3.1.6. La reutilización de aguas residuales.

Debido a la explosión en el crecimiento demográfico en el mundo y a la distribución no equitativa del recurso hídrico, incluyendo la escases de este, se ha convertido de vital importancia el planteamiento como opción de solución del reusó de aguas residuales tratadas.

Por ello según Sato et al. (2013), la reutilización de aguas residuales es muy usado en países desarrollados, teniendo que en estos países el 70% de las aguas residuales son tratadas, mientras que en los países en vías de desarrollo este porcentaje de aguas tratadas se ubica entre el 38% al 28% y finalmente en los países pobres este nivel solo llega al 8%.

El uso que se puede dar a las aguas servidas tratadas son diversas, destacando las siguientes:

1.3.1.6.1. Reutilización en el medio urbano.

Para Lazarova et al. (2012), el uso de las aguas tratadas en el medio urbano es cada vez mas ususal, es así que las ciudades en su planificacion toman en cuenta el sistema de abastecimiento con aguas regeneradas o tratadas.

Para el diseño de este sistema de reutilizacion de aguas tratadas, se debe tener en cuanta los siguientes criterios:

- Establecer el tipo de sistema de suministro, si será continuo o discontinuo.
- Asegurar que la calidad del agua sea la requerida por el usuario y que no afecta al medio circundante.
- No se debe conectar bajo ningún criterio a la red de agua potable.
- Esta agua tratada no debe usarse para otro uso que no sea el establecido.

El uso que se puede establecer para las aguas residuales tratadas en el medio urbano son:

- Riego de espacios públicos (parques, jardines y áreas verdes públicas).
- Limpieza de calles y vías urbanas.
- Riego y limpieza de zonas industriales y comerciales.
- Para uso contra incendios.
- Para uso de servicios de baños públicos.
- Uso decorativo en fuentes y estanques.

Para poder realizar el uso de las aguas residuales tratadas en espacios públicos urbanos requiere de tratamientos específicos como filtración y desinfección, con el fin de poder cumplir con los parámetros de calidad requeridos.

1.3.1.6.2. Reutilización industrial.

Para Cuenca (2015), el agua tratada para este fin puede provenir de aguas industriales recicladas en la propia industria o de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas.

Las aguas residuales procesadas pueden aplicarse en:

- Sistemas de refrigeración.
- Agua de alimentación de calderas.
- Aguas de proceso.

La utilización de las aguas tratadas en un sistema de refrigeración, son con la finalidad de prevenir los siguientes fenómenos:

- Formación de costras.
- Crecimiento biológico.
- Obstrucciones.
- Formación de espumas.
- Corrosión.

Para la utilización de las aguas tratadas en las calderas se requiere de un gran volumen, por lo cual a la actualidad este uso es limitado.

En general el uso de manera industrial de las aguas residuales tratadas depende bastante de las exigencias de calidad de cada proceso.

Adicional a los usos ya establecidos, estas aguas también se pueden utilizar en métodos de construcción, transporte y lavado algunas materias primas, en lavado y procesos de productos acabados y semiacabados, curtaduras, tejidos en tintorerías, lavados de mantenimiento de piscinas, vagones de tren, fachadas, piscicultura, etc.

1.3.1.6.3. Reutilización agrícola.

Para Cuenca (2015), debido a los altos requerimientos hídricos de la agricultura y al incentivo del reusó de aguas tratadas, esta actividad se presenta como la primera opción en utilización de las aguas tratadas.

La reutilización de aguas con fines agrícola posee múltiples ventajas, entre las que destacan:

- Constituye una medio constante y segura de agua en tiempo de estiaje.
- Representa un medio continuo de nutrientes a las plantas ahorrando en los gastos de fertilización.
- Reduce el costo de la generación de agua para uso agrícola.

Así mismo se deberá considerar los siguientes aspectos fundamentales en los programas de reutilización de aguas para riego agrícola:

- Necesidad de riego
- Nivel de calidad requerido

- Consideraciones acerca del diseño del sistema.

También se debe tener en cuenta los constituyentes de las aguas residuales que influyen más en el proceso de crecimiento y fertilización de las plantas, tales como: salinidad, sodio, exceso de cloro residual y otros elementos en pequeñas proporciones.

De igual manera se debe tener en cuenta las causas que desfavorecen la calidad del agua residual, tales como:

- Descargas industriales de componentes potencialmente tóxicos al sistema de alcantarillado urbano.
- Infiltración de agua salada.
- Elevada mineralización del agua de primera utilización.

Existen criterios que deben ser tomados en cuenta para la utilización del agua tratada en el riego agrícola, tales como: los controles de calidad a la salida del efluente y dentro del sistema de riego, establecer un sistema de monitorización y el control de caudal necesario. Por esto, principalmente el sector agrícola consume un gran porcentaje de agua tratada, no solo por lo barato de esta agua sino también por ser un medio barato de nutrientes.

1.3.1.6.4. Usos recreativos y medioambientales.

Para Cuenca (2015), el uso de las aguas tratadas en temas recreativos y medioambientales tiene como objetivo la creación de ambientes donde se pueda desarrollar la vida salvaje o un área recreativa o estética.

Dentro de estas áreas donde se puede usar las aguas tratadas, resaltan: estanques artificiales, riego de campos de golf, jardines ornamentales, nieve artificial, creación de humedales, creación de lagos artificiales.

Los principales proyectos donde se puede aplicar la reutilización de agua residual, son:

- Creación, restauración y/o mejoramiento de un hábitat húmedo.
- Desarrollo de zonas recreativas y/o estéticas, tales como: estanques, piscigranjas, lagunas artificiales y piletas ornamentales.
- Mantenimiento de caudales en cauces naturales, con la finalidad de mantener un caudal mínimo ecológico a fin de mejorar la vida acuática y condiciones estéticas de los cursos de aguas.

1.3.1.6.5. Recarga de acuíferos.

Para Cuenca (2015), este uso de las aguas residuales tratadas tiene como objetivo aprovechar la capacidad del subsuelo para la biodegradación y filtración a fin de mantener los niveles naturales de los acuíferos.

Los principales fines de la recarga de acuíferos son:

- Establecer barreras contra la intrusión de agua salada en los acuíferos de zonas costeras.
- Utilizar la capacidad del subsuelo como tratamiento terciario de agua regenerada para su futura reutilización.
- Reponer las reservas de los acuíferos.
- Almacenar el agua en el subsuelo.
- Controlar o prevenir los fenómenos de subsidencia.

Así mismo las desventajas de este uso radica en:

- Requerir grandes extensiones de terreno.
- Elevado costo por el mantenimiento de pozos tubulares y la energía utilizada para la extracción.
- Riesgo de contaminación de los acuíferos.

- No toda el agua inyectada es recuperable.
- No soporta grandes aumentos repentinos de demanda de agua.

Este uso del agua tratada tiene limitaciones tales como: el uso del agua, medidas de salud pública, factibilidad económica, limitaciones físicas, restricciones legales, requerimientos de calidad y cantidad de agua.

1.3.1.6.6. Adaptación a recursos de aguas potables.

Para Cuenca (2015), este uso es el menos desarrollado debido al nivel de exigencia y controles requeridos para su aceptación, y esta puede ser de reutilización directa e indirecta.

La reutilización indirecta consiste en la descarga de las aguas residuales tratadas en un cuerpo receptor (cauce de una escorrentía superficial) para luego ser captada aguas abajo con el fin de potabilizarla.

La reutilización directa es la utilización del agua residual tratada ingresada directamente al sistema de abastecimiento de agua potable, suponiendo que esta cumple con la calidad requerida para este fin.

1.3.1.7. Normativa y estándares de calidad

1.3.1.7.1. Marco regulatorio del vertido de aguas residuales vigente en el Perú.

En el Perú en la actualidad no se encuentra con una normativa que establezca claramente la calidad de agua para el reúso, existiendo solamente normativa que permite establecer parámetros de los patrones de calidad ambiental de las aguas a ser vertidas en cuerpos receptores.

Las normas vigentes en cuanto a la regulación de vertido de aguas residuales y reúso de las mismas, son las siguientes:

Tabla 5.

Resumen de marco regulatorio para el tratamiento y reúso de aguas residuales en el Perú.

Normativa	Descripción	Fecha de publicación
D.S. N° 003 – 2002 - PRODUCE	Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel.	03.10.2002
Ley 28611	Ley General del Ambiente	23.10.2005
D.S. N° 033-2007-PCM	Aprueban Procedimiento para la aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental.	05.04.2007
D.S. N° 002-2008-MINAM	Estándares de Calidad de Agua (ECA)	30.07.2008
Ley 29338	Ley de Recursos Hídricos	31.03.2009
D.S. N° 021-2009-VIVIENDA	Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de agua residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado.	19.11.2009
D.S. N° 023-2009-MINAM	Implementación de los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA)	18.12.2009
D.S. N° 003-2010-MINAM	Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes PTAR.	17.03.2010
R.J. N° 202-2010-ANA	Aprueban clasificación de cuerpos de aguas.	22.03.2010
D.S. N° 001-2010-AG	Reglamento de la Ley Recursos Hídricos.	24.03.2010
R.J. N° 274-2010-ANA	Medidas para la implementación del Programa de Adecuación de vertimiento y reúso de agua residual (PAVER)	30.04.2010
D.S. N° 022-2009-VIVIENDA Norma OS.090	Plantas de tratamiento de aguas residuales.	26.11.2009
D.S. N° 007-2010-AG	Declaración de Interés Nacional la protección de la calidad del agua en las fuentes naturales y sus bienes asociados.	16.07.2010

R.J. N° 489-2010-ANA	Modificación del Anexo 1 de la R.J. N° 202-2010-ANA.	26.07.2010
R.J. N° 182-2011-ANA	Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial.	06.04.2011
D.S. N° 003-2011-VIVIENDA	Reglamento del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA	21.05.2011
R.C.D. N° 025-2011-SUNASS-CD	Metodología para determinar el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros fijados en el anexo 1 de D.S. N° 021-2009-VIVIENDA.	19.07.2011
D.S. N° 010-2012-VIVIENDA	Modifica D.S. N° 003-2011-VIVIENDA, Procedimientos para controlar descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarilla sanitario.	03.03.2012
D.S. N° 015-2015-MINAM	Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación.	18.12.2015
RM N° 072-2017-MINAM	Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, así como otras disposiciones contenidas en el D.S. N° 002-2008-MINAM, D.C. N° 023-2009-MINAM y D.S. N° 015-2015-MINAM	10.03.2017

Fuente: Elaboración Propia

1.3.1.8. Límites máximos permisibles (LMP) y parámetros de evaluación de las aguas residuales.

Para la presente investigación, se utilizará la normativa específica para industria cervecera, según el DS N° 003 – 2002 – PRODUCE donde establece los parámetros de medición para la determinación de las características de las aguas residuales y definen los límites máximos permisibles para cada uno de ellos, siendo estos:

Tabla 6.

Límites máximos permisibles de efluentes para aguas superficiales de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre.

Parámetros	Cemento		Cerveza		Papel		Curtiembre	
	En Curso	Nueva	En Curso	Nueva	En Curso	Nueva	En Curso	Nueva
PH	6 – 9	6 – 9	6 – 9	6 – 9	6 – 9	6 – 9	5.0 – 8.5	5.0 – 8.5
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp. Tot. (mg/l)	50	50	50	30	100	30	50	30
Aceites y Grasas (mg/l)			5	3	20	10	25	20
DBO ₅ (mg/l)			50	30		30	50	30
DQO (mg/l)			250	50		50	250	50
Sulfuro (mg/l)							1	0.5
Cromo VI (mg/l)							0.3	0.2
Cromo Total (mg/l)							2.5	0.5
Coliformes fecales, NMP/100 mil							4000	1000
N – NH ₄ (mg/l)							20	10

Fuente: Adaptación de Anexo 1, D.S. N° 003 – 2002 – PRODUCE (2002)

Así mismo, también se realizará la evaluación de la eficiencia del sistema tomando en cuenta los parámetros descritos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, los mismos que determinan:

Tabla 7.

Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerables	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
PH	Unidad	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Adaptación D.S. N° 003-2010-MINAM (2010)

1.3.1.9. Composición de las aguas residuales industriales de planta Backus - Motupe.

Para el entendimiento y evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta de tratamiento de la Unión de cervecías Backus y Johnston, se realizó la caracterización de la composición de las aguas residuales, obteniéndose lo siguiente:

Tabla 8.

Valores de diseño del sistema de tratamiento de planta Backus – Motupe.

Ítem	Unidad	Cantidad
Caudal	m ³ /día	4,080
Caudal Promedio	m ³ /h	170
Caudal Máximo	m ³ /h	380
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	< 4,600
	Kg/día	18,768
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/l	3,450
	-	> 0,75
Total Solidos Suspendidos (TSS)	mg/l	< 600
PH	Sorensen	8.67 – 12.90
Total N	mg/l	100
Total P	mg/l	30
Temperatura	°C	30 – 39
Sulfatos	mg/l	< 300
Aceite y Grasas	mg/l	< 15

Fuente: Adaptación de resultados de Laboratorio Unión de Cervecías Backus y Johnston - Motupe (2014).

Tabla 9.

Concentración mínima de micronutrientes.

	Mg/l		PPB		PPB
Fe	5	Ni	50	Zn	50
Mg	15	Co	25	Cu	5
Ca	30	B	5	Se	5
K	20	Mn	100	Mo	20

Fuente: Adaptación de resultados de Laboratorio Unión de Cervecías Backus y Johnston - Motupe (2014).

1.3.1.10. Descripción del sistema de tratamiento de PTAR Backus – Motupe.

1.3.1.10.1. Tanque de estabilización

Este tanque es un pre tratamiento de las aguas residuales, donde se realiza la estabilización y homogenización de las aguas a fin de mantener la carga de DQO, DBO y materias sueltas en el agua homogénea en todo su volumen, así mismo es en este tanque donde se realiza la estabilización del PH a fin de mantenerla lo más neutra posible.

Se pueden encontrar los siguientes casos:

- **Aceites y grasas en la superficie del tanque de estabilización:**

Trate de retirar el aceite y grasa de la superficie. Grandes cantidades de grasa y aceite pueden ser tóxicas en una planta de tratamiento biológico de aguas residuales (máx. 10-50 mg/l en función de la naturaleza exacta del producto hidrófobo). Identifique y elimine la fuente de contaminación FOG.

- **Alto contenido de sólidos sedimentables / sólidos suspendidos:**

Altas cantidades de sólidos sedimentables en las aguas residuales pueden ser un indicador de que el bagazo (u otra fuente-SST) ha sido enviado a la planta de tratamiento de aguas residuales.

- **Grandes cantidades de SST pueden causar la acidificación del reactor UASB, así como el lavado del lodo:**

- Compruebe si la prensa de pantalla está funcionando correctamente.

- Identifique y elimine la fuente de la SST en la fábrica de cerveza.
- Use el tanque de ecualización como tanque de sedimentación primaria.
- Maximice la capacidad del tanque de estabilización.
- Diluya las aguas residuales de alta SST con nuevas aguas residuales (bajas en SST).

1.3.1.10.2. Tanque UASB (Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente):

Se trata de un tipo de biorreactor rectangular que opera en régimen continuo y en flujo ascendente, es decir, el afluente entra por la parte inferior del reactor, atraviesa todo el perfil longitudinal, y sale por la parte superior. Son reactores anaerobios en los que los microorganismos se agrupan formando biogránulos.

El reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge/ Reactor anaerobio de flujo ascendente) es el sistema anaerobio más utilizado por su simplicidad, robustez y rendimiento. Innumerables referencias han probado la gran aplicabilidad del sistema de tratamiento anaerobio.

El sistema anaerobio es un único, compacto reactor UASB y es especialmente apto por el tratamiento de aguas residuales de carga fácilmente biodegradable (como son las aguas residuales de las cervecerías).

El sistema está construido de forma rectangular y tiene un volumen y un nivel constante.

Un pre requisito para un sistema UASB, es la presencia de lodo granular pesado que pueda mantener la velocidad de reflujos de las aguas residuales y su permanencia en el reactor. El tiempo de permanencia del lodo es más alto que el de las aguas residuales.

El reactor tiene tres zonas de lodo:

- La cama de lodo en el fondo del reactor (altura: 1-2 m), que consiste en lodo granular pesado (SD 3-6 %).
- La capa de lodo en el cumbe de esa contiene una parte más pequeña de lodo (1-2 % SD)
- Una zona de separación entre lodo/efluente/el biogás.

1.3.1.10.3. Sistema de lodos activados (Laguna Aeróbica):

Actualmente la PTAR existente cuenta con una laguna anaeróbica con un volumen aproximado de 12,000 m³. Esta laguna será convertida en una planta de lodos activados. Para ello serán necesarias las siguientes modificaciones:

- La laguna anaeróbica será revestida con un sistema geotextil – geomembrana como recubrimiento.
- La laguna estará equipada con 9 aireadores superficiales. Estos 9 aireadores permitirán cumplir con el tratamiento de volumen proyectado (T=20 años). Si en el futuro se necesita mayor capacidad, se pueden agregar aireadores adicionales a la laguna.

1.3.1.10.4. Clarificador Secundario:

El clarificador se encargará de recibir el efluente de la laguna aeróbica y permitirá la separación del lodo del efluente. El diámetro de este tanque es de 20 m.

El lodo sedimentado en el clarificador secundario retornará a la laguna aeróbica, mientras que el exceso de lodo será transferido a las lagunas de limpieza para su futura digestión.

1.3.1.10.5. Lagunas de Limpieza:

Como lagunas de limpieza se emplearán 03 lagunas terciarias existentes y 01 laguna secundaria existente. El área total combinada asciende a 1.9 ha.

1.3.1.11. Descripción del proceso de tratamiento de PTAR Backus – Motupe.

1.3.1.11.1. Tratamiento aerobio

La carga de lodos debe ser revisada con regularidad. Esto implica que el afluente de concentración DQO y el flujo de alimentación deben ser medidos todos los días. Con respecto a la concentración de lodos, al ser un parámetro que no cambia mucho, será suficiente revisarlo una vez cada 2 días.

La capacidad de sedimentación y la eficiencia de remoción también son parámetros importantes para comprobarlo. La concentración de Oxígeno Disuelto en el tanque de aireación, por supuesto, merece toda nuestra atención y debe ser controlada diariamente. Después de todo, trabajamos con un proceso de tratamiento aerobio.

1.3.1.11.2. Sistema de tratamiento de agua residual por medio de lodos activados

La planta de tratamiento de aguas residuales industriales que se encuentran en la planta de Unión de Cervecerías Backus y Johnston – Sede Motupe, trabajan mediante el sistema de lodos activados, con una serie de aireadores y agitadores que proporcionan oxígeno a la masa de agua para degradar los contaminantes y mejorar la calidad del agua.

El sistema de lodos activados es un proceso biológico, que se utiliza para la degradación natural de aguas residuales; el proceso de lodos activados consiste en dos partes: la primera es un

tratamiento aerobio en el cual microorganismos aerobios degradan la materia orgánica y la segunda, es una biodegradación cuya función es la de clarificado para la reducción de DQO, DBO, nutrientes, sólidos en suspensión y turbiedad.

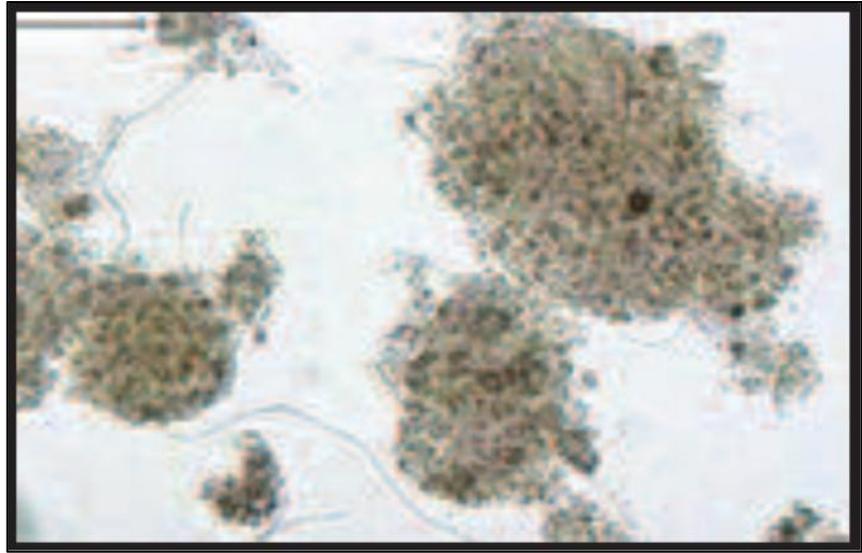
El tratamiento por medio de lodos activados, puede clasificarse como tratamiento primario; después de la clarificación del agua, esta puede pasar a un proceso secundario como un filtro y un proceso terciario para la remoción de nutrientes y otros compuestos químicos; es típico de estos sistemas colocar un dosificador de cloro en la parte final del proceso, para la reducción coliformes fecales y totales, para luego ser vertido a una corriente natural o bien reutilizado para riego.

El sistema de lodos activados contiene un “tanque o laguna de aireación” donde se proporciona el oxígeno al agua residual, en la parte baja de este tanque se acumulan lodos o fangos, los cuales deben ser recirculados hacia la parte alta del tanque de aireación, de tal forma que se genere una mezcla homogénea entre células antiguas y células nuevas; el exceso de este tipo de lodos debe ser llevado hasta un decantador o purgado hacia afuera del sistema de tratamiento, la recirculación tiene por objeto principal enriquecer y renovar la población de microorganismos aerobios.

Los lodos que son retirados del sistema de recirculación, debido a su alto contenido de microorganismos y estado evolutivo, deben ser deshidratados y dispuestos de manera adecuada. Este sistema de tratamiento trabaja por diversos microorganismos suspendidos en el agua, los cuales se alimentan de la gran cantidad de materia orgánica en descomposición. La estructura que se forma por las colonias de bacterias y material en descomposición es comúnmente llamada “flóculo” y constituye el núcleo en el cual se desarrolla un proceso de depuración biológica.

Figura 13.

Floculo típico de una planta de lodos activados.



Fuente: Di Marzio, Walter D. (2004), Microbiología de los lodos activados, una herramienta retrospectiva y predictiva de la depuración de efluentes.

1.3.1.11.3. El flóculo dentro del sistema de lodos activados

El flóculo es una estructura en la que a su alrededor se forma una relación entre las bacterias y la materia orgánica en descomposición, morfológicamente el flóculo está formado por bacterias filamentosas y protozoos, estos últimos son los principales consumidores de las bacterias aerobias alrededor del flóculo; por ende los protozoos regulan el crecimiento de colonias de bacterias en exceso, lo que hace funcional el sistema de lodos activados; un flóculo con grandes cantidades de protozoos se puede considerar un lodo maduro. Las bacterias filamentosas son los microorganismos que descomponen y consumen la materia orgánica.

Todo flóculo tiene dos niveles estructurales: la microestructura y la macroestructura; en el primer nivel se forma un proceso donde crecen los microorganismos dando lugar a la llamada “biofloculación”, esto es el resultado de la interacción entre polímeros extracelulares microbianos; por ende la microestructura

es un mecanismo de asociación existente entre las bacterias formadas en los flóculos. El segundo nivel la conforman los microorganismos filamentosos que forman una red o como es comúnmente llamado un microesqueleto, en esta red se adhieren distintas bacterias aerobias.

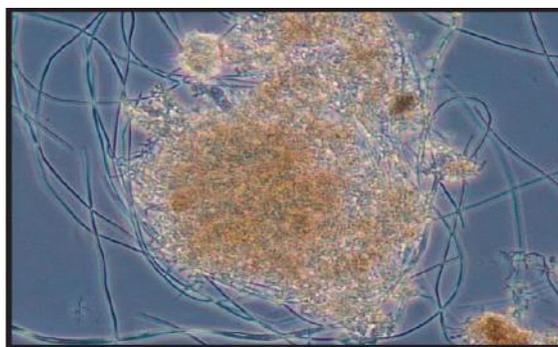
Cada flóculo tiene una morfología distinta en su micro y macroestructura; por ende la operación de un sistema de lodos activados dependerá de la evolución y alcance que tenga el flóculo en la cámara de aireación; un flóculo debe tener una armonía entre microorganismos formadores del flóculo, microorganismos filamentosos y protozoos, estos microorganismos deben crecer preferiblemente en el núcleo de flóculo; esta armonía es básica para la posterior reducción de sólidos en suspensión y turbiedad en el agua.

Los flóculos deben presentar una forma esférica; si difieren demasiado de esta forma son llamados comúnmente “flóculo irregular”; su tamaño debe estar entre 150 μm y 500 μm .

Debe existir poco espacio entre los flóculos y su consistencia debe ser “firme”; es decir la cohesión entre las células bacterianas debe generar una estructura completa y densa.

Figura 14.

Floculo maduro después de 29 días de formación, lente 100X.



Fuente: Zornoza, Andrés, y otros (2008). Control del proceso de cloración de un episodio de bulking filamentoso mediante el seguimiento de protozoos ciliados. p.15.

1.3.1.11.4. Suministro de aire a las plantas de tratamiento por medio de aireadores tipo trompeta o Venturi Jet

Un sistema de lodos activados utiliza oxígeno para la formación del flóculo, suministrar oxígeno puro a una planta de tratamiento de agua residual puede resultar demasiado costoso para cualquier entidad; por ende es mucho más económico suministrar aire; el mismo puede suministrarse por medio de agitadores, aireadores tipo trompeta y radiales, compresores, entre otros.

En la Unión de Cervecerías Backus y Johnston – Sede Motupe, la planta de tratamiento de agua residual suministra aire por medio de aireadores tipo trompeta o Venturi Jet. Estos aireadores deben estar sumergidos en la laguna de aireación, este tipo de maquina hidráulica cuenta con una bomba sumergible, esta bomba tiene su succión en la parte baja de la máquina y su descarga en la parte lateral en forma de trompeta, dicha trompeta está conectada a una chimenea de succión, esta succiona aire de la parte exterior del tanque de aireación y por efecto de Venturi se introduce el aire en el agua residual.

Figura 15.

Aireador marca “Ideal” tipo Venturi Jet.



Fuente: Bombas Ideal. Catálogo de Productos C-9 1072. Valencia, España. 2013. p. 131.

El efecto de Venturi Jet se produce cuando la bomba sumergible envía el agua a alta velocidad a través del inyector o trompeta, formando presión negativa a través del inyector; el aire entra en la corriente generando un proceso de mezcla y expulsando dicha mezcla hacia fuera de la trompeta con gran velocidad. El aire se introduce a la laguna de aireación en forma de burbujas que implantan por los efectos de presión del agua en la laguna sobre la burbuja, haciendo que el oxígeno se introduzca en el agua residual y sea consumido por las bacterias aerobias.

Los aireadores tipo Venturi Jet están diseñados para inyectar aire al agua residual y generar un proceso de mezcla que degrada la materia orgánica y oxigena el agua residual. El motor de los aireadores tipo Venturi Jet trabajan son motores eléctricos secos, utilizan corriente 220 voltios y son de tres fases, difieren en potencia según las necesidades del tanque de aireación, por lo general son construidas con acero inoxidable.

1.3.1.11.5. Desinfección de Lodos

Por último, la desinfección es una etapa del tratamiento que se puede hacer con el fin de proteger a los seres humanos y a los animales contra las enfermedades transmitidas por patógenos causados por la reutilización de los lodos. Se puede hacer una distinción entre dos técnicas: técnicas de calentamiento, por ejemplo, pasteurización y tratamiento en autoclave, por un lado; y las técnicas de radiación, por ejemplo, radiación beta-o gamma, por el otro lado.

Tabla 10.

Visión general de los procesos de tratamiento de los lodos.

Paso	Desempeño
Espesamiento	Sedimentación
	Flotación
Estabilización	Química (cal)
	Biológica
	Aerobia
	Anaerobia
Deshidratación	Mecánica
	Centrífuga
	Filtración
	Térmica
Post-tratamiento	Combustión/incineración
	Dumping
	Agricultura y horticultura
	Otros métodos
Desinfección	Calentamiento
	Radiación

Fuente: Elaboración propia.

1.3.1.11.6. Parámetros de los procesos anaerobios y aerobios

Además de la creación de buenas condiciones para el proceso, ciertos parámetros del proceso deben ser atendidos durante el dimensionamiento y operación de una PTAR con el fin de obtener las características del efluente prometidas. Los más importantes se explican a continuación:

1.3.1.11.6.1. Tiempo de retención hidráulica (TRH)

Es el tiempo que las aguas residuales necesitan para pasar a través de todo el reactor de la PTAR. Se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 4

Ecuación de cálculo de tiempo de retención hidráulica.

$$T_r \text{ (h)} = \frac{V_r \text{ (m}^3\text{)}}{Q \text{ (m}^3\text{/d)}}$$

El tiempo de retención hidráulica expresa el número de horas (días) que las aguas residuales están presentes en el biorreactor (s).

1.3.1.11.6.2. Volumen activo

El volumen activo es la parte del reactor donde se produce la biodegradación. Para un sistema de lodo activado, el volumen aireado de la PTAR se considera el volumen activo del sistema. Para un sistema UASB anaerobio todo el reactor se considera activo.

Ecuación 5

Ecuación de cálculo de volumen activo.

$$V_a \text{ (m}^3\text{)} = V_r \text{ (m}^3\text{)} - V_s \text{ (m}^3\text{)}$$

El volumen de sedimentación de una PTAR convencional es el volumen pasivo. Ninguna biodegradación se lleva a cabo aquí. Solo se requiere la etapa de sedimentación para la separación de los lodos y para limpiar el efluente.

En las aplicaciones Biorreactor de Membrana (MBR) no hay pérdida de volumen debido a la sedimentación. Para la extracción de la membrana sólo se necesita una pequeña área / volumen. Esto implica que:

Ecuación 6

Ecuación de cálculo de volumen activo.

$$V \cdot a \quad (m^3) = V \cdot t \quad d \quad M \quad (m^3)$$

1.3.1.11.6.3. Carga orgánica o volumétrica.

La carga orgánica es una medida de la cantidad de materia orgánica que se trata cada día por m³ del volumen del reactor activo.

Ecuación 7

Ecuación de cálculo de carga volumétrica.

$$V \left(K \frac{D}{m^3} \cdot d \right) = \frac{C \quad or \quad d}{V_i \quad d \quad r_i} \frac{d}{a} \left(\frac{K}{d} \right) (m^3)$$

O

$$V \left(K \frac{D}{m^3} \cdot d \right) = \frac{C \quad q \quad d}{V_i \quad d \quad r_i} \frac{d}{a} \left(\frac{K}{d} \right) (m^3)$$

Donde:

Ecuación 8

Ecuación de cálculo de carga orgánica.

$$C \quad or \quad d \quad \left(K \frac{D}{d} \right) = Q_{i_i} (m^3/d) \times D \quad i_i (K \quad D \quad /m^3)$$

O

$$C \quad or \quad d \quad \left(K \frac{D}{d} \right) = Q_{i_i} (m^3/d) \times D \quad i_i (K \quad D \quad /m^3)$$

Desde 4 hasta 10 kg DQO / m³ / día son valores normales para cargas volumétricas en una PTAR anaerobia (UASB). Por

supuesto, este valor depende de la carga orgánica, del DBO / DQO-ratio, del volumen del biorreactor y de la concentración de lodos.

Los valores normales de una carga volumétrica de una PTAR aerobia convencional se encuentran entre 0,2 y 1,2 kg DBO/m³/día, dependiendo de la carga orgánica, DBO / DQO-ratio, del volumen del biorreactor y la concentración de lodos, así como del diseño de la PTAR.

En los lodos de MBR las concentraciones tienden a ser de 2 a 3 veces mayores que en los sistemas convencionales. Esto significa que un sistema parecido puede hacer frente a las cargas volumétricas que son también mucho más alta: 0,5 a 3,5 kg DBO/m³/día.

1.3.1.11.6.4. Carga de lodos Sb (F/M: alimentos-microorganismos)

La carga de lodos mide la cantidad de material orgánico que tiene que ser tratada cada día por kg de lodo.

En los procesos anaerobios se hace el cálculo de la siguiente manera:

Ecuación 9

Ecuación de cálculo de carga de lodos F/M.

$$F/M (K D / K D \cdot d) = \frac{C O D}{V \cdot d R a} \frac{(K D / d)}{(m^3 \times D)}$$

O

$$F/M (K D / K D \cdot d) = \frac{C O D}{V \cdot d R a} \frac{(K D / d)}{(m^3 \times D)}$$

En los procesos aerobios se hace el cálculo de la siguiente manera:

Ecuación 10

Ecuación de cálculo de carga de lodos Sb.

$$S (K D /K (V)S x d) = \frac{C \sigma d (K D /d)}{V (m^3) \times M (V)S (k /m^3)}$$

O

$$S (K D /K (V)S x d) = \frac{C \sigma d (K D /d)}{V (m^3) \times M (V)S (k /m^3)}$$

La masa total de lodo puede ser tomada en cuenta de diferentes maneras: Ninguno de los cálculos se hace con la concentración total de sólidos en suspensión en el reactor (MLSS - sólidos en suspensión del licor mixto), o uno solo toma en cuenta la fracción orgánica (MLVSS - mixto licor volátiles sólidos en suspensión). Evidentemente, los MLVSS son siempre un porcentaje, la fracción de ceniza, más pequeño que los MLSS. Esto hace que las cargas de lodo basados en los MLVSS sean más grandes.

1.3.1.11.6.5. Eficiencia de remoción

La eficiencia de un sistema es la relación entre la cantidad de DBO (DQO, nitrógeno, etc.) que entra en el sistema con las aguas residuales en bruto y la cantidad que abandona el sistema con el efluente limpio (%).

General:

Ecuación 11

Ecuación General de eficiencia de remoción.

$$X\text{-eficiencia de remoción (\%)} = (X_{\text{afuente}} - X_{\text{efluente}}) / X_{\text{afuente}}$$

Específico:

Ecuación 12

Ecuación Especifica de eficiencia de remoción.

$$\text{DQO-eficiencia de remoción (\%)} = (\text{DQO}_{\text{afluente}} - \text{DQO}_{\text{efluente}}) / \text{DQO}_{\text{afluente}}$$

$$\text{DBO-eficiencia de remoción (\%)} = (\text{DBO}_{\text{afluente}} - \text{DBO}_{\text{efluente}}) / \text{DBO}_{\text{afluente}}$$

$$\text{N- eficiencia de remoción (\%)} = (\text{TN}_{\text{afluente}} - \text{TN}_{\text{efluente}}) / \text{TN}_{\text{afluente}}$$

$$\text{P- eficiencia de remoción (\%)} = (\text{TP}_{\text{afluente}} - \text{TP}_{\text{efluente}}) / \text{TP}_{\text{afluente}}$$

1.3.1.11.6.6. Ratio de crecimiento del lodo

Durante el tratamiento de aguas residuales se puede ver el crecimiento indiscutible de la biomasa. La división celular es la fuerza impulsora detrás de este fenómeno. Para el dimensionado del tanque de almacenamiento de lodos y de los dispositivos de deshidratación de lodos, es importante que se pueda hacer una previsión de la cantidad de lodo perdido.

Las tasas de crecimiento de lodos proporcionan la cantidad de lodo (en kg) que se produce durante la eliminación de 1 kg de DBO o DQO. Como una ecuación:

Ecuación 13

Ecuación de ratio de crecimiento de lodos.

$$R_{c,l} \left(\frac{k_1}{k} \right) = \frac{\Delta M}{C} \quad \text{or} \quad \frac{k \left(\frac{C}{d} \right)}{d \left(\frac{k}{d} \right)}$$

O

$$R_{c,l} \left(\frac{k_1}{k} \right) = \frac{\Delta ML}{C} \quad \frac{k \left(\frac{C}{d} \right)}{q \quad d \left(\frac{k}{d} \right)}$$

Donde:

Ecuación 14

Ecuación variación de masa diaria.

$$\Delta M \left(\frac{k \cdot M_c}{d} \right) = \left[M_{d2} \left(\frac{k}{m^3} \right) - M_{d1} \left(\frac{k}{m^3} \right) \right] \times V_r \quad (m^3)$$

Cuanto mayor sea la carga de lodos, más grande es la tasa de crecimiento de lodos: La proporción de toda la materia orgánica disponible que se utiliza para fines de mantenimiento de células (suministro de energía o desasimilación, la reparación celular, etc.) disminuye a medida que aumenta la carga de lodos. Esto implica que una parte mayor de las sustancias orgánicas en el afluente está disponible para el crecimiento de la biomasa (igual asimilación).

1.3.1.11.6.7. Edad del lodo (TRC: Tiempo medio de retención celular)

Durante el proceso de biodegradación, la carga orgánica se convierte en metano, agua y lodos (anaerobio) o en CO₂, agua y lodos (aerobio). El hecho de que el lodo se produzca significa también que una vez que se alcance una cierta concentración de lodo, la remoción del exceso de lodo tiene que empezar.

El TRC (tiempo medio de retención celular) es el tiempo que el lodo está presente en el biorreactor. El TRC se expresa en días.

Ecuación 15

Ecuación para cálculo de edad del lodo.

$$T(d) = \frac{V_l \cdot d \cdot R}{V \cdot D \cdot E \cdot l_c} = \frac{(m^3) \times D_r \left(\frac{k}{m^3} \right)}{(m^3/d) \times D_d \left(\frac{k}{m^3} \right)}$$

La edad del lodo se expresa en días. Los valores típicos para la edad del lodo activado son de 5 a 20 días. Los valores mencionados anteriormente son válidos para sistemas cargados normales o bajos. En sistemas cargados muy altos el TRC disminuye sustancialmente. Los tiempos de retención de lodos de sólo 2 días son posibles.

1.3.1.11.6.8. Carga superficial (Vs)

La carga superficial es un parámetro que se utiliza para diseñar la separación entre el lodo y el efluente. Es una medida de la velocidad de sedimentación que una partícula debe ser capaz de sostener, para alojarse o no para salir del reactor.

Ecuación 16

Ecuación para cálculo de carga superficial.

$$V = \frac{F \quad d \quad a \quad \left(\frac{m^3}{h}\right)}{S \quad d \quad a_s \quad (m^2)}$$

El hecho de no ser eliminada con el efluente significa que la velocidad de sedimentación tiene que corresponder, mínimo, con la velocidad contracorriente en el tanque de sedimentación.

1.3.1.11.6.9. Velocidad de flujo ascendente

En la tecnología UASB, también el parámetro "velocidad de flujo ascendente" se define.

Es un parámetro importante, porque junto con la producción de gas, la velocidad de flujo ascendente es responsable del buen contacto / mezcla de los residuos orgánicos con la biomasa.

Por otra parte, la velocidad de flujo ascendente no puede ser demasiado alta, ya que tiene una influencia sobre la carga de superficie de la separación de tres fases. De gran importancia aquí es la capacidad del lodo granular para asentarse. La decantación del lodo granular es proporcional al cuadrado del diámetro del gránulo de lodo.

1.3.1.11.6.10. Producción de biogás

La producción de gas es la cantidad de biogás producido por día y por kg de sustrato. El biogás es una mezcla de metano (65 - 80%), CO₂, H₂ (1-5%), H₂S, N₂ (2-7 %) y, a veces también tiene la presencia de NH₃. El contenido de metano depende del estado de oxidación del sustrato. El CH₄, CO₂, H₂ and N₂ son inodoros. El H₂S y NH₃ pueden causar problemas de olor. El metano en sí tiene un valor calorífico de 35 MJ / Nm³. El valor calorífico del biogás varía con el contenido de metano y es normalmente alrededor de 25 MJ / Nm³.

Tabla 11.

Valores normales de los parámetros del proceso.

Parámetro	Sistema aerobio de baja carga Valor normal	UASB anaerobio Valor normal
MLSS (g/l)	2-5	20-60
Carga DQO (kg/m ³ /día)	0,5-1,0	6-10
Carga de lodos (kg /kg/día)	< 0,25	0,5-1
Eficiencia (DQO, %)	90-98	70-90
Edad del lodo (días)	> 20	100-150

Fuente: Elaboración propia.

1.3.1.11.7. Proceso de digestión anaerobia

La digestión anaerobia es un proceso biológico que parte de la materia orgánica, la cual es transformada en una mezcla de gases,

principalmente en dióxido de carbono y metano, mediante la degradación producida por un conjunto de microorganismos anaerobios; en el proceso de digestión anaerobia se genera menos cantidad de lodos que en un proceso aerobio sin embargo, se genera mayor cantidad de gases, los cuales tienen malos olores y en ocasiones pueden ser dañinos para la salud del ser humano.

Una sobrecarga y un tiempo de retención demasiado alto, dará como resultado una indigestión que desestabiliza el proceso.

Una de las ventajas del proceso anaerobio es la formación de biogás, formado por dióxido de carbono y metano; además de otras porciones de gases como H₂S, H₂, HN₃, este tipo de biogás puede ser una molestia en algunas ocasiones sin embargo, si es bien manejado puede ser reutilizado para generar energía. El proceso de digestión anaerobia es un proceso sumamente complejo por la cantidad de reacciones bioquímicas que tienen lugar dentro del agua residual por los microorganismos. La mayor parte de las reacciones ocurren de forma simultánea, estos procesos de descomposición orgánica se dividen en cuatro fases: etapa de hidrólisis, etapa fermentativa, etapa acetogénica y etapa metanogénica.

- **Primera Etapa (hidrólisis):**

Esta etapa es el primer paso para la degradación de la materia orgánica en un proceso de descomposición anaerobia; los microorganismos degradan la materia orgánica soluble de la que se compone la pared celular; este proceso se da por acción de las enzimas extracelulares producidas por los microorganismos hidrolíticos; los sustratos que se generan en esta etapa están compuestos por tres tipos básicos de macromoléculas: hidratos de carbono, proteínas y lípidos.

El tiempo en que dure esta fase depende del pH y de la temperatura del agua, puede durar de 2 a 4 días.

- **Etapa Fermentativa o Acidogénica:**

Durante esta etapa se da la fermentación de las moléculas orgánicas solubles en compuestos que puedan utilizar directamente las bacterias metanogénicas y otros compuestos orgánicos menos complejos; en esta etapa se da una descomposición de azúcares por diversos microorganismos. El tiempo que dura esta etapa es de 4 a 8 días, dependiendo de la temperatura del agua y de sus propiedades químicas.

- **Etapa Acetogénica:**

Esta etapa se da cuando los microorganismos transforman la materia orgánica en compuestos más sencillos de acetato e hidrógeno molecular (H₂) a través de bacterias acetogénicas. Este proceso depende de la temperatura del agua, la presión atmosférica y el pH del agua (7,0 – 7,2); esta etapa dura de 4 a 8 días.

- **Etapa Metanogénica:**

En esta etapa los microorganismos metanogénicos complementan el proceso de digestión anaerobia cuando transforman los sustratos de monocarbono o dos átomos de carbono unidos por un enlace covalente de acetato en metano. Niveles de actividad óptimos en torno a la neutralidad entre 6,5 – 7,5. Esta fase puede durar de 2 a 4 días.

El tanque de almacenamiento de agua residual que se encuentran en la PTAR de la Unión de Cervecerías Backus y Johnston – Sede Motupe, tiene un periodo de digestión de 2 días.

El contenido del tanque, al ser llevado a la PTAR, se encuentra con bacterias anaerobias principalmente, por lo que se hará necesario introducir oxígeno en grandes cantidades, con la finalidad de

acelerar el crecimiento de bacterias aerobias. Entre más evolucionado esté el proceso de degradación anaerobia será más fácil tratar el agua residual por un proceso de aeración extendida, debido a la reducción de nutrientes y compuestos orgánicos.

1.3.1.11.8. Tratamiento de agua residual en un reactor anaerobio de flujo ascendente

Los tratamientos anaerobios de agua residual industrial, trabajan con colonias de bacterias anaerobias que forman de forma natural flóculos y gránulos.

Estas densas colonias y la retención del fango hacen posible el tratamiento del agua residual, incluso en altas cargas orgánicas; el proceso anaerobio requiere menos espacio, volumen y energía que los procesos aerobios, incluso en el mismo tiempo.

El efluente o el agua residual tratada en un reactor anaerobio de flujo ascendente, necesita de un tratamiento posterior para lograr degradar la materia orgánica cargada de nutrientes y patógenos. Este proceso posterior puede ser un sistema convencional aerobio como lagunas de estabilización o un proceso de lodos activados.

Un reactor anaerobio de flujo ascendente consiste en un tanque que forma una columna de agua residual abierta, el caudal atraviesa el líquido a una baja velocidad ascensional por el tanque, mientras que un manto de fangos formado de diversos microorganismos y sólidos degradan la materia orgánica, el tratamiento se da cuando el agua está en contacto con el manto de fangos o los gránulos.

Los gases que se producen durante la degradación anaerobia provocan una recirculación dentro del reactor, lo que ayuda a la formación y estabilización de partículas biológicas. El líquido que ha estado en contacto con el manto de fangos, contiene diversos sólidos residuales que al pasar por la zona de sedimentación, son

separados del futuro efluente; estos sólidos retornan por el sistema de cortinas invertidas hasta la parte alta del manto de fangos.

Para lograr una operación adecuada del sistema, se requiere una biomasa floculante desarrollada y madura, por lo que es recomendable una inoculación del reactor con fangos de algún otro sistema.

La tecnología para degradar la materia orgánica, se basa en el crecimiento del fango y en la separación de las tres fases: biogás, líquido y sólido. Que se logra con la construcción de una serie de pantallas y campanas que acompañan al reactor.

1.3.2. Marco Conceptual.

– **Afluente.**

Sistema de red de tuberías de alcantarillado que conduce o evacua aguas residuales y/o pluviales desde los puntos de descarga de los edificios hasta la red pública y hacia las plantas de tratamiento.

– **Agua residual.**

Descargas líquidas con sólidos suspendidos, agentes biológicos y desechos propios de las actividades domésticas, industriales, ganadera o agrícola, que ha producido la pérdida de las características de la calidad.

– **Calidad.**

Son las propiedades inherentes que se le proporciona a un elemento, sujeto, objeto u compuesto con el fin de caracterizarlo y valorarlo con respecto a otros de su misma especie.

– **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).**

Es la medida de la cantidad de oxígeno consumida por la oxidación del material biológico de una muestra a los 5 días de incubación,

este parámetro es el más usado para determinar el índice de la contaminación orgánica.

– **Demanda Química de Oxígeno (DQO).**

Es la medida de la cantidad de oxígeno requerido para realizar el proceso de oxidación química de la materia orgánica del agua residual, bajo la aplicación de químicos que favorezcan este proceso.

– **UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)**

Esta estructura también conocida como RAFA (Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente), son reactores que operan bajo régimen continuo y en flujo ascendente (el afluente ingresa por la parte inferior y el flujo atraviesa todo el perfil del reactor y sale por la parte superior) en los cuales los microorganismos se agrupan formando biogránulos.

– **Efluente**

Sistema de redes de alcantarilla que transporta las aguas tratadas de una planta de tratamiento hacia un cuerpo receptor, con los estándares de calidad solicitado.

– **Reúso de agua residual**

Es el aprovechamiento del agua residual producida por actividades domésticas, industriales o de otro tipo, la misma que pasa por un proceso de tratamiento para que cumpla los estándares de calidad y sea usada en un fin que establece la normativa.

– **Digestión Anaerobia**

Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo en ausencia de oxígeno.

- **Digestión Aerobia**
Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo en presencia de oxígeno.

- **Desinfección**
Proceso de destrucción y limpieza de un objeto o sustancia a través de agentes físico o químicos, liberando a estas de bacterias y virus, y haciéndolas aptas para otros procesos.

- **Bacterias**
Son microorganismos procariotas unicelular que realizar una función importante en la descomposición de la materia orgánica y en el proceso de tratamiento de aguas residuales.

- **Coliformes**
Son bacterias Gram negativas de morfología bacilar con la capacidad de fermentar lactosa con producción de gas a temperaturas de 35°C o 37°C (Coliformes totales) y a temperaturas de 44°C o 44.5°C (Coliformes fecales).

- **Eficiencia de tratamiento**
Es la capacidad que posee un tratamiento para remover las sustancias orgánicas e inorgánicas que degeneran la calidad del agua, y se mida bajo los parámetros y estándares de calidad de las normativas vigente y se representa en porcentaje de mejora de proceso.

- **Lodo activado**
Lodo constituido de biomasa con alguna cantidad de solidos inorgánicos que se sedimentan en el fondo del sedimentador y se recircula hacia los tanques de aireación en un tratamiento con lodos activados.

1.4. Formulación del Problema.

Deficiente eficiencia del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Cervecería Backus, limita la Reutilización en el riego agrícola de tallo alto.

1.5. Justificación e Importancia del estudio.

La empresa Unión de Cervecerías Backus y Johnston – Sede Motupe, respeta la legislación peruana y diversas leyes extranjeras; además, esta empresa cuenta con altos estándares de calidad en todos sus procesos y actividades. Los temas de gestión ambiental, recursos renovables y desarrollo sostenible, no escapan a las altas exigencias y la legislación interna y externa con los que trabaja la empresa.

Es así que el presente proyecto tiene **importancia** debido a que un sistema integrado de tratamiento de aguas residuales el principal parámetro comparativo para determinar si cumple o no con la normatividad vigente es la Eficiencia del mismo. Es así que lo primordial en un sistema de tratamiento es que el mismo sea el más eficaz y efectivo en el tratamiento de aguas servidas, y más aún en este caso que el tratamiento de aguas derivan de un proceso industrial.

Su **significación práctica** está en que el tratamiento eliminaría el riesgo ambiental de la manipulación de aguas servidas sin tratamiento por parte de los agricultores, aguas abajo de la zona de tratamiento, el riesgo ambiental de distribución de alimentos contaminados, y el daño ambiental a suelos y ambientes costeros. Por otro lado, mejoraría la calidad de los productos servidos con las aguas tratadas al permitir su acceso a mejores mercados y brindaría la oportunidad de generar empleo en actividades complementarias al tratamiento de estas aguas. Se consolidaría además una seguridad alimentaria en la zona para los consumidores finales de estos productos, al proporcionar alimentos frescos y seguros al mercado.

Así mismo este proyecto se **justifica** por que los resultados que deriven de la investigación permitirán encontrar nuevos modelos y tecnologías en los sistemas de tratamientos de aguas residuales eficaces, los cuales se adecuen a las necesidades, expectativas y realidad de nuestro entorno a fin de poder

proponer nuevos alcances y así reducir el déficit y la carencia de sistemas de tratamiento adecuados en nuestro país.

La **novedad de la investigación** está dada, en que contribuirá a elevar la calidad de vida de las poblaciones marginales urbanas y periurbanas, mediante una nueva concepción de sistemas de tratamiento de aguas residuales, que permita contribuir efectivamente a reducir la contaminación ambiental de los efluentes y la diseminación de enfermedades de origen hidrofecal.

1.6. Hipótesis.

1.6.1. Hipótesis.

Si se cumple con las normativas y regulaciones vigentes sobre la eficiencia del Sistema de Tratamiento, entonces permitirá que se logre la reutilización de aguas residuales de la cervecería Backus.

1.6.2. Variables, Operacionalización.

VARIABLE INDEPENDIENTE

- Eficiencia del sistema de tratamiento de la cervecería Backus

VARIABLE DEPENDIENTE

- Reutilización de aguas residuales.
 - DBO: Demanda Biológica de Oxígeno (mg/l)
 - DQO: Demanda Química de Oxígeno (mg/l)
 - Solidos Suspendidos Totales (mg/l)
 - Potencial de hidrogeno (PH).
 - Temperatura (°C)
 - Oxígeno disuelto (mg/l)
 - Aceites y grasas (mg/l)

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo General

Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de agua residual industriales de la Unión de Cervecerías Backus y Johnston – Sede Motupe.

1.7.2. Objetivos Específicos

- a. Fundamentar teóricamente el tratamiento de agua residual industriales.
- b. Caracterizar los antecedentes sobre la Reutilización de Aguas Residuales.
- c. Determinar el caudal mínimo, medio y máximo que ingresa y sale de la planta de tratamiento.
- d. Caracterizar las aguas residuales industriales de la planta de tratamiento, por medio de la medición de sus parámetros físicos, químicos y biológicos más representativos.
- e. Evaluar el tipo de descarga de las aguas tratadas, con base en los lineamientos expuestos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en el Anexo I y II del DS N° 021 – 2009 – VIVIENDA (“Valores Máximos Admisibles”).

II. MATERIAL Y METODO

2.1. Tipo y diseño de investigación.

2.1.1. Tipo de investigación.

El tipo de investigación del presente proyecto es *Mixto - Descriptivo*, porque posee un enfoque Cuantitativo que permite la descripción y caracterización numérica de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las muestras de aguas residuales; y posee un enfoque Cualitativo el cual permite comparar los resultados obtenidos con los Límites Máximos Permisibles establecidos por la normativa nacional vigente para aguas residuales tratadas. (DS N° 003 – 2002 – PRODUCE y D.S. 003 – 2010 – MINAM).

Así mismo, el nivel de esta investigación es *Explicativa* pues busca explicar cómo influye la eficiencia y la reutilización de aguas residuales en función del tratamiento de aguas residuales. Por ello esta investigación es un estudio de causa y efecto entre las variables.

2.1.2. Diseño de investigación.

La presente investigación tiene un diseño *No Experimental – Aplicada* por que busca absolver una interrogante concreta de si se cumple o no con los estándares de calidad de la normativa vigente en el tratamiento de aguas residuales industriales. Así mismo esta investigación también se enmarca dentro de un diseño *Longitudinal - Correlacional*, debido a que analiza los datos en un periodo determinado (antes y después de realizar el tratamiento).

2.2. Población y muestra.

2.2.1. Población

Para la presente investigación se considera como universo de la población a todas las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) industriales de la empresa cervecera Union de Cervecerias Backus y Johnston, las mismas que son:

- Planta Motupe.
- Planta Ate – Lima.
- Planta San Juan – Pucallpa.
- Planta Cusco.
- Planta Arequipa.

2.2.2. Muestra

Para la determinación de la muestra en la presente investigación se utilizará un muestreo *No Probabilístico Selectiva o Intencional*.

Para ello, se considerará como muestra de estudio a la PTAR de la Planta Motupe.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.3.1. Técnicas

Para el presente proyecto de investigación se utilizarán las siguientes técnicas para la recolección de datos:

2.3.1.1. Investigación bibliográfica

Esta técnica nos permite ahondar en la búsqueda de información bibliográfica de primera fuente sobre el tema específico del problema de investigación, en este caso se realizará una investigación bibliográfica acerca de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, la eficiencia del sistema y el reúso de aguas tratadas.

2.3.1.2. Revisión de documentos

Esta técnica nos permitirá realizar una revisión de documentación histórica generada por el laboratorio de control de calidad de la industria cervecera Union de Cervecerías Backus y Johnston, la misma que es necesaria para evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento y

proponer el reuso del agua residual tratada. De igual manera se podrá revisar documentacon normativa, manuales, revistas entre otros.

2.3.1.3. Recopilación documentaria

Esta técnica nos permitirá recopilar y almacenar toda la información necesaria para realizar un sustento de la evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales. Esta información será obtenida de una fuente secundaria.

2.3.1.4. Observación

Esta técnica permite observar el fenómeno materia de la investigación (caracterización de las aguas residuales y su influencia en la eficiencia del sistema de tratamiento) registrado durante el proceso de investigación, para su posterior análisis. Por ello esta técnica nos permite seleccionar y comparar datos que se obtendrán en el laboratorio referente a los análisis realizados a las aguas residuales antes y después de ser tratadas.

2.3.2. Instrumentos de recolección de datos.

Para el presente proyecto de investigación se utilizarán los siguientes instrumentos para la recolección de datos:

2.3.2.1. Reporte de análisis en Laboratorio.

Este instrumento describe de manera precisa y resumida toda la experimentación realizada, en sus fases de desarrollo, procesos y resultados; estos documentos serán guías de trabajo para replicar la experimentación realizada.

2.3.2.2. Reportes documentados.

Este instrumento corresponde a un informe donde se comunica información a la organización. Este instrumento aporta datos necesarios para la comprensión del caso, explica los métodos empleados y propone o recomienda la mejor solución para el hecho tratado.

2.3.2.3. Fichas técnicas.

Este instrumento se refiere a la documentación que emite cada proveedor acerca de los productos, equipos, herramientas, etc. Donde se indicará las características y especificaciones técnicas propias del producto y las que se encuentran normalizadas por los reglamentos nacionales.

2.3.3. Métodos de análisis de datos

2.3.3.1. Validez

Este parámetro nos permite expresar si el instrumento utilizado evalúa de manera eficiente a la variable que intenta medir.

Para la presente investigación se utilizará la evaluación de 03 ingenieros civiles expertos en la materia, y los mismo emitirán su validez respectiva de acuerdo al siguiente rango de evaluación:

Tabla 12.

Rangos y magnitudes utilizados en evaluación de validez.

Rangos	Magnitud
0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy valida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Fuente: Libro: "Notas de Psicometría" de Herrera Rojas (1998).

2.3.3.2. Confiabilidad

Este parámetro nos permitirá establecer si el instrumento produce resultados coherentes y consistentes de acuerdo al problema que se desea investigar a partir de la interpretación de los datos concernientes. Para la presente investigación se utilizará la siguiente tabla de rango y magnitud de la confiabilidad:

Tabla 13.

Rangos y magnitudes utilizados en evaluación de la confiabilidad.

Rangos	Magnitud
0.53 a menos	Confiabilidad nula
0.54 a 0.59	Confiabilidad baja
0.60 a 0.65	Confiable
0.66 a 0.71	Muy Confiable
0.72 a 0.99	Excelente Confiabilidad
1.00	Confiabilidad perfecta

Fuente: Libro: “Notas de Psicometría” de Herrera Rojas (1998).

2.3.3.3. Análisis de datos

Se refiere a los procedimientos que se implementaran para procesar y analizar los datos obtenidos, teniendo en cuenta los alcances de las técnicas lógicas y estadísticas a ser usadas para lograr interpretar los datos recolectados.

Para la presente investigación, los procedimientos utilizados son:

2.3.3.3.1. Recopilación de información

En esta etapa se realiza la busque digital, física, documental, científica y literaria de la información relevante referente a temas de ingeniería sobre el tratamiento de aguas residuales y la normativa que controla

al mismo, con la finalidad de establecer una base teórica y sustentar los resultados de la investigación.

2.3.3.3.2. Estudio de la información recopilada

En esta etapa se realiza el estudio a profundidad de la información, ideas y recomendaciones de todos los autores recopilados en la etapa anterior, logrando con ello establecer una metodología que permita realizar el análisis del objeto de estudio y establecer respuestas al problema de investigación. Así mismo en esta etapa se establecen criterios de las distintas tecnologías que se viene utilizando para la solución del problema planteado.

2.3.3.3.3. Trabajo de campo

En esta etapa se realizan la obtención de información propia de la zona de estudio, tales como la obtención de muestras de aguas residuales (antes de ser tratadas y después de ser tratadas), aforo de caudales, mediciones solicitadas (temperatura, tiempos, profundidad y otros) e inspecciones visuales del proceso de tratamiento.

2.3.3.3.4. Análisis de laboratorios.

En esta etapa se realizan los análisis específicos para la determinación y caracterización de las aguas muestreadas en la etapa anterior. Estos análisis se realizarán en los laboratorios propios de la Planta Cervecera Backus – Motupe, certificada con ISO 9000 e ISO 14001 que garantizan la confiabilidad y validez de los datos procesados.

2.3.3.3.5. Desarrollo de la investigación

En esta etapa se realizan todas las actividades propias de la investigación, para lo cual se siguieron las siguientes consideraciones:

- Observación de la situación problemática.
- Descripción general del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Caracterización de las aguas residuales del afluente y efluente.
- Calculo de aforo y parámetros de control de la planta de tratamiento.
- Se realiza el comparativo entre las aguas tratadas y la normativa vigente, a fin de evaluar la eficiencia del sistema.
- Se determinó si el agua tratada puede ser reusada y para que fines se puede utilizar.

2.3.3.3.6. Conclusiones y recomendaciones

En esta etapa, se exponen los hallazgos realizados durante la investigación y como estos aportan a la sociedad, realizando las recomendaciones pertinentes acerca del estudio realizado.

2.4. Procedimientos de análisis de datos.

Para realizar el procesamiento de datos se utilizarán los siguientes programas, tales como:

- **AUTOCAD:** para realizar el análisis del funcionamiento del sistema de tratamiento.

- MICROSOFT EXCEL: se utilizará para realizar el análisis estadístico correspondiente.
- MICROSOFT WORD: Se usará para la edición del informe de la investigación.
- GOOGLE EARTH: Para la ubicación de las estructuras correspondientes a la PTAR.
- Para el análisis e interpretación de datos Para la interpretación y análisis de datos, hemos tomado como referencia la normativa vigente.

Para analizar la información y sistematizarla se procedió a procesarla en una Hoja de Cálculo Excel 2010, de manera ordenada la misma que se constituyó en la base de datos consolidando de la caracterización del agua residual (antes y después de ser tratadas) y de este modo realizar los cálculos necesarios, de acuerdo a su clasificación. Por ser esta investigación de tipo aplicada, los datos se presentan en forma numérica y se realizara un análisis de corte longitudinal de panel, ya que se pretende explicar el comportamiento de los hallazgos obtenidos.

Los datos sistematizados se presentaron en tablas y gráficos, para su mayor entendimiento.

2.5. Criterios éticos.

La presente investigación, está establecida de acorde con los aspectos éticos infundidos por la universidad, siendo estos los siguientes:

a. Beneficencia:

El análisis de la eficiencia del sistema de tratamiento para la reutilización de aguas residuales de la cervecería Backus, facilitara que la empresa pueda optimizar la utilización del recurso hídrico y mantenga su estándar de calidad ambiental adquirido, siendo competitivo en el mercado de las industrias cerveceras y maximizando de esta manera sus beneficios.

b. Respeto a la dignidad de la persona:

En la presente investigación se respetará la propiedad intelectual de cada investigador, por lo cual toda información utilizada será citada estableciendo de manera clara y bajo la norma APA los datos completos de cada bibliografía; y con ello se salvaguardará los derechos de autor.

c. Justicia:

En la presente investigación se establecerá el derecho de justicia y el buen trato a todas las personas que intervengan en el desarrollo del proyecto y se respetará el derecho a la privacidad y anonimato de las personas que así lo soliciten.

d. Transparencia de los datos obtenidos:

En la presente investigación primara la transparencia de los datos obtenidos, cuidando que estos sean presentados tal cual fueron obtenidos, de manera fehaciente y sin tergiversar la información. De igual forma serán publicado los resultados reales que se han obtenido del procesamiento de la información, sin manipular ni modificar los mismos.

2.6. Criterios de rigor científico.

En la presente investigación se han respetado los siguientes criterios de cientificidad:

a. Credibilidad:

En la presente investigación “Análisis de la eficiencia del sistema de tratamiento para la reutilización de aguas residuales de la cervecería Backus”, se realizará la presentación de información con datos investigados y corroborados fehacientemente mediante una revisión e investigación exhaustiva con cruce de información y datos; con la finalidad de obtener un producto con una Credibilidad aceptable y que esto respalde los resultados de la investigación.

b. Objetividad:

La presente investigación será objetiva, presentando datos y resultados reales sin manipulación ni alteración, siendo estos meramente resultados del proceso de investigación realizado. Esta información será presentada y explicada tal cual sucedieron, sin alteración alguna.

c. Aplicabilidad:

La presente investigación tiene como finalidad que esta experiencia sea replicada en otros casos similares, bajo condiciones parecidas a fin de ampliar los conocimientos y resultados y que esta investigación pueda ser aplicada de manera fehaciente en otros objetos de estudio.

d. Neutralidad:

En la actualidad no existe ninguna investigación relacionada con el tema del presente proyecto en la industria cervecera Union de Cervecerias Backus y Johnston, por lo tanto se concluye que esta es la primera investigacion de este tipo en esta empresa.

III. RESULTADOS

5.1. Resultados obtenidos in situ

Al tener en cuenta los objetivos de la investigación se realizó un monitoreo bajo condiciones originales, in situ.

Los resultados y datos estadísticos son presentados de manera individual, de acuerdo a sus objetivos se identificaron de la siguiente manera: eficiencia de remoción, eficiencia en comparación a los parámetros de la normatividad peruana. La medición de los parámetros en estudio se presenta en las siguientes tablas:

Tabla 14.

Resultados de caudal, temperatura y solidos suspendidos totales.

N° Muestra	Fecha	Caudal m ³ /día	Temperatura		Solidos Suspendidos Totales		
			Entrada	Salida	Entrada	Salida	Remoción
			°C		ml		
1	05/01/2015	1868.60	38.4	25.9	622	74	88.10%
2	06/01/2015	1943.10	31.2	26.8	500	75	85.00%
3	07/01/2015	1787.00	36.7	26.1	702	81	88.46%
4	08/01/2015	1812.00	33.4	25.7	1172	74	93.69%
5	09/01/2015	678.90	36.8	25.8	854	71	91.69%
6	10/01/2015	964.90	34.9	25.4	652	75	88.50%
7	11/01/2015	1300.00	35.2	26	750	80	89.33%
8	12/01/2015	2093.20	36.8	25.9	470	85	81.91%
9	13/01/2015	1799.30	37.1	27	710	88	87.61%
10	14/01/2015	1454.60	37.8	27.1	600	76	87.33%
11	15/01/2015	1389.70	36.5	28.5	700	70	90.00%
12	16/01/2015	1653.30	39.6	27.8	1116	71	93.64%
13	17/01/2015	1415.00	38.6	26.4	852	101	88.15%
14	18/01/2015	506.10	37.7	27.1	740	81	89.05%
15	19/01/2015	1850.60	35.5	25.8	714	68	90.48%
16	20/01/2015	2944.30	35.5	24.6	598	84	85.95%
17	21/01/2015	1253.80	34.5	24.1	701	79	88.73%
18	22/01/2015	1912.30	36.7	24.5	1038	36	96.53%
19	23/01/2015	1767.40	32.1	26.3	1146	38	96.68%
20	24/01/2015	1398.00	35.6	26.1	911	29	96.82%
21	25/01/2015	1434.50	34.9	25.2	850	31	96.35%
Máximo		2944.30	39.60	28.50	1172.00	101.00	96.82%
Mínimo		506.10	31.20	24.10	470.00	29.00	81.91%
Promedio		1582.22	35.98	26.10	780.86	69.86	90.19%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 15.*Resultados de DQO, DBO₅ y PH.*

N° Muestra	Fecha	DQO			DBO ₅			PH	
		Entrada	Salida	Remoción	Entrada	Salida	Remoción	Entrada	Salida
		mg/l			mg/l			Unidades	
1	05/01/2015	4790.00	122.00	97.45%	89.40	42.40	52.57%	8.82	8.77
2	06/01/2015	5155.00	121.00	97.65%	70.50	34.10	51.63%	10.23	8.71
3	07/01/2015	4680.00	123.00	97.37%	72.40	33.40	53.87%	10.08	8.81
4	08/01/2015	6190.00	119.00	98.08%	78.80	35.20	55.33%	9.96	8.65
5	09/01/2015	5520.00	125.00	97.74%	58.70	20.00	65.93%	9.26	8.66
6	10/01/2015	5320.00	128.00	97.59%	93.70	44.50	52.51%	10.21	8.65
7	11/01/2015	6050.00	118.00	98.05%	115.00	49.20	57.22%	9.88	8.71
8	12/01/2015	4550.00	152.00	96.66%	78.90	35.00	55.64%	9.03	8.75
9	13/01/2015	4480.00	157.00	96.50%	37.10	20.80	43.94%	10.69	8.76
10	14/01/2015	4400.00	170.00	96.14%	121.00	49.60	59.01%	10.63	8.80
11	15/01/2015	4387.00	160.00	96.35%	118.70	61.00	48.61%	11.02	8.62
12	16/01/2015	4913.00	181.00	96.32%	78.80	44.00	44.16%	11.18	8.65
13	17/01/2015	3810.00	162.00	95.75%	94.10	43.60	53.67%	10.11	8.75
14	18/01/2015	4420.00	148.00	96.65%	47.70	22.80	52.20%	10.45	8.80
15	19/01/2015	3900.00	134.00	96.56%	75.20	36.80	51.06%	10.75	8.73
16	20/01/2015	4173.00	161.00	96.14%	76.00	33.00	56.58%	10.32	8.83
17	21/01/2015	3774.00	132.00	96.50%	112.40	45.80	59.25%	11.33	8.76
18	22/01/2015	4016.00	108.00	97.31%	98.90	49.20	50.25%	11.20	8.72
19	23/01/2015	4993.00	141.00	97.18%	74.10	32.40	56.28%	11.08	8.56
20	24/01/2015	5617.00	124.00	97.79%	125.40	54.00	56.94%	10.25	8.44
21	25/01/2015	4012.00	118.00	97.06%	58.40	28.80	50.68%	10.80	8.65
Máximo		6190.00	181.00	98.08%	125.40	61.00	65.93%	11.33	8.83
Mínimo		3774.00	108.00	95.75%	37.10	20.00	43.94%	8.82	8.44
Promedio		4721.43	138.29	96.99%	84.53	38.84	53.68%	10.35	8.70

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 16.*Resultados de oxígeno disuelto y aceites y grasas.*

N° Muestra	Fecha	Caudal m³/día	Oxígeno Disuelto			Aceites y Grasas		
			Entrada	Salida	Disminución	Entrada	Salida	Remoción
			mg/l			mg/l		
1	09/01/2015	678.90	6.96	2.13	69.40%	4.70	1.30	72.34%
2	11/01/2015	1300.00	6.83	1.92	71.89%	1.80	1.00	44.44%
3	12/01/2015	2093.20	5.98	1.84	69.23%	5.50	3.00	45.45%
4	14/01/2015	1454.60	6.37	3.05	52.12%	0.00	0.00	0.00%
5	16/01/2015	1653.30	3.65	1.85	49.32%	8.15	5.00	38.65%
6	18/01/2015	506.10	2.35	1.56	33.62%	4.90	2.60	46.94%
7	20/01/2015	2944.30	5.10	1.94	61.96%	5.25	2.80	46.67%
8	24/01/2015	1398.00	5.23	4.37	16.44%	7.25	3.40	53.10%
Máximo		2944.30	6.96	4.37	71.89%	8.15	5.00	72.34%
Mínimo		506.10	2.35	1.56	16.44%	0.00	0.00	0.00%
Promedio		1503.55	5.31	2.33	53.00%	4.69	2.39	43.45%

Fuente: Elaboración Propia.

5.2. Resultados para la determinación de la eficiencia

Para esta evaluación se toman en cuenta los muestreos realizados durante el periodo de análisis del proyecto, tiempo en el cual, el caudal y las condiciones físicas de la PTAR permanecieron constantes.

5.2.1. Análisis físicos, químicos y biológicos de la PTAR

Tabla 17.*Caracterización de agua en entrada al proceso de tratamiento PTAR.*

Parámetros	Unidad	Días de Análisis					Prom.
		09/01/2015	14/01/2015	16/01/2015	20/01/2015	24/01/2015	
DBO5	mg/l	58.70	121.00	78.80	76.00	125.40	91.98
DQO	mg/l	5520.00	4400.00	4913.00	4173.00	5617.00	4924.60
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	854	600	1116	598	911	815.80
Temperatura	° C	36.8	37.8	39.6	35.5	35.6	37.06
Oxígeno Disuelto	mg/l	6.96	6.37	3.65	5.10	5.23	5.46
Aceites y Grasas	mg/l	4.70	0.00	8.15	5.25	7.25	5.07

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 18.

Caracterización de agua en salida de proceso de tratamiento de aguas residuales industriales - PTAR.

	Parámetros	Unidad	Días de Análisis					Prom.
			09/01/2015	14/01/2015	16/01/2015	20/01/2015	24/01/2015	
SALIDA	DBO5	mg/l	20.00	49.60	44.00	33.00	54.00	40.12
	DQO	mg/l	125.00	170.00	181.00	161.00	124.00	152.20
	Solidos Suspendidos Totales	mg/l	71	76	71	84	29	66.20
	Potencial de Hidrogeno	Unidad PH	8.66	8.80	8.65	8.83	8.44	8.68
	Temperatura	° C	25.8	27.1	27.8	24.6	26.1	26.28
	Oxígeno Disuelto	mg/l	2.13	3.05	1.85	1.94	4.37	2.67
	Aceites y Grasas	mg/l	1.30	0.00	5.00	2.80	3.40	2.50

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 19.

Eficiencia de remoción de contaminantes en la PTAR.

Parámetros	Unidad	Días de Análisis					Prom.
		09/01/2015	14/01/2015	16/01/2015	20/01/2015	24/01/2015	
DBO5	mg/l	65.93%	59.01%	44.16%	56.58%	56.94%	56.52%
DQO	mg/l	97.74%	96.14%	96.32%	96.14%	97.79%	96.82%
Solidos Suspendidos Totales	mg/l	91.69%	87.33%	93.64%	85.95%	96.82%	91.09%
Potencial de Hidrogeno	Unidad PH	6.48%	17.22%	22.63%	14.44%	17.66%	15.68%
Temperatura	° C	29.89%	28.31%	29.80%	30.70%	26.69%	29.08%
Oxígeno Disuelto	mg/l	69.40%	52.12%	49.32%	61.96%	16.44%	49.85%
Aceites y Grasas	mg/l	72.34%	0.00%	38.65%	46.67%	53.10%	52.69%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 20.

Eficiencia general de la PTAR en cumplimiento con parámetros del DS N° 003-2002-PRODUCE.

Parámetros	Unidad	Resultados			Parámetro DS N°003-2002	Condición
		Máximo	Mínimo	Prom.		
DBO5	mg/l	54.00	20.00	40.12	50.00	CUMPLE
DQO	mg/l	181.00	124.00	152.20	250.00	CUMPLE
Solidos Suspendidos Totales	mg/l	84.00	29.00	66.20	50.00	NO CUMPLE
Potencial de Hidrogeno	Unidad PH	8.83	8.44	8.68	6.00 - 9.00	CUMPLE
Temperatura	° C	27.80	24.60	26.28	35.00	CUMPLE
Oxígeno Disuelto	mg/l	4.37	1.85	2.67		
Aceites y Grasas	mg/l	5.00	0.00	2.50		

Fuente: Elaboración Propia.

5.3. Discusión de resultados

5.3.1. Determinación de la eficiencia de funcionamiento de la PTAR 01 – Backus.

La eficiencia de la unidad se estableció con la medición de cada una de las variables definidas en los objetivos, estableciendo la relación entre los valores de los parámetros analizados y los valores requeridos por la normatividad peruana. El comportamiento de cada una de las variables es discutido a continuación.

5.3.1.1. Remoción de DBO5

La reducción en la demanda biológica de oxígeno a cinco días, en el efluente de la unidad de tratamiento presenta una eficiencia media de remoción del 56.52 % (DBO5 de efluente: 40.12 mg/l), cumpliendo la normativa vigente de 50 mg/l.

5.3.1.2. Remoción de DQO

Respecto a la remoción de demanda química de oxígeno, esta se estableció en 96.82 % (DQO de efluente: 152.20 mg/l), cumpliendo la normativa vigente de 250 mg/l.

5.3.1.3. Sólidos Sedimentables Totales

En este parámetro se tiene una eficiencia media del 91.09% en la remoción de sólidos sedimentables. Esta eficiencia presenta una carga de sólidos sedimentables media de 66.20 mg/l, cumpliendo la normativa vigente de 50 mg/l.

5.3.1.4. Potencial de Hidrogeno (PH):

En este parámetro se tiene una eficiencia media del 15.68% en la remoción de Potencial de Hidrogeno (PH). Esta eficiencia presenta una carga de Potencial de Hidrogeno media de 8.68, cumpliendo la normativa vigente de 6 – 9.

5.3.1.5. Temperatura

En este parámetro se tiene una eficiencia media del 29.08% en la reducción de temperatura. Esta eficiencia presenta una temperatura media de 26.28°C, cumpliendo la normativa vigente de 35°C.

5.3.2. Comparación de eficiencia real y normativa

De acuerdo a la tabla XXIII la Eficiencia real de la unidad de tratamiento y Eficiencia normada de una PTAR, se encuentra dentro de lo establecido por la normatividad peruana, lo cual se muestra a continuación:

Tabla 21.

Resumen de resultados y comparativo con normativa vigente.

Parámetros	Unidad	Resultado Prom.	Parámetro DS N°003-2002	Condición
DBO5	mg/l	40.12	50.00	CUMPLE
DQO	mg/l	152.20	250.00	CUMPLE
Solidos Suspendidos Totales	mg/l	66.20	50.00	NO CUMPLE
Potencial de Hidrogeno	Unidad PH	8.68	6.00 - 9.00	CUMPLE
Temperatura	° C	26.28	35.00	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

IV. CONCLUSIONES

- 4.1. Con el Sistema de Tratamiento (Tanque UASB, Clarificador y Clorador) implementado en la Planta de Unión de Cervecerías Backus y Johnston – Sede Motupe, se ha verificado que cumple ampliamente con los Estándares requeridos en la normatividad peruana DS N° 003 – 2002 – PRODUCE.
- 4.2. Después de realizado el muestreo se determinó que los caudales diarios máximos, medio y mínimo de ingreso de la planta son: 2,944.30 m³/día, 1,582.22 m³/día y 506.10 m³/día, respectivamente.
- 4.3. Se realizó la caracterización de las aguas residuales que ingresan a la planta, obteniéndose el siguiente resultado:

Tabla 22.

Caracterización de agua residual que ingresa a PTAR.

Parámetros	Unidad	Valor
DBO5	mg/l	91.98
DQO	mg/l	4924.60
Solidos Suspendidos Totales	mg/l	815.80
Potencial de Hidrogeno	Unidad PH	10.33
Temperatura	° C	37.06
Oxígeno Disuelto	mg/l	5.46
Aceites y Grasas	mg/l	5.07

Fuente: Elaboración propia.

- 4.4. Después de realizado el presente estudio se concluyó que de acuerdo a los lineamientos establecidos por el Anexo I y II del DS N° 021 – 2009 – VIVIENDA, el agua tratada podría ser evacuada a las redes de alcantarillado de la ciudad de Motupe, según lo expuesto a continuación:

Figura 16.

Anexo I. Valores máximos permitidos.

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno(DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y grasas	mg/L	A y G	100

Fuente: DS N° 021 – 2009 – VIVIENDA.

Figura 17.

Anexo II. Valores máximos permitidos.

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN ⁻	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0.5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Níquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ²⁻	500
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH ₄ ⁺	80
pH (2)	unidad	pH	6-9
Sólidos Sedimentables (2)	MI/L/h	S.S.	8.5
Temperatura(2)	°C	T	<35

Fuente: DS N° 021 – 2009 – VIVIENDA.

Tabla 23.

Resumen de resultados obtenidos del estudio.

Parámetros	Unidad	Valor
DBO5	mg/l	40.12
DQO	mg/l	152.20
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	66.20
Potencial de Hidrogeno	Unidad PH	8.62
Temperatura	° C	26.28
Oxígeno Disuelto	mg/l	2.67
Aceites y Grasas	mg/l	2.50

Fuente: Elaboración Propia.

V. RECOMENDACIONES

- 5.1. Investigas otros sistemas similares de tratamiento de aguas residuales similares al estudiado con la finalidad de ampliar el universo de información y así poder establecer una data más certera acerca de la eficiencia de estos sistemas y con ello establecer si el agua tratada por este sistema cumple los parámetros establecidos por la normativa vigente.
- 5.2. Establecer procedimientos de operación de sistemas similares al estudiado con la finalidad de obtener una mayor eficiencia es el tratamiento de aguas residuales.
- 5.3. La empresa Union de Cervecerias Backus y Johnston, debera realizar un seguimiento continuo del uso que se le realice a las aguas del efluente de la planta de tratamiento.
- 5.4. Se recomiendo impulsar la actualización y adecuación de la normativa vigente a estas nuevas tecnologías que se vienen implementando en las industrias.

VI. REFERENCIAS

- Acosta Torres, J. H. (2016). *Propuesta de un sistema de tratamiento de efluentes para la obtención de agua reutilizable en el centro de beneficio avícola Andy S.R.L.* Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Alarcón Corina, R. L., & Fernández Mamani, E. (2014). *Tratamiento de aguas residuales de la industria cervecera de los andes "Yungueña" a nivel laboratorio.* La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- Arias Lafargue, T., & Ravelo Vásquez, Y. (2019). Diseño de una tecnología para tratar el agua residual de cervecería. *Tecnología Química*, 39(3), 539-551.
- Arocutipa Lorenzo, J. H. (2013). *Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari - Sandia.* Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Blázquez, J. (1995). La cultura del valle del Indio: Mohenjo-Daro y Harappa. *Revista de Arqueología*, 24-33.
- Burks, B., & Minnis, M. (1994). *Onsite wastewater treatment systems.* Dallas: Hogarth House.
- Cedron Medina, O. Z., & Cribilleros Benites, A. C. (2017). *Diagnóstico del sistema de aguas residuales en Salaverry y propuesta de solución.* Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Céspedes Romero, J. E. (2013). *Factibilidad de reúso de aguas negras en edificaciones.* Bogotá: Escuela Colombiana de ingeniería "Julio Garavito".
- Cortina Dominguez, C. F., & Márquez Ortiz, R. (2008). *Alternativa de tratamiento de aguas residuales de la industria textil.* Mexico: Instituto Politécnico Nacional.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones.* Bogotá: McGraw Hill.
- Cuenca Ruiz, M. A. (2015). *Selección de un sistema de desinfección en proyectos de reutilización de las aguas residuales tratadas.* Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.
- Di Marzio, W. D. (2004). Microbiología de los lodos activados, una herramienta retrospectiva y predictiva de la depuración de efluentes. *Agua Latinoamericana*, 4(5), 16-17.
- Espinoza Rodríguez, H. J. (2018). *Proceso constructivo en la planta de tratamiento para la reutilización de aguas residuales del Mall El Quinde de Ica - 2018.* Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Fernando Merli, G. (2014). *Propuesta de reutilización de las aguas residuales vertidas al estuario de Bahía Blanca.* Bahía Blanca: Universidad Tecnológica Nacional.

- Flores Malca, M. I. (2015). *Propuesta de un sistema de tratamiento para la reutilización de aguas residuales generadas en el servicio de lavado del concesionario Nor Autos Chiclayo SAC*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Freire Espín, P. A. (2012). *Análisis y evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa TEIMSA - Ambato*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Gomez Lopez, M., Bayo, J., Garcia Cascales, M., & Angosto, J. (2009). Decision support in disinfection technologies for treated wastewater reuse. *Journal of Cleaner Production*, 17(16), 1504-1511.
- Gutierrez Quiroz, A. F. (2019). *Mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales "San José" para su reúso con fines agrícolas - Chiclayo - 2015*. Chiclayo: Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo".
- Herrera Rojas, A. N. (1998). *Notas sobre psicometría*. Santafé de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Lazarova, V., Sturny, V., & Sang, G. (2012). Relevance and benefits of urban water reuse in tourist areas. *Water*, 4, 107-122.
- Lazarova, V., Sturny, V., & Tong Sang, G. (2012). Relevance and benefits of urban water reuse in tourist areas. *Water*, 4, 107-122. doi:10.3390/w4010107
- López Hernández, R. A., & Herrera Panduro, K. L. (2015). *Planta de tratamiento de aguas residuales para reuso en riego de parques y jardines en el distrito de La Esperanza, provincia Trujillo - La Libertad*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Loza Delgado, P. J. (2017). *Diseño de un sistema de reciclado de aguas grises y su aprovechamiento para un desarrollo sostenible de una vivienda multifamiliar de doce pisos en la ciudad de Tacna, 2017*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Medina Rivera, P. D. (2015). *Propuesta de un sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hilandería La Inmaculada SAC para su reutilización*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Metcalf, & Eddy. (1995). *Ingeniería de las aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. Madrid: McGraw-Hill.
- Ministerio del Ambiente. (2010). Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. En *Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales*. Lima.
- Moreno Jabo, S. N. (2017). *Tratamiento de aguas residuales en el tanque IMHOFF para disminuir la contaminación en la quebrada Sicacate del distrito de Montero*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- OEFA. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*.

- Perez Sandoval, A. C., & Sernaque Vela, K. Y. (2016). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de la ciudad de Chiclayo por medio de lodos activados a través de aireación extendida*. Chiclayo: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Prado Orellana, V. (2015). *Aprovechamiento de aguas residuales en el patio taller de la Línea 1 del Metro de Lima*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Producción, M. d. (2002). Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE. En *Límites Máximos Permisibles y Valores referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, cutiembre y papel*. Lima.
- Rigola Lapeña, M. (1999). *Tratamiento de aguas industriales: agua de proceso y residuales*. Mexico: Alfaomega.
- Rolim Mendoza, S. (2000). *Sistemas de Lagunas de Estabilización*. Santa Fé: McGraw Hill.
- Romero Rojas, J. A. (2016). *Tratamiento de agua residuales y principios de diseño* (Quinta ed.). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- S. Savas, E. (1977). *The organization and efficiency of solid waste collection*. Lexington: Lexington Books.
- Salas, J. (2004). *Tecnologías de depuración: Situación actual y perspectivas*. Sevilla: Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua.
- Salgot, M. (1994). *Prevención de los riesgos sanitarios derivado de la reutilización de aguas residuales*. Barcelona: Departamento de Sanidad y Seguridad Social.
- Sánchez Jara, J. I., & Gonzales Veintimilla, F. (2016). Sistema de gestión de las aguas residuales de la Planta Embotelladora Hielosnorte SAC en el distrito de Moche - Perú. *Ciencia y Tecnología*, 12(3), 11-23.
- Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T., & Zahoor, A. (2013). Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. *Agricultural Water Management*, 130, 1-13.
- Torres Caceres, E. W. (1994). *Proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para reuso del agua en la agricultura*. Nuevo Leon: Universidad Autonoma de Nuevo Leon.
- Trillo-Montsorú, J. (1995). El saneamiento. Historia reciente, estado actual y perspectiva de futuro. *Ingeniería y Territorio*, 31.
- Ugaz Odar, F. E. (09 de 01 de 2018). Reúso de aguas residuales tratadas biológicamente, para el regadío del Jardín Botánico, Trujillo. *SCIÉNDICO Ciencia para el Desarrollo*, 7 - 14.
- Union de Cervecerias Backus y Johnston. (2014). *Guía de control de calidad de aguas tratadas*. Motupe: Laboratorio de control de calidad Backus y Johnston.
- Valdez Pino, A. (2016). *Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la localidad de Chucuito*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

- Vargas León, L. A. (2015). *Prototipo para la recolección y reutilización de aguas residuales en la sede del Claustro de la Universidad Católica de Colombia*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Victoria Fedeli, M. (2018). *Propuesta técnica para la construcción de una planta de tratamiento de efluentes para la fabricación de cerveza artesanal*. Rio Negro: Universidad Nacional Rio Negro.
- Zornoza, A., Montoya, T., Alonso, J. L., & Tárrega, M. J. (2008). Control del proceso de cloración en un episodio de bulking filamentoso mediante el seguimiento de protozoos ciliados. *Jornada Internacional de Tratamiento y Reutilización en Aguas Residuales*, 15.

VII. ANEXOS

ANEXO 01: D.S. N° 003-2002-PRODUCE - Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel.

**RESOLUCIÓN VICEMINISTERIAL
N° 191-2002-JUS**

Lima, 19 de agosto de 2002

Vista la solicitud de Registro N° 002858, de fecha 29 de enero de 2002, del CENTRO DE CONCILIACIÓN NUEVO HORIZONTE;

CONSIDERANDO:

Que el CENTRO DE CONCILIACIÓN NUEVO HORIZONTE, es una asociación civil sin fines de lucro que tiene entre sus objetivos ejercer la función conciliadora;

Que la mencionada asociación civil ha solicitado autorización para el funcionamiento del Centro de Conciliación denominado VOX CONCILIUM, con sede en la ciudad de Piura;

Que conforme obra del acta de inspección ocular de fecha 10 de mayo de 2002, se realizó la constatación respectiva en las instalaciones e infraestructura física de su Centro de Conciliación;

Que la recurrente cumple con los requisitos establecidos en los artículos 24° y 27° de la Ley N° 26872, Ley de Conciliación, y los artículos 42°, 44° y 45° del Reglamento de la Ley de Conciliación, aprobado por Decreto Supremo N° 001-98-JUS, modificado por Decreto Supremo N° 016-2001-JUS, por lo que es procedente autorizar el funcionamiento de su Centro de Conciliación;

Estando a lo opinado en el Informe N° 1310 -2002-JUS/STC, de la Secretaría Técnica de Conciliación, es pertinente atender la solicitud del CENTRO DE CONCILIACIÓN NUEVO HORIZONTE;

De conformidad con el Decreto Legislativo N° 560 - Ley del Poder Ejecutivo; Decreto Ley N° 25993 - Ley Orgánica del Sector Justicia; Decreto Supremo N° 019-2001-JUS, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Justicia; Decreto Supremo N° 039-2001-JUS, que precisa alcances de las funciones del Viceministro; Ley N° 26872 - Ley de Conciliación, modificada por Ley N° 27398 y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 001-98-JUS, modificado por Decreto Supremo N° 016-2001-JUS;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Autorizar al CENTRO DE CONCILIACIÓN NUEVO HORIZONTE, el funcionamiento de su Centro de Conciliación denominado VOX CONCILIUM, con sede en la ciudad de Piura.

Artículo 2°.- El Ministerio de Justicia en aplicación de la Ley de Conciliación y su Reglamento, supervisará el correcto funcionamiento del Centro de Conciliación y aplicará, cuando corresponda, las medidas pertinentes de acuerdo a sus atribuciones.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALFREDO SOLF MONSALVE
Viceministro de Justicia

17582

Autorizan funcionamiento de centro de formación y capacitación de conciliadores extrajudiciales con sede en la ciudad de Lima

**RESOLUCIÓN VICEMINISTERIAL
N° 188-2002-JUS**

Lima, 19 de agosto de 2002

Vista la solicitud de Registro N° 010930, de fecha 18 de abril de 2002, de la "ASOCIACIÓN PARA LA RESOLUCIÓN CREATIVA DE CONFLICTOS", con abreviatura APRECCO;

CONSIDERANDO:

Que, la "ASOCIACIÓN PARA LA RESOLUCIÓN CREATIVA DE CONFLICTOS", con abreviatura APRECCO, es una asociación civil sin fines de lucro que tiene entre sus finalidades realizar Cursos de Formación y Capacitación de Conciliadores Extrajudiciales;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 43° del Reglamento de la Ley de Conciliación, aprobado por Decreto Supremo N° 001-98-JUS, el Ministerio de Justicia puede autorizar a entidades de derecho público o privado a capacitar conciliadores;

Que, la mencionada asociación civil ha solicitado autorización para el funcionamiento de su Centro de Formación y Capacitación de Conciliadores con sede en la ciudad de Lima;

Que, estando a lo opinado en el Informe N° 1258-2002-JUS/STC, de la Secretaría Técnica de Conciliación, es pertinente atender la solicitud de la "ASOCIACIÓN PARA LA RESOLUCIÓN CREATIVA DE CONFLICTOS", con abreviatura APRECCO;

De conformidad con el Decreto Legislativo N° 560 - Ley del Poder Ejecutivo, Decreto Ley N° 25993 - Ley Orgánica del Sector Justicia, Decreto Supremo N° 019-2002-JUS, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Justicia, Decreto Supremo N° 039-2002-JUS, que precisa alcances de las funciones del Viceministro, Ley N° 26872 - Ley de Conciliación, modificada por Ley N° 27398 y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 001-98-JUS, modificado por Decreto Supremo N° 016-2002-JUS;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Autorizar el funcionamiento del "CENTRO DE FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN DE CONCILIADORES EXTRAJUDICIALES DE LA ASOCIACIÓN PARA LA RESOLUCIÓN CREATIVA DE CONFLICTOS" con abreviatura APRECCO, con sede en la ciudad de Lima.

Artículo 2°.- Para la realización de los Cursos de Formación y Capacitación de Conciliadores Extrajudiciales, el Centro de Formación y Capacitación de Conciliadores autorizado por la presente Resolución, deberá solicitar y obtener, en cada oportunidad, la autorización de la autoridad competente del Ministerio de Justicia, quien previamente a su otorgamiento verificará que los Cursos cumplan con todos los requisitos legales y reglamentarios.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALFREDO SOLF MONSALVE
Viceministro de Justicia

17579

FE DE ERRATAS**RESOLUCIÓN MINISTERIAL
N° 343-2002-JUS**

Mediante Oficio N° 1196-2002-JUS/SG el Ministerio de Justicia solicita se publique Fe de Erratas de la Resolución Ministerial N° 343-2002-JUS, publicada en la edición del 30 de setiembre de 2002, en la página 230722.

DICE:

"Artículo Segundo.- El plazo para la aprobación del Plan Nacional de Tratamiento Penitenciario deberá realizarse en el plazo de 90 días calendario."

DEBE DECIR:

"Artículo Segundo.- El plazo para la aprobación del Plan Nacional de Tratamiento Penitenciario es de 90 días."

17576

PRODUCE

Aprueban Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel

DECRETO SUPREMO
N° 003-2002-PRODUCE

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 2º inciso 22) de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, establece en el Artículo I de su Título Preliminar, que es obligación de todos la conservación del ambiente y, en particular del Estado, la prevención y control de la contaminación ambiental;

Que, de acuerdo con el artículo 50º del Decreto Legislativo N° 757, "Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada", las Autoridades Sectoriales Competentes para conocer sobre los asuntos relacionados con la aplicación de las disposiciones del Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, son los Ministerios de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas;

Que, de conformidad con los artículos 4º y 5º de la Ley N° 27789, corresponde al Ministerio de la Producción proponer políticas y normas de protección del medio ambiente y recursos naturales aplicables a las actividades industriales manufactureras, supervisando su cumplimiento;

Que, mediante Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI, se aprobó el Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de las Actividades de la Industria Manufacturera, el cual establece las obligaciones que deben cumplir las empresas industriales manufactureras para prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental, para lo cual sin embargo se requiere determinar los límites máximos permisibles de contaminación ambiental;

Que, por Decreto Supremo N° 044-98-PCM se aprobó el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, el mismo que establece que el estudio para definir la propuesta de LMP será desarrollado por el Sector asignado en el Programa Anual de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, y sometido a consulta pública para su posterior aprobación mediante Decreto Supremo con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros;

Que, la Resolución Presidencial N° 088-99-CONAM/PCD que aprobó el Programa Anual 2000, autorizó la formulación de la propuesta de Límites Máximos Permisibles aplicables a las actividades industriales manufactureras de producción de cemento, cerveza, curtiembre y papel;

Que, se ha cumplido con los trámites y requisitos establecidos en la normatividad vigente, contándose con la recomendación de la Comisión Ambiental Transectorial para su aprobación;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 8) del Artículo 118º de la Constitución Política del Perú y el inciso 2) del Artículo 3º del Decreto Legislativo N° 560, Ley del Poder Ejecutivo; y,

Con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros;

DECRETA:**Artículo 1º.- Alcance.**

El presente Decreto Supremo es aplicable a todas las empresas nacionales o extranjeras, públicas o privadas con instalaciones existentes o por implementar, que se dediquen en el país a las actividades industriales manufactureras de producción de cemento, cerveza, curtiembre y papel.

Artículo 2º.- Glosario de Términos.

Para los efectos de la presente norma se considera:

a. Límite Máximo Permisible (LMP): Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente.

Dependiendo del parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos.

Límite Máximo Permisible de Efluentes para alcantarillado: Nivel de concentración o cantidad de uno o más elementos o sustancias en los efluentes que se descargan al alcantarillado, que al ser excedido puede ocasionar daños a la infraestructura del Sistema de Alcantarillado y procesos de tratamiento de las aguas servidas, y conse-

cientemente afectación a los ecosistemas acuáticos y salud de las personas.

Límite Máximo Permisible de Efluentes para aguas superficiales: Nivel de concentración o cantidad de uno o más elementos o sustancias en los efluentes que se descargan a las aguas superficiales, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, los ecosistemas acuáticos y la infraestructura de saneamiento, que es fijado por la Autoridad Competente y es legalmente exigible.

Límite Máximo Permisible para emisiones de los hornos: Nivel de concentración o cantidad de uno o más elementos o compuestos de los hornos que se descargan al ambiente, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Es fijado por la Autoridad Competente y es legalmente exigible.

b. Diagnóstico Ambiental Preliminar (DAP): Es el estudio que se realiza antes de la elaboración del PAMA que contiene los resultados derivados del programa de monitoreo en función a los Protocolos de Monitoreo, con el objeto de evaluar los impactos e identificar los problemas que se estén generando en el ambiente por la actividad de la industria manufacturera.

c. Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA): Programa que contiene las acciones, políticas e inversiones necesarias para reducir prioritariamente la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes que ingresan al sistema o infraestructura de disposición de residuos o que se viertan o emitan al ambiente; realizar acciones de reciclaje y reutilización de bienes como medio para reducir los niveles de acumulación de desechos y prevenir la contaminación ambiental; y reducir o eliminar las emisiones y vertimientos para poder cumplir con los patrones ambientales establecidos por la Autoridad Competente.

d. Guía de Manejo Ambiental: Documento de orientación expedido por la Autoridad Competente sobre lineamientos aceptables para los distintos subsectores o actividades de la industria manufacturera con la finalidad de propiciar un desarrollo sostenible.

En consideración a las características distintivas de cada subsector o actividad de la industria manufacturera, la Autoridad Competente podrá preparar Guías de Manejo Ambiental aplicables solamente a uno o más de éstos.

e. Guía de Buenas Prácticas: Documento que permite identificar oportunidades de mejoras asociadas a la industria manufacturera y describir métodos de operación y prácticas industriales que pueden ser implementadas con el fin de utilizar más eficientemente los recursos, gestionar adecuadamente los residuos y en general reducir los impactos ambientales ocasionados por la industria manufacturera.

f. Valor Referencial: Nivel de concentración de contaminantes o valor de parámetro físico y/o químico que debe ser monitoreado obligatoriamente para el establecimiento de los límites máximos permisibles.

Artículo 3º.- Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales.

Aprobar los Límites Máximos Permisibles (LMP) y Valores Referenciales aplicables por la Autoridad Competente, a las actividades industriales manufactureras de cemento, cerveza, curtiembre y papel, en los términos y condiciones que se indican en el Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3, que forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 4º.- Límites Máximos Permisibles para Actividades en Curso o que se inician.

Los Límites Máximos Permisibles aprobados son de cumplimiento obligatorio e inmediato para el caso de las actividades o instalaciones industriales manufactureras de cemento, cerveza, curtiembre y papel que se inician a partir de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

Tratándose de actividades en curso a la fecha de vigencia de la presente norma, los Límites Máximos Permisibles deberán ser cumplidos en un plazo no mayor de cinco (5) años, que excepcionalmente podrá ser extendido por un plazo adicional no mayor de dos (2) años, en los casos en los cuales los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental prioricen acciones destinadas a promover métodos de prevención de la contaminación y respondan a los objetivos de protección ambiental contenidos en las

Guías de Manejo Ambiental. El Ministerio de la Producción determinará en forma particular, los plazos que corresponde a cada titular de la actividad manufacturera, al momento de la aprobación del respectivo Diagnóstico Ambiental Preliminar o Programa de Adecuación y Manejo Ambiental, según corresponda.

Artículo 5°.- Valores Referenciales para curtiembre y papel

Los Valores Referenciales establecidos para el caso de las actividades industriales manufactureras de curtiembre y papel, serán evaluados con la información generada a través de informes de monitoreo, a fin de determinar su idoneidad o necesidad de efectuar ajustes y darles posteriormente el carácter de Límites Máximos Permisibles.

En la revisión de los Valores Referenciales se tomará en cuenta la información proveniente de los estudios ambientales presentados ante el Ministerio de la Producción y de las correspondientes acciones de fiscalización realizadas.

Artículo 6°.- Programas de Monitoreo para los subsectores cemento y papel.

Las empresas del Subsector Cemento deberán desarrollar un Programa de Monitoreo de dos años para el parámetro SO_2 , con una frecuencia semestral, según lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas aprobado mediante Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI-DM; a fin de contar con la línea base correspondiente que permita establecer el Límite Máximo Permissible para este parámetro.

Las empresas del Subsector Papel, según corresponda de acuerdo a su proceso, deberán desarrollar un Programa de Monitoreo de dos años para los parámetros H_2S , Cloro y Amoníaco, con una frecuencia semestral, según lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas aprobado mediante Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI-DM; a fin de contar con la línea base correspondiente que permita determinar los Límites Máximos Permisibles para estos parámetros.

El Ministerio de la Producción en casos justificados podrá determinar una frecuencia trimestral para la realización de los monitoreos.

Artículo 7°.- Diagnóstico Ambiental Preliminar

Las empresas industriales manufactureras en actividad de los Subsectores cemento, cerveza y papel, deberán presentar un Diagnóstico Ambiental Preliminar al Ministerio de la Producción, para lo cual dentro del plazo de treinta (30) días útiles de publicado el presente Decreto Supremo, comunicarán a la autoridad competente el nombre de la empresa de consultoría ambiental debidamente registrada, a la que el titular de la actividad manufacturera hubiese contratado para cumplir con lo dispuesto en la presente norma.

La referida comunicación deberá precisar la fecha de inicio del monitoreo necesario para la formulación del correspondiente DAP, documento este último que deberá ser presentado en un plazo no mayor de treinta (30) días útiles de concluido el monitoreo.

La fecha de inicio del monitoreo a que se refiere el párrafo precedente deberá concretarse dentro del plazo máximo de noventa (90) días calendario de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

Para el caso de las empresas pertenecientes al subsector curtiembre, el Ministerio de la Producción propondrá posteriormente las medidas preventivas, de mitigación y/o correctivas a ser implementadas a corto plazo.

Artículo 8°.- Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA).

Las empresas que en cumplimiento de lo dispuesto en el presente Decreto Supremo y que como resultado de la evaluación de su DAP deban ejecutar un PAMA u otras medidas de adecuación ambiental, están obligadas a presentar informes semestrales al Ministerio de la Producción, dando cuenta de los monitoreos efectuados y del cumplimiento de sus obligaciones de adecuación ambiental.

El Ministerio de la Producción en función a la complejidad de los distintos casos, determinará el plazo para la formulación y presentación de los respectivos PAMA.

Artículo 9°.- Micro y Pequeña Empresa Industrial.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 8° del Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI, la micro y pequeña empresa industrial está obligada a cumplir lo dispuesto en la presente norma, pudiendo hacerlo en forma colectiva por grupo de actividad industrial, por concentración geográfica u otros criterios similares, previa conformidad expresa del Ministerio de la Producción.

Artículo 10°.- Empresas con PAMA aprobados.

Las empresas comprendidas en el presente Decreto Supremo que a la fecha tengan aprobado o se encuentren ejecutando un PAMA u otros estudios de adecuación ambiental similares, adecuarán sus LMP a los establecidos en la presente norma, sin perjuicio de las condiciones y plazos en ellos establecidos. En casos debidamente acreditados, se podrá obtener plazos especiales de adecuación.

Artículo 11°.- Plazo de adecuación.

El plazo de adecuación no excederá de 5 años contados a partir de la aprobación del PAMA respectivo; pudiendo ser extendido por un plazo no mayor de 2 años, en los casos en que los PAMAs contengan acciones destinadas a promover métodos de prevención de la contaminación y respondan a los objetivos de protección ambiental contenidos en las guías de manejo ambiental.

El PAMA contará con un Cronograma detallado de cumplimiento para su respectivo seguimiento.

Artículo 12°.- Del incumplimiento de las disposiciones.

Los casos de incumplimiento serán tratados conforme al Régimen de Sanciones e Incentivos del Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades en la Industria Manufacturera, aprobado mediante Decreto Supremo N° 025-2001-ITINCI.

Artículo 13°.- Refrendo.

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros y por el Ministro de la Producción y entrará en vigencia al día siguiente de su publicación.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA:

Primera.- Los Valores Referenciales establecidos en el Anexo N° 2 para los Subsectores de Curtiembre y Papel, tendrán un período de vigencia de 2 años a partir de la fecha publicación de la presente norma, debiendo los titulares de dichas empresas realizar un programa de monitoreo de 2 años, con una frecuencia semestral. Posteriormente, entrarán en vigencia los Límites Máximos Permisibles que durante este período el Ministerio de la Producción establezca en base a los monitoreos y estudios realizados. Para tal efecto, los titulares de las empresas deberán presentar reportes de medición de los parámetros establecidos, de acuerdo a lo dispuesto en el Protocolo de Monitoreo de Emisiones de Efluentes Líquidos aprobado mediante Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI/DM.

Segunda.- Los LMP para el subsector papel, en cuanto a los parámetros de partículas, NO_x , SO_2 y VOC, serán propuestos en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas y demás sectores involucrados, a partir, entre otros, de la información resultante de la implementación del Proyecto "Eficiencia Energética de los Calderos Industriales", el cual comprende a todos los Sectores que utilizan calderos en sus procesos productivos.

Tercera.- El Decreto Supremo N° 028-60 del 29.11.60 "Reglamento de Desagües Industriales" se mantiene vigente en todo lo que no se oponga a lo dispuesto en el presente Decreto Supremo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los tres días del mes de octubre del año dos mil dos.

ALEJANDRO TOLEDO
Presidente Constitucional de la República

LUIS SOLARI DE LA FUENTE
Presidente del Consejo de Ministros

EDUARDO IRIARTE JIMÉNEZ
Ministro de la Producción

ANEXO 1

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EFLUENTES PARA ALCANTARILLADO
DE LAS ACTIVIDADES DE CEMENTO, CERVEZA, PAPEL Y CURTIEMBRE

PARÁMETROS	CEMENTO		CERVEZA		PAPEL		CURTIEMBRE	
	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA
PH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9		6.0 - 9.0
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp. Tot. (mg/l)	100	50	500	350	1000	500		500
Aceites y Grasas (mg/l)			20	15	100	50	100	50
DBO ₅ (mg/l)			1000	500		500		500
DQO (mg/l)			1500	1000		1000		1500
Sulfuros (mg/l)								3
Cromo VI (mg/l)								0.4
Cromo Total (mg/l)								2
N - NH ₄ (mg/l)								30
Coliformes Fecales, NMP/100ml							*	*

* En el caso del Subsector Curtiembre, no se ha fijado valores para el parámetro Coliformes fecales, dado que la data recopilada no era representativa, ni confiable. Asimismo, no ha sido posible identificar data a nivel nacional, ni en los países analizados sobre LMP específicos para este parámetro en curtiembres, por lo que se ha desestimado la definición de este LMP.

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EFLUENTES PARA AGUAS SUPERFICIALES
DE LAS ACTIVIDADES DE CEMENTO, CERVEZA, PAPEL Y CURTIEMBRE

PARÁMETROS	CEMENTO		CERVEZA		PAPEL		CURTIEMBRE	
	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA
PH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	5.0 - 8.5	5.0 - 8.5
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp. Tot. (mg/l)	50	30	50	30	100	30	50	30
Aceites y Grasas (mg/l)			5	3	20	10	25	20
DBO ₅ (mg/l)			50	30		30	50	30
DQO (mg/l)			250	50		50	250	50
Sulfuro (mg/l)							1	0.5
Cromo VI (mg/l)							0.3	0.2
Cromo Total (mg/l)							2.5	0.5
Coliformes Fecales, NMP/100 ml							4000	1000
N - NH ₄ (mg/l)							20	10

* En curso: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que a la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo se encuentran operando.

** Nueva: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que se inician a partir de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

ANEXO 2

VALORES REFERENCIALES DE EFLUENTES PARA ALCANTARILLADO
Y AGUAS SUPERFICIALES DE LAS ACTIVIDADES EN CURSO
DE LOS SUBSECTORES CURTIEMBRE Y PAPEL

PARÁMETROS	CURTIEMBRE (Alcantarillado)	PAPEL	
		Aguas Superficiales	Alcantarillado
Grado de Acidez o Alcalinidad (pH)	6.5 - 9.5		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅), mg/l	1000	250	1000
Demanda Química de Oxígeno (DQO), mg/l	2500	1000	3000
Sólidos Suspendidos Totales (SST), mg/l	1000		
Sulfuros, mg/l	10		
Cromo +6, mg/l	0.5		
Cromo Total, mg/l	5		
Nitrógeno Amoniacal (N - NH ₄), mg/l	50		

* En curso: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores curtiembre y papel que a la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo se encuentran operando.

ANEXO 3

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (LMP) PARA EMISIONES DE LOS HORNOS
DE LA INDUSTRIA CEMENTERA DEL PERÚ

Parámetro	Horno	LMP (mg/m ³)
Material Particulado	En curso	250
	Nuevo	150

La emisión de material particulado (MP) por horno (EH) es el promedio ponderado de las emisiones de la totalidad de las chimeneas de cada horno, incluyendo la chimenea de bypas para control de álcalis o cloro y se calcula con la siguiente ecuación:

$$EH = \frac{\sum CiQi}{\sum Qi}$$

Donde:

- EH = Emisión combinada de la línea de producción, en mg/m³
 Ci = Concentración de la chimenea "i", en mg/m³
 Qi = Flujo de gases de la chimenea "i", en m³/seg
 i = Número de chimenea

17680

Modifican el Reglamento de la Ley General de Pesca y los DD.SS. N°s. 004 y 008-2002-PE y 003-98-PE

DECRETO SUPREMO
N° 004-2002-PRODUCE

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que mediante Decreto Supremo N° 012-2001-PE, se aprobó el Reglamento de la Ley General de Pesca, estableciéndose en los Títulos II y III, correspondientes a Del Ordenamiento Pesquero y De la Actividad Pesquera, disposiciones que regulan el acceso a los recursos plenamente explotados, la vigencia de los permisos de pesca, el ordenamiento para el otorgamiento de las autorizaciones para la instalación de establecimientos industriales pesqueros, así como las normas que regulan el pago de derechos de pesca por la explotación de los recursos hidrobiológicos;

Que es necesario continuar adoptando medidas de ordenamiento pesquero que conlleven a evitar la pesca ilegal por parte de las embarcaciones pesqueras que han sido sustituidas y como consecuencia de ello, han perdido el permiso de pesca respectivo, así como adecuar la normatividad que regula la vigencia de los permisos en los casos de fuerza mayor o hechos fortuitos, sobre la transferencia de las autorizaciones para la instalación de establecimientos industriales pesqueros y respecto a la calificación de incentivo o beneficio de los descuentos por el servicio del Sistema de Seguimiento Satelital del pago de los derechos de pesca;

Que el artículo 5° del Decreto Supremo N° 006-2002-PE del 6 de junio del 2002, establece que sobre la base de los reportes de las tolvas electrónicas u otros medios de prueba, se publicará, mediante Resolución Ministerial, una relación de embarcaciones pesqueras que registren de manera recurrente volúmenes de descarga que exceden la capacidad de bodega autorizada, por más de tres veces;

Que el artículo 41° del Decreto Supremo N° 008-2002-PE del 3 de julio del 2002, se establecen las sanciones administrativas por comisión de las infracciones tipificadas en la Ley General de Pesca, su Reglamento y demás normas vigentes; por lo que es necesario a fin de dar estricto cumplimiento a lo dispuesto en el párrafo precedente, incluir como nueva infracción administrativa la extracción de recursos hidrobiológicos por un volumen mayor a la capacidad de bodega autorizada en los permisos de pesca correspondientes;

Que a través de los Decretos Supremos N° 003-98-PE y N° 003-2000-PE, se Reglamentó las disposiciones contenidas en la Ley N° 26920, otorgándose los plazos para que los armadores cuyas embarcaciones estén compren-

didadas en el supuesto de dichos preceptos legales soliciten el permiso de pesca correspondiente;

Que diversos armadores de embarcaciones comprendidas dentro de los alcances de la Ley N° 26920 y sus normas complementarias, no cumplieron con las condiciones y requisitos exigidos por el ordenamiento jurídico pesquero para obtener el correspondiente permiso de pesca, resultando necesario dictar nuevas medidas que permitan cumplir con la finalidad de la mencionada Ley, para cuyo efecto debe procederse a la publicación del listado con las embarcaciones y procedimientos que se encuentren en dicho supuesto;

De conformidad con lo establecido en el artículo 9° de la Ley General de Pesca, Decreto Ley N° 25977, y en la Ley N° 26920;

DECRETA:

Artículo 1°.- Adicionar el numeral 12.5 al artículo 12° del Reglamento de la Ley General de Pesca, aprobado por Decreto Supremo N° 012-2001-PE, en los siguientes términos:

"Artículo 12°.- Recursos Plenamente Explotados

12.5. Los armadores de embarcaciones pesqueras no siniestradas, que sean materia de sustitución de igual capacidad de bodega, deberán acreditar ante el Ministerio de la Producción la certificación expresa que acredite la destrucción o desguace de las embarcaciones sustituidas, emitida por la autoridad marítima. Dicha destrucción o desguace se efectuará una vez que la embarcación objeto de la autorización de incremento de flota obtenga el permiso de pesca respectivo. Será causal de caducidad de dicho permiso de pesca, incumplir con la mencionada certificación en un plazo de cuarenta y cinco (45) días, contados a partir del día siguiente de la notificación de la resolución administrativa que otorgue el permiso.

Están exceptuadas de lo previsto en el párrafo precedente en el caso que la embarcación materia de sustitución sea objeto para las pesquerías del recurso Atún, Calamar Gigante o Pota, o Jurel y Caballa para arrastre de media agua con destino exclusivo al consumo humano directo.

Para efectos de aplicar la excepción establecida deberá presentar el armador pesquero su solicitud de autorización de incremento de flota para tener el acceso a los recursos anteriormente mencionados dentro de los cuarenta y cinco (45) días contados a partir del día siguiente de la notificación de la resolución que deje sin efecto el permiso de pesca correspondiente. En el caso, que la resolución administrativa que se pronuncie sobre la solicitud de autorización de incremento de flota quede consentida o agote la vía administrativa, desestimando la autorización solicitada, el armador deberá acreditar la destrucción o desguace de la embarcación sustituida".

Artículo 2°.- Adicionar un párrafo a los numerales 33.3 y 33.7 y modificar los numerales 33.6 y 33.8 del Artículo

ANEXO 02: D.S. N° 021-2009-VIVIENDA - Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario

DECRETO SUPREMO N° 021-2009-VIVIENDA

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 2° de la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, establece que es competencia del Ministerio, formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento, correspondiéndole por tanto dictar normas de alcance nacional y supervisar su cumplimiento;

Que, asimismo el literal a) del Artículo 8° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2002-VIVIENDA, establece que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento diseña, norma y ejecuta la política nacional y acciones del sector en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento;

Que, la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamientos, en adelante la Ley General, ha declarado que dichos servicios son de necesidad y utilidad pública y de preferente interés nacional, cuya finalidad es proteger la salud de la población y el ambiente;

Que, el Artículo 15° de la Ley General, establece que los usuarios de los servicios de saneamiento tienen la obligación de hacer uso adecuado de dichos servicios, no dañar la infraestructura correspondiente y cumplir con las normas que los Reglamentos de las entidades prestadoras establezcan; asimismo dispone que el daño o la deprecación de los equipos e instalaciones de los servicios de saneamiento; así como el uso indebido de los mismos serán sancionados en la forma que establezca el Reglamento de la Ley General y las disposiciones que para el efecto dicte la Superintendencia, sin perjuicio de la responsabilidad penal que tuviese el infractor.

Que, mediante Decreto Supremo N° 023-2005 VIVIENDA se aprobó el Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, en adelante el TUO del Reglamento;

Que, el literal g) del Artículo 56° del TUO del Reglamento establece como derecho de las EPS suspender el servicio de alcantarillado sanitario cuando las características de los efluentes industriales que se vierten en él, no cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad vigente, quedando la EPS facultada para cobrar por los gastos incurridos en la suspensión y reposición de dicho servicio; por otro lado el literal h) del mismo artículo dispone que en casos especiales las EPS pueden cobrar el costo adicional por las cargas en el sistema de alcantarillado que superen los límites establecidos por cada EPS en su Reglamento de Prestación de Servicios, indicando que dicho costo adicional será considerado como un servicio colateral;

Que, el tercer párrafo del Artículo 79° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, establece que corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado;

Que, las descargas de aguas residuales no domésticas en la red de alcantarillado sanitario contienen concentraciones elevadas de sustancias contaminantes o tóxicas que deben ser reguladas, controladas y fiscalizadas, a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos, disminuyendo los costos de su operación y mantenimiento, y evitando el deterioro de los procesos de tratamiento de las aguas residuales;

Que, por otro lado la presencia de sustancias nocivas en concentraciones elevadas en las aguas residuales que descargan a las redes de alcantarillado pone en peligro la salud de los seres humanos;

Que, es necesario regular las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, a fin de evitar el deterioro y asegurar el adecuado funcionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, garantizando la sostenibilidad del tratamiento de las aguas residuales, estableciendo y aprobando para este caso Valores Máximos Admisibles (VMA) en lugar de Límites Máximos Permisibles, pues estos últimos son parámetros de orden ambiental que se aplican a las descargas de efluentes en cuerpos receptores y tiene influencia en el ecosistema y el ambiente;

Que, en ese sentido resulta necesario modificar e incorporar las disposiciones pertinentes establecidas en el TUO del Reglamento de la Ley General a fin de concordar la nomenclatura y definición de los VMA;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del Artículo 118° de la Constitución Política del Perú, Leyes N° 26338, N° 27792, N° 29338, Decreto Supremo N° 023 2005-VIVIENDA y sus modificatorias, y demás normas pertinentes.

DECRETA:

Artículo 1°.- Finalidad, Ámbito de aplicación y obligatoriedad de la norma

La presente norma regula mediante Valores Máximos Admisibles (VMA) las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales.

Los Valores Máximos Admisibles (VMA) son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario; su cumplimiento es exigible por las entidades prestadoras de servicios de saneamiento - EPS, o las entidades que hagan sus veces.

Artículo 2°.- Aprobación de Valores Máximos Admisibles (VMA) para el sector saneamiento

Apruébese los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, establecidos en los Anexos N° 1 y N° 2 que forman parte integrante de la presente norma.

Los usuarios cuyas descargas sobrepasen los valores contenidos en el Anexo N° 1, deberán pagar la tarifa establecida por el ente competente, la cual es complementaria al reglamento de la presente norma, pudiéndose llegar en los casos que se establezca en el reglamento, incluso a la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario.

Los parámetros contenidos en el Anexo N° 2 no pueden ser sobrepasados. En caso se sobrepase dichos parámetros, el usuario será sujeto de suspensión del servicio.

Artículo 3°.- Definición de Valores Máximos Admisibles (VMA)

Entiéndase por Valores Máximos Admisibles (VMA) como aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

Artículo 4°.- Pago por exceso de concentración en la descarga de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario

Las EPS o las que hagan sus veces, podrán cobrar a los usuarios no domésticos el pago adicional, de acuerdo a la normatividad vigente, correspondiente al exceso de concentración de los parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de

Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Aceites y Grasas (AyG), medidos en la caja de registro de la red de alcantarillado o un dispositivo adecuado para este proceso, conforme al procedimiento que se establecerá en el Reglamento de la presente norma.

La metodología para la determinación de los pagos adicionales por exceso de concentración respecto de los valores máximos admisibles, será elaborada y aprobada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS, en un plazo no mayor de la fecha de entrada en vigencia del Reglamento de la presente norma. Dicha metodología deberá ser incorporada en el Reglamento de Prestación de Servicios correspondiente a cada EPS o las entidades que hagan sus veces.

Artículo 5º.- Suspensión del Servicio de Alcantarillado

Las EPS o las entidades que hagan sus veces se encuentran facultadas en virtud de la presente norma a imponer el cobro de tarifas aprobadas por la SUNASS e incluso disponer la suspensión del servicio de descargas al sistema de alcantarillado en los casos que se regulen en el reglamento y que deriven de la vulneración de los anexos N°1 y N°2.

Artículo 6º.- Caso fortuito o fuerza mayor

Cuando por caso fortuito o fuerza mayor el usuario no doméstico efectúe descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario superando los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecido en el Anexo N° 2 de la presente norma, las EPS o las entidades que hagan sus veces, evaluarán si procede exonerar temporalmente al usuario no doméstico de los alcances del artículo 5º, de acuerdo a lo establecido en el reglamento de la presente norma.

Artículo 7º.- Control de las aguas residuales no domésticas

El monitoreo de la concentración de parámetros de descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, estará a cargo de las EPS o las entidades que hagan sus veces, contando para ello con la participación de laboratorios debidamente acreditados ante INDECOPI. Los pagos deberán ser asumidos por el usuario no doméstico de acuerdo al procedimiento que el ente competente establecerá concordante con la presente norma. La recolección de las muestras será realizada de manera inopinada, conforme al procedimiento establecido en el reglamento de la presente norma.

Artículo 8º.- Actualización de los VMA

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento se encuentra autorizado a modificar los Valores Máximos Admisibles a través de una Resolución Ministerial. Para tal efecto, la Dirección Nacional de Saneamiento, evaluará y, de ser el caso, sustentará la modificación y actualización de los parámetros de los Valores Máximos Admisibles, señalados en los Anexos N° 1 y N° 2, previo análisis y estudio efectuado por las EPS o las entidades que hagan sus veces, de acuerdo a la caracterización del tipo de descarga no doméstica vertida a los sistemas de alcantarillado.

Artículo 9º.- Prohibiciones

Queda totalmente prohibido descargar directa o indirectamente a los sistemas de alcantarillado aguas residuales o cualquier otro tipo de residuos sólidos, líquidos o gaseosos que en razón de su naturaleza, propiedades y cantidad causen por sí solos o por interacción con otras descargas algún tipo de daño, peligro e inconveniente en las instalaciones de los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales según lo indicado en el Reglamento de la presente norma.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

PRIMERA.- La presente norma entrará en vigencia conjuntamente con la aprobación de su Reglamento, el cual será elaborado por el Ministerio de Vivienda,

Construcción y Saneamiento en un plazo máximo de trescientos sesenta y cinco (365) días calendario, contados a partir de la publicación de la presente en el Diario Oficial El Peruano.

SEGUNDA.- Los usuarios que a la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, se encuentren efectuando descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, deberán adecuar sus descargas a las disposiciones establecidas en la presente norma, en un plazo no mayor de cinco (05) años.

En el caso de nuevos usuarios del sistema de alcantarillado sanitario las disposiciones de la presente norma serán de aplicación inmediata.

TERCERA.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, mediante Resolución Ministerial, aprobará las normas complementarias que sean necesarias, para la aplicación e implementación del presente Decreto Supremo.

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

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS MODIFICATORIAS

ÚNICA.- Modifíquense los literales g) y h) del Artículo 56º del Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA y sus modificatorias, con el texto siguiente:

Artículo 56º.- Son derechos de la EPS:
(...)

g) Suspender el servicio de alcantarillado sanitario cuando las características de los efluentes no domésticos que se vierten en él, no cumplan con los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos en la normatividad vigente. Las EPS o las entidades que hagan sus veces, quedan facultadas para cobrar por los gastos incurridos en la suspensión y reposición de dicho servicio.

h) Cobrar el costo adicional por las cargas contaminantes descargados en el sistema de alcantarillado que superen los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos por la normatividad vigente. Dicho pago adicional será incorporado en el Reglamento de Prestación de Servicios de cada EPS o las entidades que hagan sus veces.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS DEROGATORIAS

ÚNICA.- Deróguese todas las normas que se opongan al presente Decreto Supremo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima a los diecinueve días del mes de noviembre del año dos mil nueve.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO N° 01

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y grasas	mg/L	A y G	100

ANEXO N° 02

Valores Máximos Admisibles (1)

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr ⁶	0.5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Níquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ²	500
Sulfuros	mg/L	S ²	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH ⁴	80
pH (2)	unidad	pH	6-9
Sólidos Sedimentables (2)	MI/L/h	S.S.	8.5
Temperatura(2)	°C	T	<35

- (1) La aplicación de estos parámetros a cada actividad económica por procesos productivos, será precisada en el reglamento de la presente norma tomando como referencia el código CIIU. Aquellas actividades que no estén incluidas en este código, deberán cumplir con los parámetros indicados en el presente Anexo.
- (2) Estos parámetros, serán tomadas de muestras puntuales. El valor de los demás parámetros, serán determinados a partir del análisis de una muestra compuesta.

ANEXO 03: D.S. N° 023-2009-MINAM - Aprueban Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.



Decreto Supremo

N° 023-2009-MINAM

APRUEBAN DISPOSICIONES PARA LA IMPLEMENTACION DE LOS ESTANDARES NACIONALES DE CAUDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA

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, entre otras, las normas 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 1° del artículo 31° de la Ley General del Ambiente, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente;

Que, asimismo, el numeral 4) del artículo 33° de la Ley General del Ambiente 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 aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal e) 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, aprobar los lineamientos, las metodologías, los procesos y los planes para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), en los diversos niveles de gobierno;

Que, el artículo 79° de la Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos, establece que la Autoridad Nacional del Agua autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las autoridades ambiental y de salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, se aprobaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, estableciéndose en su

única Disposición Complementaria Transitoria, que el Ministerio del Ambiente -MINAM, dictará las normas para su implementación;

Que, el Ministerio del Ambiente ha elaborado el proyecto de Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, el cual fue sometido a consulta pública mediante publicación efectuada en el Diario Oficial El Peruano, habiéndose recibido comentarios y observaciones que han sido debidamente meritados;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611- Ley General del Ambiente, Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos, el Decreto Legislativo N° 1013 y el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM;

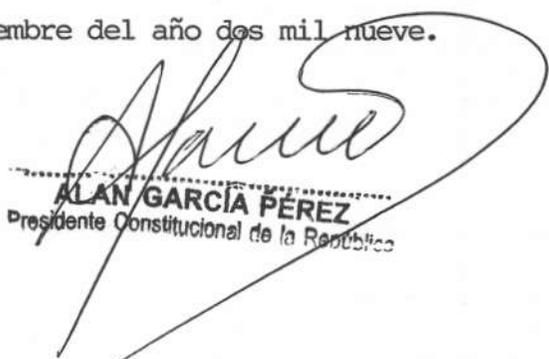
En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3) del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°.- Apruébense las disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, las cuales constan de once (11) artículos y dos (02) disposiciones transitorias.

Artículo 2°.- El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciocho días del mes de diciembre del año dos mil nueve.


ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República


MANUELA GARCÍA COCHAGNE
Ministra de Trabajo y Promoción del Empleo

Encargada del Despacho del
Ministerio del Ambiente

DISPOSICIONES PARA LA IMPLEMENTACION DE LOS ESTANDARES NACIONALES DE CAUDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA

Artículo 1°.- Objetivo

Aprobar las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Artículo 2°.- Precisiones de las Categorías de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) para Agua

Para la implementación del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y de la presente norma, se deberán tener en consideración las siguientes precisiones de las Categorías de los ECA para Agua:

a. Categoría 1. Poblacional y Recreacional

i. Sub Categoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

- **A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.**
Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con desinfección, de conformidad con la normativa vigente.
- **A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.**
Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con tratamiento convencional, que puede estar conformado para los siguientes procesos: decantación, coagulación, floculación, sedimentación, y/o filtración, o métodos equivalentes; además de la desinfección de conformidad con lo señalado en la normativa vigente.
- **A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado**
Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano que incluya tratamiento físico y químico avanzado como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o método equivalente; que sea establecido por el Sector competente.

ii. Sub Categoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación

- **B1. Contacto primario:** Aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, incluyen actividades como natación, esquí acuático, buceo libre, surf, canotaje, navegación en tabla a vela, mota acuática, pesca submarina, o similares.
- **B2. Contacto secundario:** Aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, como deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

b. Categoría 2. Actividades Marino Costeras.

i. Sub Categoría C1: Extracción y cultivo de moluscos bivalvos:

Entiéndase a las aguas donde se extraen o cultivan los moluscos bivalvos, definiéndose por moluscos bivalvos a los lamelibranquios que se alimentan por filtración, tales como ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones y similares; se incluyen a los gasterópodos (ej. caracol, lapa), equinodermos (estrella de mar) y tunicados.

ii. Sub Categoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas

Entiéndase a las aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto; comprende a los peces y las algas comestibles.

iii. Sub Categoría C3. Otras actividades

Entiéndase a las aguas destinadas para actividades diferentes a las precisadas en las subcategorías C1 y C2, tales como tránsito comercial marítimo, infraestructura marina portuaria y de actividades industriales.

c. Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales.

i. Vegetales de tallo bajo

Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo; que usualmente tienen un sistema radicular difuso o fibroso y poco profundo. Ejemplos: ajo, lechuga, fresa, col, repollo, apio, arvejas y similares.

ii. Vegetales de tallo alto

Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, de porte arbustivo o arbóreo, que tienen una mayor longitud de tallo. Ejemplos: árboles forestales, árboles frutales, entre otros.

iii. Bebida de animales

Entiéndase como aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, ovino, porcino, equino o camélido, y para animales menores como ganado caprino, cuyes, aves y conejos.

d. Categoría 4. Conservación del ambiente acuático.

Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales, cuyas características requieren ser preservadas por formar parte de ecosistemas frágiles o áreas naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento.

i. Lagunas y lagos

Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua, corresponde a aguas en estado léntico, incluyendo humedales.

ii. Ríos

Incluyen todas las aguas que se mueven continuamente en una misma dirección. Existe por consiguiente un movimiento definido y de avance irreversible; corresponde a aguas en estado lótico.

• **Ríos de la costa y sierra**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes.

• **Ríos de la selva**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes; en las zonas meándricas.

iii. Ecosistemas marino costeros.

- **Estuarios**

Entiéndase como zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos, hasta el límite superior del nivel de marea; incluye marismas y manglares.

- **Marinos.**

Entiéndase como zona del mar, comprendida desde los 500 m de la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precísese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas; y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 3.- De la asignación de categorías para los cuerpos de agua.

A efectos de asignar la categoría a los cuerpos de agua respecto a su calidad, la Autoridad Nacional del Agua deberá considerar lo siguiente:

- 3.1 Utilizar las categorías establecidas en los ECA para Agua vigentes.
- 3.2 En el caso de identificarse dos o más categorías que coexistan en una zona determinada de un mismo cuerpo de agua, la Autoridad Nacional del Agua definirá la categoría, priorizando la protección de la salud humana.
- 3.3 Para aquellos cuerpos de agua que no se les haya asignado categoría de acuerdo a su calidad, se considerará transitoriamente la categoría del recurso hídrico al que tributan.

Artículo 4°.- Implementación del ECA para AGUA en zonas intangibles para vertimientos de efluentes

En aquellos cuerpos de agua considerados como zona intangible para vertimientos de efluentes, la Autoridad Nacional del Agua deberá adoptar las medidas de control y vigilancia necesarias para preservar o recuperar la calidad ambiental del agua, para lo cual deberá considerar el ECA para Agua correspondiente a la categoría asignada al cuerpo de agua respectivo.

Artículo 5°.- Implementación del ECA para Agua y la Zona de Mezcla

En aquellos cuerpos de agua utilizados para recibir vertimientos de efluentes, la Autoridad Nacional del Agua deberá verificar el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, considerando como referente la categoría asignada para el cuerpo de agua. La metodología y aspectos para la definición de la zona de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua en coordinación con el Ministerio del Ambiente y con la participación de la autoridad ambiental del sector correspondiente.

Artículo 6°.- Metodologías y Criterios para el Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Corresponde a la autoridad competente establecer el protocolo de monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua en coordinación con el MINAM y con la participación de los sectores a fin de estandarizar los procedimientos y metodologías para la aplicación de los ECA para Agua. Para el monitoreo de la calidad ambiental para agua, se considerarán los siguientes criterios sin ser excluyentes:

- Metodologías estandarizadas para la toma de muestras, acondicionamiento y su transporte para el análisis.
- Metodologías estandarizadas para la ubicación de las estaciones de monitoreo y características de su ejecución como por ejemplo, su frecuencia.
- Metodologías de Análisis de Muestras o Ensayos estandarizados internacionalmente realizados por laboratorios acreditados.
- Homologación de Equipos para las Mediciones de Parámetros de lectura directa en Campo.

Artículo 7°.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares Nacional de Calidad Ambiental para Agua

Se encuentran exceptuados de la aplicación de determinados ECA para Agua, aquellos cuerpos de agua, que por sus condiciones naturales presenten parámetros en concentraciones superiores a los ECA para Agua señalados, en tanto se mantenga lo siguiente:

- a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que contienen determinados cuerpos de aguas continentales y superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad de las aguas naturales, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.
- b) La ocurrencia de fenómenos naturales extremos, como el Fenómeno El Niño, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías), de sustancias o elementos que componen el cuerpo de agua. Estas condiciones serán debidamente reportadas con el sustento técnico proporcionado por las entidades públicas especializadas. La ocurrencia de fenómenos bioquímicos ocasionados por un desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento explosivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto se deberá demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes.
- c) Otras condiciones, debidamente comprobadas mediante estudios especializados o reportes actualizados elaborados por las entidades públicas especializadas en la materia.

Los recursos hídricos considerados de excepción para la aplicación de los ECA Agua, serán reportados por la Autoridad Nacional del Agua con el debido sustento al Ministerio del Ambiente.

Artículo 8°.- De los instrumentos de gestión ambiental y del Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua

- 8.1 A partir del 01 de abril del 2010, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua a que se refiere el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, son referente obligatorio para el otorgamiento de las Autorizaciones de Vertimientos.
- 8.2 Para los otros instrumentos de gestión ambiental, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua son referente obligatorio en su diseño y aplicación, a partir de la vigencia del presente decreto supremo.
- 8.3 Para la evaluación y aprobación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes deberán considerar y/o verificar el cumplimiento de los ECA para Agua vigentes asociado prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

- 8.4 Los Titulares de las actividades que cuenten, con instrumentos de gestión ambiental aprobados por la autoridad competente, los cuales hayan tomado como referencia los valores límite establecidos en el Reglamento de la Ley N° 17752, Ley General de Aguas, aprobado por Decreto Supremo N° 007-83-SA, deberán actualizar sus Planes de Manejo Ambiental, en concordancia con el ECA para Agua, en un plazo no mayor de un (01) año, contados a partir de la publicación de la presente norma. Dichos Planes deberán ser aprobados por la autoridad competente y el plazo para la implementación de las medidas contenidas en el plan de manejo ambiental no deberá ser mayor a cinco (05) años a partir de su aprobación.
- 8.5 En caso que, la calidad ambiental de un cuerpo de agua supere uno o más parámetros de los ECA para agua, la autoridad competente sólo aprobará los instrumentos de gestión ambiental de los proyectos que se desarrollen en dicha cuenca o zona marino costera, cuando se aseguren que el vertimiento, no contenga los referidos parámetros del ECA superado.
- 8.6 En el caso que los cuerpos de agua superen los ECA para Agua se iniciarán procesos para el desarrollo de sus respectivos Planes de Descontaminación y Rehabilitación de la Calidad del Agua sobre la base de los criterios y procedimientos que el MINAM establecerá para tal fin, como lo define la Ley General del Ambiente y la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

Artículo 9°.- Sistematización de la información

Las autoridades con competencia ambiental en los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión o fiscalización ambiental remitirán al MINAM, la información referida a la calidad de las aguas que generen en el desarrollo de sus actividades, con una periodicidad anual y hasta el día 31 de marzo de cada año, a fin de ser integrada al Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) y formara parte del Informe Nacional del Estado del Ambiente. El MINAM elaborará los formatos para la remisión de la información.

Artículo 10°.- Revisión de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

El MINAM establecerá los procesos, metodologías, lineamientos y planes necesarios para la revisión de los ECA para Agua, según corresponda; considerando las evidencias técnicas, los resultados de vigilancia, control y monitoreo de la calidad ambiental del agua, entre otros. Dicha acción se realizará de manera permanente y cuando el caso lo amerite.

Artículo 11°.- Fiscalización y Sanción

El incumplimiento de las disposiciones establecidas en la presente norma será materia de sanción por la autoridad competente.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y COMPLEMENTARIAS

PRIMERA.- En un plazo no mayor de 02 años a partir de la aprobación del Reglamento de Protección Ambiental del sector saneamiento, los prestadores de servicios de dicho sector con actividades en curso, que no cuenten con instrumentos de gestión ambiental, deberán presentar al sector correspondiente su Plan de Manejo Ambiental, considerando el cumplimiento de los ECA para Agua para su aprobación respectiva. La aprobación de

dicho Reglamento será en un plazo no mayor de 06 meses, a partir de la aprobación de la presente norma.

SEGUNDA.- En tanto la Autoridad Nacional del Agua no apruebe el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Agua, se utilizarán las normas vigentes sobre la materia; y de manera complementaria los lineamientos que el Ministerio del Ambiente establezca para tal fin en coordinación con la Autoridad Nacional del Agua.

di

IC

DL

ANEXO 04: D.S. N° 003-2010-MINAM - Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.



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

Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será refrendada 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.

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 - INDECOPÍ.

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	de mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	de mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	en 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 N° 036-2010-MINAM

Lima, 16 de marzo de 2010

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Legislativo N° 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 N° 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 2° de la Constitución Política del Perú;

Que, el artículo 3° 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 5° de la mencionada Ley, las Entidades Públicas deben identificar al funcionario responsable de la elaboración de los Portales de Internet;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 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 N° 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 N° 043-2003-PCM; y el Decreto Supremo N° 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 N° 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 05: D.S. N° 003-2011-VIVIENDA – Reglamento del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, que Aprueba Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.



VIVIENDA

Reglamento del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, que aprueba los Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el Sistema de Alcantarillado Sanitario

DECRETO SUPREMO
N° 003-2011-VIVIENDA

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 2 de la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, establece que es competencia del Ministerio, formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento, correspondiéndole por tanto dictar normas de alcance nacional y supervisar su cumplimiento;

Que, mediante Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, se aprobaron los Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales;

Que, la Primera Disposición Complementaria Final del citado Decreto Supremo, dispuso que dicha norma entrará en vigencia conjuntamente con la aprobación de su Reglamento, el cual será elaborado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en un plazo máximo de trescientos sesenta y cinco (365) días calendario; plazo que posteriormente fue ampliado en ciento ochenta (180) días calendario adicionales, por Decreto Supremo N° 014-2010-VIVIENDA;

Que, en ese sentido resulta necesario aprobar el Reglamento del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, a fin de establecer los procedimientos para controlar las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario;

De conformidad con lo dispuesto por el numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, por el numeral 3) del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, la Ley N° 27792, Ley de

Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2002-VIVIENDA;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación

Aprobar el Reglamento del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, el cual consta de seis (06) títulos, treinta y tres (33) artículos, cinco (05) disposiciones complementarias finales, una (01) disposición complementaria transitoria y dos (02) anexos, que forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Publicación

Disponer la publicación del presente Decreto Supremo, del Reglamento y sus anexos a que se refiere el artículo 1 de la presente norma, en el Portal Electrónico del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Artículo 3.- Refrendo

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

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintidós días del mes de mayo del año dos mil once.

ALAN GARCÍA PÉREZ
 Presidente Constitucional de la República

JUAN SARMIENTO SOTO
 Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

REGLAMENTO DEL DECRETO SUPREMO N° 021-2009-VIVIENDA QUE APRUEBA LOS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Del objeto

El presente Reglamento tiene por objeto regular los procedimientos para controlar las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

Artículo 2.- Del ámbito de aplicación

El presente Reglamento es de obligatorio cumplimiento para los usuarios no domésticos que efectúan descargas de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario bajo el ámbito de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento o las entidades que hagan sus veces en el ámbito nacional.

Artículo 3.- De la mención a referencias

Cualquier mención en el presente Reglamento a:

- "Ley General" se entenderá que está referida a la "Ley General de Servicios de Saneamiento".
- "T.U.O. del Reglamento" se entenderá que está referida al "Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA".
- "Reglamento" se entenderá que está referida al presente Reglamento.
- "VMA" se entenderá que está referida a "Valores Máximos Admisibles".
- "CIU" se entenderá que está referida a "Clasificación Internacional Industrial Uniforme".
- "MVCS" se entenderá que está referida al "Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento".
- "SUNASS" se entenderá que está referida a la "Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento".
- "INDECOP" se entenderá que está referida al "Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual".

- "EPS" se entenderá que está referida a la "Entidad Prestadora de Servicios".
- "PES" se entenderá que está referida a la "Pequeña Empresa de Saneamiento".

Artículo 4.- De las definiciones

Para efectos del presente Reglamento se entiende por:

1) Aceites y grasas: Son sustancias insolubles en agua y en líquidos menos densas que ella y solubles con disolventes orgánicos tales como nafta, éter, benceno y cloroformo, permaneciendo en la superficie de las aguas residuales dando lugar a la aparición de natas y/o espumas.

2) Agua residual no doméstica: Descarga de líquidos producidos por alguna actividad económica comercial e industrial, distintos a los generados como producto de la preparación de alimentos, del aseo personal y de desechos fisiológicos.

3) Caso fortuito: Situación que consiste en un evento extraordinario, imprevisible e irresistible, resultado de las acciones de terceros que afectan el normal desarrollo del servicio de saneamiento.

4) Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIU): Es la clasificación internacional de referencia de las actividades económicas productivas, para facilitar un conjunto de categorías de actividad que pueda utilizarse para la elaboración de estadísticas por actividades.

5) Contramuestra: Es una muestra adicional que se toma en la misma oportunidad, bajo los mismos criterios que la muestra a ser analizada.

6) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C).

7) Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es la medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

8) Entidad Prestadora de Servicios: La EPS pública, municipal, privada o mixta, constituida con el exclusivo propósito de brindar servicios de saneamiento en el ámbito urbano.

9) Pequeña Empresa de Saneamiento: Las PES municipal, privada o mixta, constituida con el exclusivo propósito de brindar servicios de saneamiento en el ámbito urbano.

10) Entidad que haga sus veces: La Pequeña Empresa de Saneamiento, el Operador Especializado, la Organización Comunal o la Unidad de Gestión.

11) Fuerza mayor: Situación consistente en un evento extraordinario, imprevisible e irresistible, debido a hechos de la naturaleza.

12) Laboratorio acreditado: Es el laboratorio que ha obtenido el Certificado de Acreditación otorgado por el INDECOP, para realizar análisis y toma de muestras relacionadas a los VMA aprobados por el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

13) Muestra compuesta: Es la combinación de alícuotas de muestras individuales (normalmente en 24 horas) cuyo volumen parcial se determina en proporción al caudal del agua residual al momento de cada muestreo.

14) Muestra de parte: Muestra realizada, por cuenta y riesgo del Usuario No Doméstico, sin previo requerimiento, de forma voluntaria y bajo los procedimientos, criterios y disposiciones establecidos por el organismo competente.

15) Muestra dirimente: Muestra que se toma en la misma oportunidad que la muestra original a ser analizada y que la contramuestra, bajo los mismos criterios, para analizar y/o compararla en el caso que existan eventuales reclamos sobre la validez de los resultados de la muestra, de acuerdo a lo dispuesto en el procedimiento de resolución de quejas establecido por el INDECOP.

16) Muestra inopinada: Muestra que será tomada por un laboratorio acreditado ante el INDECOP, a solicitud de la EPS o la entidad que haga sus veces y en presencia de un representante de ésta, sin previo aviso al Usuario No Doméstico.

17) Muestra puntual: Muestra tomada al azar en una hora determinada. Su uso es obligatorio para el examen de un parámetro que normalmente no puede preservarse.

18) Pago adicional por exceso de concentración:

Es el pago que deberá ser empleado por las EPS o las entidades que hagan sus veces, que será aplicado a los Usuarios No Domésticos cuando superen los VMA establecidos en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, en base a la metodología aprobada por la SUNASS.

19) Prestador de servicios: La EPS, PES, Operador Especializado, Unidad de Gestión y la Organización Comunal, que tenga a su cargo la prestación de los servicios de saneamiento.

20) Reclamo: Derecho de contradicción que goza todo Usuario No Doméstico, cuando surge una controversia entre éste y la EPS o la entidad que haga sus veces, respecto de la aplicación del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, su Reglamento y/o sus normas conexas.

21) Registro de usuarios no domésticos: Base de datos de las EPS o las entidades que hagan sus veces, donde se identifican y clasifican a los usuarios del servicio de alcantarillado sanitario que descargan aguas residuales no domésticas y los resultados de la caracterización de dichas descargas.

22) Sanciones: Mecanismos que pueden implementar las EPS o las entidades que hagan sus veces, cuando el Usuario No Doméstico incumple alguna disposición indicada en el presente Reglamento.

23) Sólidos Suspendidos Totales (SST): Son partículas orgánicas o inorgánicas que son retenidos por una fibra de vidrio que posteriormente es secada a una determinada temperatura.

24) Usuario No Doméstico: Es la persona natural o jurídica que realiza descarga de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario.

TÍTULO II

OBLIGACIONES Y DERECHOS DE LOS USUARIOS NO DOMÉSTICOS QUE HACEN USO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Capítulo I

Obligaciones de los Usuarios No Domésticos

Artículo 5.- De las obligaciones

Los Usuarios No Domésticos que descargan aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario, están obligados a:

a) Presentar anualmente la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico, a la EPS o la entidad que haga sus veces, en aplicación de la Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

b) Implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales, cuando sus descargas excedan o puedan exceder los VMA establecidos en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

c) Efectuar el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros fijados en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, de acuerdo a la metodología establecida por la SUNASS. Para el caso de prestadores de servicios de saneamiento distintos al de las EPS o PES, se podrá tomar como referencia la metodología aprobada por la SUNASS, para su aplicación en el ámbito de su competencia.

d) Pagar el importe correspondiente a la toma de muestra inopinada, análisis y cualquier otro gasto relacionado a la labor realizada por el laboratorio acreditado ante el INDECOPI, siempre que el valor del parámetro analizado sobrepase los VMA; en caso de no sobrepasar los VMA el importe será asumido por la EPS o la entidad que haga sus veces.

e) Informar a la EPS o la entidad que haga sus veces, cuando la descarga de sus aguas residuales no domésticas presenten alguna modificación derivada de la ampliación o variación de las actividades que realiza el Usuario No Doméstico, dentro de un plazo que no deberá exceder los quince (15) días hábiles a partir de la ampliación o variación de sus actividades.

f) Brindar todas las facilidades, accesos e ingresos necesarios para que, en la oportunidad debida, el personal de la EPS o la entidad que haga sus veces y el laboratorio acreditado ante el INDECOPI, efectúe la toma de muestra inopinada.

g) Implementar el mecanismo o dispositivo especial para la toma de muestra inopinada, cuyo costo será asumido por el Usuario No Doméstico.

h) Asumir los costos asociados al incumplimiento, procesos y otras actividades adicionales que estén relacionadas con la implementación de los VMA, de acuerdo al procedimiento establecido por la SUNASS para el caso de las EPS y PES, y para las demás entidades que hagan sus veces, se tomará como base el procedimiento desarrollado por la SUNASS.

i) Los Usuarios No Domésticos cuyas actividades estén clasificadas según el CIU, deberán declarar, reportar y cumplir con las obligaciones que se establecen en el presente Reglamento, en función de los parámetros que para dichas actividades se establecen en el referido código. Aquellas actividades que no estén incluidas en el CIU, deberán cumplir con los parámetros establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

j) Cumplir con las demás disposiciones que se emitan para la regulación de la aplicación de los VMA.

Capítulo II

Derechos de los Usuarios No Domésticos

Artículo 6.- De los derechos

Los Usuarios No Domésticos que descargan aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario, tienen derecho a:

a) Recibir información sobre la normatividad, las modificaciones y actualizaciones respecto a los VMA.

b) A solicitar, de conformidad al artículo 6 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, la exoneración del pago adicional por exceso de concentración de los parámetros o suspensión del servicio de alcantarillado sanitario, cuando por caso fortuito o fuerza mayor se haya excedido los VMA, de acuerdo con el procedimiento establecido en el artículo 33 del presente Reglamento.

c) Presenciar la toma de muestra inopinada, a participar de dicho acto y a suscribir el Acta de Toma de Muestra Inopinada, cuyo contenido será como mínimo el establecido en el Anexo II del presente Reglamento.

d) Solicitar directamente a cualquier laboratorio acreditado ante el INDECOPI, la toma de muestra de parte y los análisis de sus descargas.

e) Presentar reclamos, si consideran que ha sido vulnerado alguno de sus derechos, de acuerdo a los procedimientos que para tal fin se establezcan.

TÍTULO III

OBLIGACIONES Y DERECHOS DE LAS EPS O LAS ENTIDADES QUE HACAN SUS VECES

Capítulo I

Obligaciones de las EPS o las entidades que hagan sus veces

Artículo 7.- De las obligaciones

Las EPS o las entidades que hagan sus veces están obligadas a:

a) Solicitar al Usuario No Doméstico la presentación anual de la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico conforme al Anexo I del presente Reglamento, según lo establecido en la Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

b) Registrar al Usuario No Doméstico una vez revisada y evaluada la Declaración Jurada de Usuarios No Domésticos, conforme al procedimiento establecido en el artículo 17 del presente Reglamento.

c) Emitir pronunciamiento, previa evaluación de la información presentada, y asignar un Código de Usuario No Doméstico.

d) Pagar el importe correspondiente a la toma de muestra inopinada, análisis y cualquier otro gasto relacionado a la labor realizada por el laboratorio acreditado ante el INDECOPI, siempre que el valor del parámetro analizado no sobrepase los VMA; en caso de sobrepasar los VMA el importe será asumido por el Usuario No Doméstico.

e) Solicitar al Usuario No Doméstico el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros por

sobrepasar los VMA fijados en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, de acuerdo a la metodología establecida por la SUNASS. Para el caso de prestadores de servicios de saneamiento distintos a las EPS y PES, se podrá tomar como referencia la metodología aprobada por la SUNASS, para su aplicación en el ámbito de su competencia.

f) Reponer el servicio de alcantarillado sanitario previa verificación del cumplimiento de los parámetros establecidos en el Anexo N° 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

g) Suspender el cobro del pago adicional por exceso de concentración al Usuario No Doméstico, previa verificación del cumplimiento de los parámetros del Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

h) Comunicar a los Usuarios No Domésticos sobre la normatividad, las modificaciones y actualizaciones respecto a los VMA.

i) En caso fortuito o fuerza mayor, evaluar si temporalmente procede exonerar al Usuario No Doméstico del pago adicional por exceso de concentración de parámetros o de la suspensión del servicio de descargas al sistema de alcantarillado.

j) Cobrar a los Usuarios No Domésticos el pago adicional por exceso de concentración, de acuerdo a la metodología establecida por la SUNASS, según lo dispone el artículo 4 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA. En el caso de los prestadores de servicios distintos a las EPS y PES, cobrarán a los Usuarios No Domésticos un pago adicional por exceso de concentración correspondiente por los VMA que sean excedidos de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, tomando como base la metodología establecida por la SUNASS.

k) Cumplir con las demás disposiciones que se emitan para regular la aplicación de los VMA.

Capítulo II

Derechos de las EPS o las entidades que hagan sus veces

Artículo 8.- De los derechos

Las EPS o las entidades que hagan sus veces tienen derecho a:

a) Solicitar al laboratorio acreditado ante el INDECOPI que efectúe la Toma de Muestra Inopinada a las descargas del Usuario No Doméstico que, según su criterio, amerite la revisión de uno o más VMA contenidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

b) Realizar el estudio para caracterizar el tipo de descarga no doméstica a fin de proponer su evaluación al MVCS, y de ser el caso, modificar y/o actualizar los parámetros contenidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

TÍTULO IV

VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES

Capítulo I

De las Descargas

Artículo 9.- De las descargas permitidas

Se permitirá la descarga directa de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, sin pago o sanción alguna, siempre que no se excedan los VMA establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

La EPS o la entidad que haga sus veces, en cumplimiento del artículo 7 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, verificará el cumplimiento de los parámetros establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del mencionado Decreto Supremo.

Artículo 10.- De las descargas no permitidas

No está permitido descargar aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario, que sobrepasen los VMA establecidos en el Anexo N° 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

En cumplimiento del artículo 9 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, concordante con el literal i) del artículo 72 del T.U.O. del Reglamento, no está permitido descargar, verter, arrojar o introducir bajo cualquier

modalidad al sistema de alcantarillado sanitario, elementos tales como:

a) Residuos sólidos, líquidos o gaseosos que, en razón a su naturaleza, propiedades y cantidad, causen o puedan causar por sí solos o por interacción con otros, algún tipo de daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos del sistema de alcantarillado sanitario y de tratamiento de aguas residuales.

b) Material orgánico de cualquier tipo y estado.

c) Mezclas inflamables, radioactivas, explosivas, corrosivas, tóxicas y/o venenosas, que impidan o dificulten el acceso o la labor de los equipos y/o personal encargado de las EPS o las entidades que hagan sus veces, de la operación y mantenimiento de las instalaciones y que puedan provocar daño al sistema de alcantarillado sanitario.

d) Aquellas descargas que puedan causar obstrucciones físicas, interferencias, perturbaciones, sedimentos y/o incrustaciones que dificulten el libre flujo de las aguas residuales no domésticas, a través del sistema de alcantarillado sanitario.

e) Residuos sólidos o viscosos, capaces de obstruir el libre flujo de las aguas residuales en los colectores y obstaculicen los trabajos de operación, mantenimiento y limpieza del sistema de alcantarillado sanitario.

f) Gases procedentes de escapes de motores de cualquier tipo.

g) Disolventes orgánicos y pinturas, cualquiera sea su proporción y cantidad.

h) Carburo cálcico y otras sustancias sólidas potencialmente peligrosas, tales como hidruros, peróxidos, cloratos, percloratos, bromatos y sus derivados.

i) Hidrocarburos y sus derivados.

j) Materias colorantes.

k) Agua salobre.

l) Residuos que generen gases nocivos.

Capítulo II

Del Pago Adicional

Artículo 11.- Del pago adicional por exceso de concentración

La EPS y la PES cobrarán a los Usuarios No Domésticos el pago adicional por exceso de concentración cuando haya verificado excesos de los VMA establecidos en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, de acuerdo a la metodología establecida por la SUNASS.

Los prestadores de servicios distintos a las EPS y PES, cobrarán a los Usuarios No Domésticos un pago adicional por exceso de concentración correspondiente por los VMA que sean excedidos de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, tomando como base la metodología establecida por la SUNASS.

Artículo 12.- De la oportunidad del cobro

Cuando la EPS y la PES hayan verificado que se ha excedido uno o más de los VMA establecidos en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, aplicará lo dispuesto por la SUNASS. Para ello, emitirá el recibo que será remitido al Usuario No Doméstico junto con el costo de los análisis, la toma de muestra inopinada y cualquier otro costo relacionado a la labor del laboratorio acreditado ante el INDECOPI.

La SUNASS emitirá las normas correspondientes para tal efecto, debiendo precisar los temas referidos a fechas de pago, conceptos facturables, falta de entrega de recibo, entre otros.

Los prestadores de servicios distintos a las EPS y PES, tomarán como referencia lo dispuesto por la SUNASS para este caso.

Capítulo III

Inspección y Control

Artículo 13.- De la inspección y control

La inspección y control que efectuará la EPS o la entidad que haga sus veces, sin ser limitativo, consistirá en:

a) Revisión y verificación de la ubicación, acceso y características técnicas de la caja de registro de la red de alcantarillado sanitario o el dispositivo adecuado donde se tomará la muestra correspondiente.

b) Toma de muestra y análisis por un laboratorio acreditado ante el INDECOPI.

c) Levantamiento del Acta de Toma de Muestra Inopinada, de ser el caso.

d) Aplicación de sanciones.

Artículo 14.- De los laboratorios acreditados

Conforme a lo dispuesto en el artículo 7 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, sólo los laboratorios acreditados ante el INDECOPI efectuarán la toma de muestra y el análisis, a fin de verificar el cumplimiento de los VMA establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

Los laboratorios deberán encontrarse acreditados ante el INDECOPI para la toma de muestra, así como para la recolección, custodia y efectuar los análisis de la misma, de acuerdo a lo regulado por el Servicio Nacional de Acreditación del INDECOPI.

Artículo 15.- De la toma de muestra

El laboratorio acreditado ante el INDECOPI, tomará la muestra de la descarga de agua residual no doméstica cumpliendo las normas y protocolos técnicos aprobados por la mencionada entidad.

Capítulo IV

Registro de Usuarios No Domésticos

Artículo 16.- De los requisitos para registrarse

Los documentos que debe presentar el Usuario No Doméstico para su registro ante la EPS o la entidad que haga sus veces, son los siguientes:

a) Declaración Jurada de Usuario No Doméstico, de acuerdo al Anexo I del presente Reglamento.

b) Copia legalizada de la licencia de funcionamiento vigente.

c) Copia legalizada de la vigencia de poder del representante legal.

d) Ficha Registro Único de Contribuyente -Acreditación del Inicio de Actividades.

e) Copia de la Factibilidad de Servicios otorgado por la EPS o autorización de conexión del servicio de agua y saneamiento emitido por un prestador distinto de la EPS.

Artículo 17.- Del procedimiento para registro y/o actualización

17.1 Los Usuarios No Domésticos presentarán a la EPS o a la entidad que haga sus veces, los requisitos establecidos en el artículo 16 del presente Reglamento, en un plazo que no podrá exceder los treinta (30) días hábiles, contados a partir del requerimiento efectuado por la EPS o la entidad que haga sus veces.

17.2 Cuando la EPS o la entidad que haga sus veces, solicite por primera vez al Usuario No Doméstico la presentación de la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico establecida en el Anexo I del presente Reglamento, ésta deberá contener todos los parámetros establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA. Para las posteriores presentaciones de la citada Declaración Jurada, el Usuario No Doméstico presentará los parámetros solicitados por la EPS o la entidad que haga sus veces, de acuerdo a la actividad económica que por procesos productivos realice conforme al CIU.

17.3 La EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a revisar y/o verificar, la documentación requerida en el artículo 16 del presente Reglamento y el cumplimiento de presentación de todos los parámetros de los VMA, de ser el caso, en un plazo que no podrá exceder los quince (15) días hábiles de recibida la documentación.

17.4 De encontrarse observaciones a la documentación y al cumplimiento de presentación de todos los parámetros de los VMA, la EPS o la entidad que haga sus veces, comunicará al Usuario No Doméstico dicha situación,

a fin de que proceda a subsanarla en un plazo que no excederá de diez (10) días hábiles.

17.5 Una vez subsanadas las observaciones señaladas en el numeral 17.4 del presente artículo, la EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a evaluar la documentación y el cumplimiento de presentación de todos los parámetros de los VMA, de ser el caso, presentados por el Usuario No Doméstico, en un plazo que no excederá los diez (10) días hábiles.

17.6 En caso el Usuario No Doméstico incumpla con subsanar las observaciones efectuadas por la EPS o la entidad que haga sus veces, o las subsane fuera del plazo establecido en el presente artículo, se considerará como no presentada la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico, constituyendo infracción muy grave, establecida en el literal a) del artículo 28 del presente Reglamento.

Artículo 18.- Del registro y/o actualización de la información del usuario no doméstico

Verificado el cumplimiento de los requisitos a los que se refiere el artículo 16 del presente Reglamento, la EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a registrar y/o actualizar la información del Usuario No Doméstico, asignándole el respectivo Código de Registro de Usuario No Doméstico.

Capítulo V

Monitoreo y Evaluación de los Valores Máximos Admisibles

Artículo 19.- Del monitoreo

Conforme a lo establecido en el artículo 7 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, la EPS o la entidad que haga sus veces, es la encargada del control de las descargas de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario.

Artículo 20.- Del procedimiento del monitoreo

20.1 Una vez registrado el Usuario No Doméstico y asignado su Código de Registro, el área competente de la EPS o de la entidad que haga sus veces, procederá en un plazo que no excederá de diez (10) días hábiles, a evaluar los resultados de los análisis presentados en la Declaración Jurada de Usuarios No Domésticos.

20.2 Si los resultados de los análisis presentados en la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico no superan los VMA establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, la EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a actualizar el registro y la información del Usuario No Doméstico.

20.3 Si los resultados de los análisis presentados en la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico, superan los VMA establecidos en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, se deberá efectuar lo siguiente:

a) La EPS o la entidad que haga sus veces, realizará el cobro del pago adicional por exceso de concentración de parámetros.

b) El Usuario No Doméstico deberá adecuar sus descargas no domésticas para no exceder los VMA, para lo cual presentará los análisis respectivos que serán remitidos a la EPS o la entidad que haga sus veces, para su revisión y evaluación correspondiente.

c) Presentados los nuevos análisis por el usuario no domésticos, la EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a revisar y evaluar los mismos en un plazo que no debe exceder los diez (10) días hábiles.

d) De verificarse que el Usuario No Doméstico cumple con los VMA establecidos en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, la EPS o la entidad que haga sus veces procederá a suspender el cobro del pago adicional por exceso de concentración.

20.4 Si los resultados de los análisis presentados en la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico superan los VMA establecidos en el Anexo N° 2 del

Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, se deberá efectuar lo siguiente:

a) La EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a realizar la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario.

b) El Usuario No Doméstico deberá adecuar sus descargas no domésticas para no exceder los VMA, para lo cual presentará los análisis respectivos que serán remitidos a la EPS o la entidad que haga sus veces para su revisión y evaluación correspondiente.

c) Presentados los análisis, la EPS o la entidad que haga sus veces procederá a revisar y evaluar los mismos en un plazo que no debe exceder los diez (10) días hábiles.

d) De verificarse que el Usuario No Doméstico cumple con los VMA establecidos en el Anexo N° 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, la EPS o la entidad que haga sus veces procederá a realizar la reposición del servicio de alcantarillado sanitario. En caso no cumplan con dichos VMA, se mantendrá la suspensión del referido servicio.

Capítulo VI

Toma de Muestra Inopinada

Artículo 21.- De la toma de muestra inopinada

Con los resultados de los análisis presentados por los Usuarios No Domésticos, la EPS o la entidad que haga sus veces, evaluará dicha información y, de considerarlo conveniente, solicitará al laboratorio acreditado ante el INDECOPi efectúe la toma de muestra inopinada, conforme lo establece el artículo 7 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

Artículo 22.- Del acta de toma de muestra inopinada

El Acta de Toma de Muestra Inopinada conforme al Anexo II del presente Reglamento, es un documento oficial en el que constan las características físicas en las que se realiza la toma de muestra inopinada, los datos del Usuario No Doméstico, su actividad económica principal, lugar, fecha y hora en la que se realizó y las personas asistentes, entre los principales datos.

Artículo 23.- Del procedimiento de la toma de muestra inopinada

23.1 El personal del laboratorio acreditado ante el INDECOPi, a solicitud de la EPS o la entidad que haga sus veces, se apersonarán conjuntamente para proceder a tomar la muestra inopinada en la caja de registro de la red de alcantarillado sanitario o dispositivo adecuado de la descarga de las aguas residuales no domésticas.

23.2 La EPS o la entidad que haga sus veces, podrá utilizar cualquier medio fehaciente, distinto al Acta de Toma de Muestra Inopinada, que sirva para corroborar el lugar, fecha, hora y condiciones físicas en que se realizó la toma de muestra inopinada, la misma que formará parte de los informes y procedimientos de supervisión, monitoreo e implementación de la EPS o la entidad que haga sus veces.

23.3 El Usuario No Doméstico podrá presenciar la toma de muestra inopinada y suscribir el Acta de Toma de Muestra Inopinada. La no suscripción de dicha Acta por parte del Usuario No Doméstico no invalidará el acto.

23.4 Efectuada la toma de muestra inopinada, se seguirá con el procedimiento establecido en el artículo 20 del presente Reglamento, en lo que le fuere aplicable.

23.5 La EPS o la entidad que haga sus veces, procederá a cobrar al Usuario No Doméstico los costos generados por los análisis efectuados en la toma de muestra inopinada o por la reposición del servicio de alcantarillado sanitario, cuando se advierta que se superan los parámetros de los VMA establecidos en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

TÍTULO V

RECLAMOS

Capítulo I

Procedimiento de Reclamos

Artículo 24.- Del procedimiento

Los Usuarios No Domésticos podrán presentar reclamos ante la EPS o la entidad que haga sus veces.

Para el caso de las EPS y PES, la SUNASS será la encargada de establecer los procedimientos, plazos e instancias correspondientes.

Para el caso de prestadores distintos a las EPS y PES, el procedimiento de reclamos deberá estar sujeto a las disposiciones que para tal fin emita el regulador correspondiente a cada ámbito de prestación de los servicios de saneamiento.

Capítulo II

Infracciones y Sanciones

Artículo 25.- De las infracciones

Cuando la EPS o la entidad que haga sus veces, verifique que se ha cometido alguna de las siguientes infracciones por parte de los Usuarios No Domésticos, las mismas que se clasifican en leves, graves y muy graves, estará facultada para imponer las sanciones previstas en el presente Reglamento, sin perjuicio de la aplicación de sanciones establecidas en otras leyes y reglamentos.

Artículo 26.- De las Infracciones leves

Se considerarán infracciones leves las siguientes:

a) La presentación extemporánea de la documentación solicitada por la EPS o la entidad que haga sus veces, excepto para el caso de la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico.

b) La omisión de los actos a los que están obligados los Usuarios No Domésticos establecidos en el presente Reglamento, siempre que no estén considerados como infracciones graves o muy graves.

Artículo 27.- De las infracciones graves

Se considerarán infracciones graves las siguientes:

a) Efectuar descargas no permitidas al sistema de alcantarillado sanitario, de acuerdo a lo establecido en el artículo 10 del presente Reglamento.

b) La alteración de las características de la descarga de las aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario que efectúe el Usuario No Doméstico, sin previo aviso, infringiendo lo establecido en el literal e) del artículo 5 del presente Reglamento.

c) Cometer dos (02) faltas leves, en un periodo de seis (06) meses.

d) No presentar los requisitos establecidos en el artículo 16 del presente Reglamento, o presentarlos fuera de los plazos establecidos en el artículo 17 del presente Reglamento.

Artículo 28.- De las infracciones muy graves

Se considerarán infracciones muy graves las siguientes:

a) La falsedad de la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico presentada a la EPS o la entidad que haga sus veces.

b) La no presentación o presentación extemporánea de la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico, en el plazo establecido.

c) Excederse en los VMA establecidos en el Anexo N° 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

d) No cumplir con efectuar el pago adicional por exceso de concentración de los VMA establecidos en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo, por dos (02) periodos consecutivos o por dos (02) periodos no consecutivos en un periodo de cuatro (04) meses.

e) Cometer dos (02) faltas graves, en un periodo de seis (06) meses.



f) Incumplir las acciones previstas para los casos de emergencia, establecidas en el artículo 33 del presente Reglamento.

g) Retrasar y/o impedir, de cualquier forma, la toma de muestra o la toma de muestra inopinada por el laboratorio acreditado ante el INDECOPI.

h) Reponer el servicio de alcantarillado sanitario cerrado o habilitar una conexión clandestina para la descarga de las aguas residuales no domésticas.

Artículo 29.- De las sanciones

Para el caso de las EPS y PES, los procedimientos de sanciones serán establecidos por la SUNASS. Para los demás prestadores de servicios de saneamiento, se deberá tomar como referencia el procedimiento establecido por la SUNASS.

Capítulo III

Actualización de los Valores Máximos Admisibles

Artículo 30.- De la actualización y modificación de los Valores Máximos Admisibles

En caso que la EPS o la entidad que haga sus veces, verifique que algún parámetro especificado o no en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, afecte al sistema de alcantarillado sanitario o los sistemas de tratamiento de aguas residuales, deberán presentar una solicitud al MVCS adjuntando, al menos, lo siguiente:

a) Análisis de la caracterización de las aguas residuales no domésticas descargadas al sistema de alcantarillado sanitario.

b) Identificación de los problemas que la descarga ocasiona al sistema de alcantarillado sanitario y/o al sistema de tratamiento de aguas residuales.

c) Informe técnico que sustente el motivo por el cual debe de actualizarse y/o modificar el parámetro y/o su valor.

Capítulo IV

Denuncias

Artículo 31.- De la participación de otros usuarios

Todos los usuarios domésticos y no domésticos, podrán denunciar ante la EPS o la entidad que haga sus veces, los hechos, actos u omisiones que dañen el sistema de alcantarillado sanitario, de forma verbal o escrita, conteniendo lo siguiente:

a) Identificación completa de quién realiza la denuncia.

b) Identificación del Usuario No Doméstico que efectúa la descarga al sistema de alcantarillado sanitario.

c) Breve descripción del hecho, acto u omisión que se presume cometido.

Asimismo, podrá interponer las quejas y/o denuncias ante las instancias que considere necesarias.

TÍTULO VI

SITUACIÓN DE EMERGENCIAS

Artículo 32.- De la situación de emergencia

Si bajo una situación de emergencia, por caso fortuito o fuerza mayor, se incumplieran alguno o algunos de los preceptos contenidos en el presente Reglamento, se deberá comunicar inmediatamente dicha situación por cualquier medio a la EPS o la entidad que haga sus veces.

Una vez producida la situación de emergencia, el Usuario No Doméstico utilizará todos los medios a su alcance para reducir al máximo los efectos de la descarga por situación de emergencia, en coordinación con la EPS o la entidad que haga sus veces.

Artículo 33.- Del procedimiento a seguir en caso de emergencia

33.1 En un plazo máximo de dos (02) días calendario de producido el hecho, el Usuario No Doméstico deberá informar por escrito a la EPS o la entidad que haga sus veces, la situación de emergencia, señalando su identificación y los siguientes datos: causas que originaron la situación, hora en que se produjo y duración del mismo, volumen y características de la descarga, medidas correctivas adoptadas, hora y forma en que se comunicó el suceso a la EPS o la entidad que haga sus veces.

33.2 La EPS o la entidad que haga sus veces, previa evaluación de la información remitida por el Usuario No Doméstico, en un plazo no mayor de dos (02) días calendario de recibido, podrá exonerar del cobro por el pago por exceso de concentración o de la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario por las descargas de aguas residuales no domésticas que superen los VMA detallados en los Anexos N° 1 y 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, otorgándoles como máximo el plazo de tres (03) días calendario, contados desde la comunicación del pronunciamiento efectuado por la EPS o la entidad que haga sus veces, para reponer su sistema de tratamiento de aguas residuales cuando se ha producido un caso fortuito y/o cuando ocurra un evento por fuerza mayor.

33.3 Sin perjuicio de otras responsabilidades en que pudiera haber incurrido el Usuario No Doméstico, los costos en que las EPS o las entidades que hagan sus veces que incurran como producto de las acciones correctivas por las descargas accidentales, serán asumidas por el Usuario No Doméstico, de acuerdo al procedimiento establecido por la entidad reguladora.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- El presente Reglamento entrará en vigencia a los treinta (30) días calendario contados desde su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Segunda.- Corresponde a las entidades señaladas en el presente Reglamento, su difusión por los medios más adecuados para su conocimiento y aplicación, debiendo, además, ser publicado en la página web de cada institución.

Tercera.- Las EPS o las entidades que hagan sus veces, implementarán campañas y programas de difusión, a fin de que los Usuarios No Domésticos en el plazo establecido en la Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, adecúen sus descargas a las disposiciones establecidas en el presente Reglamento.

Cuarta.- Las EPS o las entidades que hagan sus veces, deberán implementar actividades de capacitación y otras que considere pertinentes, al interior de su organización, durante el plazo de adecuación que tienen los Usuarios No Domésticos para la implementación de los VMA, de acuerdo a la Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

Quinta.- La metodología para el pago adicional por exceso de concentración establecida por la SUNASS está referida a las EPS y PES. Para determinar la metodología de prestadores de servicios de saneamiento distintos a las EPS y PES, se podrá hacer uso referencial a aquélla.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- En un plazo no mayor de treinta (30) días calendario, contados desde la publicación del presente Reglamento en el Diario Oficial El Peruano, la SUNASS deberá aprobar la metodología para el cálculo de conceptos facturables, mecanismos de atención de reclamos, procedimiento para aplicación de sanciones, suspensión y reposición del servicio de alcantarillado sanitario, así como mecanismos y procedimientos para la supervisión, fiscalización y monitoreo, las cuales serán complementarias a lo establecido en el presente Reglamento.

ANEXO 06: D.S. N° 010-2012-VIVIENDA – Modifican D.S. N° 003-2011-VIVIENDA que Aprobó el Reglamento del D. S. N° 021-2009-VIVIENDA con la finalidad de establecer procedimientos para controlar descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario.



Cursos específicos para realizar el transporte de mercancías:

- a) Urbanidad y trato con el público.
- b) Principios de salud ocupacional aplicados al transporte.
- c) Enseñanza de las normas que regulan la prestación de los servicios de transporte de mercancías.
- d) Enseñanza de las normas básicas sobre clasificación vehicular; así como características y requisitos técnicos vehiculares relativos a los vehículos del transporte de mercancías.
- e) Pesos y dimensiones vehiculares máximos permitidos para vehículos de transporte de mercancías, tolerancias en el pesaje, bonificaciones y régimen de infracciones y sanciones por excesos en los pesos y dimensiones vehiculares.
- f) Manejo correcto de la carga.
- g) Mecánica Automotriz avanzada según la categoría del vehículo que corresponda.
- h) Enseñanza de normas tributarias sobre el uso de la guía de remisión del transportista.
- i) Uso de tecnología aplicable al transporte de mercancías.

Artículo Segundo.- La Escuela de Conductores Integrales denominada ESCUELA DE CONDUCTORES INTEGRAL PROFESIONAL ROYAL INTERNATIONAL CLASS E.I.R.L., está obligada a actualizar permanentemente la información propia de sus operaciones, a informar sobre sus actividades y aplicar el Reglamento Nacional de Licencias de Conducir Vehículos Automotores y no Motorizados de Transporte Terrestre, y los dispositivos legales que se encuentren vigentes.

Artículo Tercero.- La Escuela de Conductores Integrales denominada ESCUELA DE CONDUCTORES INTEGRAL PROFESIONAL ROYAL INTERNATIONAL CLASS E.I.R.L., impartirá los cursos con la siguiente plana docente:

Cargo de Instrucción	Docente a cargo
Director	• León Berly Talavera Sánchez
Instructores Teóricos de Tránsito	• Angel Carlos Miranda Calachua • Lupe Rosalvina Pinto Valdivia
Instructores Prácticos de Manejo	• Eduardo Molina Díaz • Marcos Gonzales Manrique
Instructor Teórico - Práctico de Mecánica	• Luis Alberto Paredes Garzón
Instructores Teóricos-Práctico en Primeros Auxilios	• Zaida Mariluz Villasante Paricahua • Irene Gladys Flores CCapacca
Psicólogo	• Gonzalo Leony Lopez Moscoso

Artículo Cuarto.- La Escuela autorizada deberá colocar en un lugar visible dentro de su local una copia de la presente Resolución Directoral, debiendo iniciar el servicio dentro de los sesenta (60) días calendario, computados a partir del día siguiente de la fecha de publicación de la presente Resolución Directoral en el Diario Oficial El Peruano.

Artículo Quinto.- La Escuela autorizada deberá presentar:

- a) En un plazo no mayor de sesenta (60) días calendario de obtenida la autorización como Escuela de Conductores, su reglamento interno.
- b) En un plazo no mayor de treinta (30) días calendario de obtenida la autorización como Escuela de Conductores, presentará el original de la Carta Fianza Bancaria, conforme lo señala el numeral 43.6 del artículo 43° de El Reglamento, bajo sanción de declararse la nulidad de la Resolución Directoral de autorización.
- c) En un plazo no mayor de noventa (90) días calendario de publicada la Resolución Directoral que establece las características especiales del circuito donde se realizarán las prácticas de manejo, presentará copia de la Póliza de Seguros de Responsabilidad Civil extracontractual a favor de terceros, conforme lo señala el

literal e) numeral 43.4 del artículo 43° de El Reglamento, bajo sanción de declararse la nulidad de la Resolución Directoral de autorización.

Artículo Sexto.- Disponer que ante el incumplimiento de las obligaciones administrativas por parte de la Escuela, del Representante Legal, y/o de cualquier miembro de su plana docente, se aplicarán las sanciones administrativas establecidas en el Cuadro de Tipificación, Calificación de Infracciones e Imposición de Sanciones correspondientes, con la subsiguiente declaración de suspensión o cancelación de la autorización, así como la ejecución de la Carta Fianza Bancaria emitida a favor de esta administración; sin perjuicio de las responsabilidades civiles y penales que les pudiera corresponder.

Artículo Séptimo.- Remitir a la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías - SUTRAN, copia de la presente Resolución Directoral para las acciones de control conforme a su competencia; y encargar a la Dirección de Circulación y Seguridad Vial, la ejecución de la presente Resolución Directoral.

Artículo Octavo.- La presente Resolución Directoral surtirá efectos a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano, siendo de cargo de la Escuela autorizada los gastos que origine su publicación. Asimismo, se publicará en la página web del Ministerio la presente Resolución y el horario propuesto por la Escuela de Conductores ESCUELA DE CONDUCTORES INTEGRAL PROFESIONAL ROYAL INTERNATIONAL CLASS E.I.R.L.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

JOSÉ LUIS QWISTGAARD SUÁREZ
Director General (e)
Dirección General de Transporte Terrestre

758109-1

VIVIENDA

Modifican D.S. N° 003-2011-VIVIENDA que aprobó el Reglamento del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA con la finalidad de establecer procedimientos para controlar descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario

**DECRETO SUPREMO
N° 010-2012-VIVIENDA**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 2 de la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, establece que es competencia del Ministerio, formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento; correspondiéndole por tanto dictar normas de alcance nacional y supervisar su cumplimiento;

Que, con Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, se aprobaron los Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento; garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales;

Que, mediante el Decreto Supremo N° 003-2011-VIVIENDA, se aprobó el Reglamento del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, con la finalidad de establecer los procedimientos para controlar las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario;

Que, resulta necesario realizar precisiones y modificaciones en las normas citadas en los considerandos precedentes, que permitan a los prestadores de los servicios de saneamiento efectuar una adecuada implementación de estas disposiciones, evitando así un menor deterioro de las instalaciones, maquinarias, equipos e infraestructura sanitaria, a fin de garantizar la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y el tratamiento de las aguas residuales;

De conformidad con lo dispuesto por el numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; y el Decreto Supremo N° 002-2002-VIVIENDA, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento;

DECRETA:

Artículo 1.- Modificación de los artículos 5, 20, 27, 28 y 29 del Decreto Supremo N° 003-2011-VIVIENDA

Modifíquense los artículos 5, 20, 27, 28 y 29 del Decreto Supremo N° 003-2011-VIVIENDA, con el texto siguiente:

“Artículo 5.- De las obligaciones

Los Usuarios No Domésticos que descargan aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario, están obligados a:

(...)

i) Los Usuarios No Domésticos cuyas actividades estén clasificadas según el CIU, deberán declarar, reportar y cumplir con las obligaciones que se establecen en el presente Reglamento, en función de los parámetros que para dichas actividades establezca el Ente Rector. Para aquellas actividades que no se han establecido parámetros, los Usuarios No Domésticos deberán cumplir con todos los parámetros señalados en los Anexos N° 1 y N° 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA”.

“Artículo 20.- Del procedimiento del monitoreo

(...)

20.4 Si los resultados de los análisis presentados en la Declaración Jurada del Usuario No Doméstico, superan los VMA establecidos en el Anexo N° 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, se deberá efectuar lo siguiente:

(...)

b) El Usuario No Doméstico deberá adecuar sus descargas no domésticas para no exceder los VMA, de acuerdo a los mecanismos que establezcan las EPS o las entidades que hagan sus veces, para lo cual presentará los análisis respectivos que serán remitidos a la EPS o la entidad que haga sus veces, para su revisión y evaluación correspondiente.

(...)

e) En todos los casos, el Usuario No Doméstico asumirá los costos generados por la suspensión temporal del servicio de alcantarillado sanitario, la toma de muestra y análisis, y la reposición del servicio de alcantarillado sanitario.”

“Artículo 27.- De las infracciones graves

Se considerarán infracciones graves las siguientes:

(...)

d) No presentar los requisitos establecidos en el artículo 16 del presente Reglamento.

e) Presentar los requisitos establecidos en el artículo 16 del presente Reglamento, fuera de los plazos establecidos en el artículo 17 del presente Reglamento.

f) La falsedad de la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico, presentada a la EPS o la entidad que haga sus veces.

g) La no presentación de la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico, en el plazo establecido.

h) La presentación extemporánea de la Declaración Jurada de Usuario No Doméstico.

i) Excederse en los VMA establecidos en el Anexo N° 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

j) No cumplir con efectuar el pago adicional por exceso de concentración de los VMA establecidos en el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 021-2009-

VIVIENDA, por dos (02) periodos consecutivos, o por dos (02) periodos no consecutivos en un periodo de cuatro (04) meses.

k) Incumplir las acciones previstas para los casos de emergencia, establecidas en el artículo 33 del presente Reglamento.

l) Retrasar y/o impedir, de cualquier forma, la toma de muestra o la toma de muestra inopinada por el personal del laboratorio acreditado ante el INDECOPI.”

“Artículo 28.- De las infracciones muy graves

Se considerarán infracciones muy graves las siguientes:

a) Reponer el servicio de alcantarillado sanitario cerrado por la EPS o la entidad que haga sus veces, o habilitar una conexión clandestina para la descarga de las aguas residuales no domésticas.

b) Cometer dos (02) faltas graves, en un periodo de seis (06) meses”.

“Artículo 29.- De las sanciones

29.1 Sin perjuicio de las acciones legales que correspondan, las EPS o las entidades que hagan sus veces podrán imponer a los usuarios no domésticos por infracciones al presente Reglamento, las siguientes sanciones:

a) **Amonestación Escrita:** Implica una llamada de atención escrita emitida por la EPS o la entidad que haga sus veces. Se aplica en caso de cometer las infracciones leves tipificadas en el artículo 26 del presente Reglamento.

b) **Suspensión Temporal del servicio de alcantarillado sanitario:** Implica la interrupción temporal del servicio de alcantarillado sanitario, a través de un elemento de cierre entre la caja de registro y el colector. Se aplica en caso de cometer las infracciones graves tipificadas en el artículo 27 del presente Reglamento.

Para los casos establecidos en los literales b), d), e), f), h), i), y k) del artículo 27 del presente Reglamento, el servicio de alcantarillado sanitario será repuesto cuando el usuario no doméstico cumpla con las disposiciones establecidas en el presente Reglamento.

Para los casos establecidos en los literales a), c), g), y j) del artículo 27 del presente Reglamento, el servicio de alcantarillado sanitario será repuesto vencido el plazo impuesto por la EPS o la entidad que haga sus veces, el mismo que no podrá exceder de quince (15) días calendario.

c) **Suspensión Definitiva del servicio de alcantarillado sanitario:** Implica la interrupción definitiva del servicio de alcantarillado sanitario a través de un elemento de cierre entre la caja de registro y el colector. Se aplica en caso de cometer las infracciones muy graves tipificadas en el artículo 28 del presente Reglamento.

29.2 La EPS o las entidades que hagan sus veces deberán mantener actualizado un registro de las sanciones impuestas a los usuarios no domésticos.

29.3 En todos los casos, el usuario no doméstico asume los costos generados por la suspensión temporal o definitiva del servicio de alcantarillado sanitario y su reposición, de ser el caso.

29.4 Para el caso de las EPS y PES, los procedimientos para la aplicación de las sanciones tipificadas en el presente Reglamento serán establecidos por la SUNASS. Para los demás prestadores de servicios de saneamiento, se deberá tomar como referencia los procedimientos establecidos por la SUNASS”.

Artículo 2.- Publicación

Disponer la publicación del presente Decreto Supremo, en el Portal Electrónico del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Artículo 3.- Refrendo

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



**DISPOSICIÓN
COMPLEMENTARIA FINAL**

Única.- El plazo al que se hace referencia en el primer párrafo de la Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, será de dieciocho (18) meses, contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los tres días del mes de marzo del año dos mil doce

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente Constitucional de la República

RENÉ CORNEJO DÍAZ
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

759548-6

Modifican el Reglamento Nacional de Edificaciones

**DECRETO SUPREMO
N° 011-2012-VIVIENDA**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento de conformidad con su Ley de Organización y Funciones - Ley N° 27792, tiene competencia para formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento, a cuyo efecto dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento;

Que, mediante Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, se aprobó el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones, en adelante RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones, como instrumento técnico - normativo que rige a nivel nacional, el cual contempla sesenta y nueve (69) Normas Técnicas;

Que, por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, se aprobaron sesenta y seis (66) Normas Técnicas del RNE, comprendidas en el referido Índice, y se constituyó la Comisión Permanente de Actualización del RNE, en adelante la Comisión, a fin que se encargue de analizar y formular las propuestas para la actualización de las Normas Técnicas;

Que, con Informe N° 002-2012-VIVIENDA-VMVU-CPARNE, el Presidente de la Comisión, eleva la propuesta de incorporación de la Norma Técnica "Bambú", con Código E.100, dentro del Título III.2: Estructuras del RNE; y la propuesta de modificación de los artículos 1 y 4 de la Norma Técnica A.050 "Salud" del referido Reglamento, las mismas que han sido materia de evaluación y aprobación por la mencionada Comisión, conforme aparece en el Acta de su Cuadragésima Primera Sesión, de fecha 16 de febrero del año 2012, que se anexa al Informe citado;

Que, estando a lo informado por la Comisión, resulta pertinente disponer la incorporación de la Norma Técnica E.100 "Bambú" al RNE, a fin de establecer los lineamientos técnicos que se deben seguir para el diseño y construcción de edificaciones sismo resistentes con Bambú; así como, modificar los artículos 1 y 4 de la Norma Técnica A.050 "Salud" del referido Reglamento, con el objeto de precisar la denominación correspondiente a Edificación de Salud y establecer parámetros para la ubicación de toda obra de carácter hospitalario o establecimiento para la salud;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; el numeral 3) del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y el Decreto Supremo N° 002-2002-VIVIENDA y su modificatoria;

DECRETA:

Artículo 1.-Incorporación de la Norma Técnica E.100 "Bambú" al Reglamento Nacional de Edificaciones

Incorpórese la Norma Técnica "Bambú", con Código E. 100, dentro del Título III.2: Estructuras del Reglamento Nacional de Edificaciones; que como Anexo forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Modificación de la Norma Técnica A.050 "Salud" del Reglamento Nacional de Edificaciones

Modifíquese los artículos 1 y 4 de la Norma Técnica A.050 "Salud", del Título III.1: Arquitectura del Reglamento Nacional de Edificaciones, que como Anexo forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Publicación

Publíquese las Normas Técnicas a las que se refieren los artículos 1 y 2 del presente Decreto Supremo, en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), de conformidad con lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 001-2009-JUS.

Artículo 4.- Refrendo

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

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

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente Constitucional de la República

RENÉ CORNEJO DÍAZ
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

759548-7

ORGANISMOS EJECUTORES

**SUPERINTENDENCIA DE
TRANSPORTE TERRESTRE DE
PERSONAS, CARGA
Y MERCANCÍAS**

**Designan encargado responsable de
brindar información que se solicite
conforme a la Ley N° 27806**

**RESOLUCIÓN DE SUPERINTENDENCIA
N° 075-2011-SUTRAN/02**

Lima, 27 de octubre de 2011

CONSIDERANDO:

Que, mediante la Ley N° 29380, publicada en el diario oficial El Peruano el 16 de Julio del 2009, se crea la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas Carga y Mercancías - SUTRAN; adscrita al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, encargada de normar, supervisar, fiscalizar y sancionar las actividades del transporte de personas, carga y mercancías en los ámbitos nacional e internacional y las actividades vinculadas con el transporte de mercancía en el ámbito nacional;

Que, mediante Decreto Supremo N° 021-2010-MTC, publicado en el Diario Oficial El Peruano el 24 de abril del 2010, se aprobó el Reglamento de Organización y Funciones - ROF de SUTRAN, así como su estructura orgánica, estableciendo además en su artículo 8° que el Superintendente constituye la máxima autoridad ejecutiva;

ANEXO 07: D.S. N° 015-2015-MINAM – Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación.

PODER EJECUTIVO

AMBIENTE

Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación

DECRETO SUPREMO N° 015-2015-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, según el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus componentes asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, referido al rol de Estado en materia ambiental, dispone que éste a través de sus entidades y órganos correspondientes diseña y aplica, entre otros, las normas 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 artículo 31° de la Ley N° 28611, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente;

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

Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, este Ministerio tiene como función específica elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), debiendo ser aprobados o modificados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprobaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y, mediante Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprobaron las disposiciones para la implementación de dichos estándares;

Que, las referencias nacionales e internacionales de toxicidad consideradas en la aprobación los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua han sido modificadas, tal como lo acreditan los estudios de investigación y guías internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica, de la Comunidad Europea, entre otros;

Que, asimismo, el Ministerio del Ambiente ha recibido diversas propuestas de instituciones públicas y privadas, con la finalidad de que se revisen las subcategorías, valores y parámetros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua vigentes, por lo que, resulta necesario modificar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N°

002-2008-MINAM y precisar determinadas disposiciones contenidas en el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM;

Que, en el marco de lo dispuesto en el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, la presente propuesta ha sido sometida a consulta y participación ciudadana, en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente y el artículo 118° de la Constitución Política del Perú.

DECRETA:

Artículo 1.- Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Modifíquese los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, detallados en el Anexo de la presente norma.

Artículo 2.- ECA para Agua y políticas públicas

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, y en el diseño de normas legales y políticas públicas, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

Artículo 3.- ECA para Agua e instrumentos de gestión ambiental.

3.1. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental

3.2. Los titulares de la actividad extractiva, productiva y de servicios deben prevenir y/o controlar los impactos que sus operaciones pueden generar en los parámetros y concentraciones aplicables a los cuerpos de agua dentro del área de influencia de sus operaciones, advirtiendo entre otras variables, las condiciones particulares de sus operaciones y los insumos empleados en el tratamiento de sus efluentes; dichas consideraciones deben ser incluidas como parte de los compromisos asumidos en su instrumento de gestión ambiental, siendo materia de fiscalización por parte de la autoridad competente

Artículo 4.- Excepción de aplicación de los ECA para Agua.

4.1. Las excepciones para la aplicación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua previstas en el Artículo 7° de las disposiciones para su implementación aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM se aplican de forma independiente.

4.2. El supuesto previsto en el literal b) del citado Artículo 7° constituye una excepción de carácter temporal que es aplicable para efectos del monitoreo de calidad ambiental y en el seguimiento de las obligaciones asumidas por el titular de la actividad.

Artículo 5.- Revisión de los ECA para Agua.

5.1. Conjuntamente con los límites máximos permisibles aplicables a una actividad, las entidades de fiscalización ambiental verifican la eficiencia del tratamiento de efluentes y las características ambientales particulares advertidas en los estudios de línea de base, o los niveles de fondo que caracterizan los cuerpos de agua dentro del área de influencia de la actividad sujeta a control.

5.2. Dicha información se sistematiza y remite al Ministerio del Ambiente, de conformidad con el artículo 9 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, para efectos de la revisión periódica del ECA para Agua.

Artículo 6.- Actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso

Para la actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso se observa los siguientes procedimientos:

6.1. El Titular de la actividad extractiva, productiva y de servicios en curso evalúa si las obligaciones ambientales contenidas en su instrumento de gestión ambiental vigente requieren ser modificadas en virtud a los ECA para Agua establecidos en la presente norma, de modo que su actividad no afecte los cuerpos de agua existentes en el área de influencia de sus operaciones.

6.2. El Titular tiene un plazo de seis (6) meses, contado a partir de la entrada en vigencia de la presente norma, para comunicar a la autoridad ambiental competente si los valores de los ECA para Agua ameritan la modificación de su instrumento de gestión ambiental vigente.

A partir de la fecha de la comunicación formulada a la Autoridad Ambiental Competente, el Titular tiene un plazo de doce (12) meses adicionales para presentar la modificación del mencionado instrumento de gestión ambiental.

6.3. La Autoridad Ambiental Competente tiene un plazo máximo de noventa (90) días calendario para evaluar y aprobar el Plan de Manejo Ambiental presentado. En el marco del plazo descrito, la Autoridad Ambiental Competente tiene un plazo máximo de cuarenta y cinco (45) días calendario para revisar y remitir las observaciones al Titular respecto al Plan de Manejo Ambiental presentado, en caso corresponda. El Titular tiene un plazo máximo de treinta (30) días calendario para la presentación del levantamiento de las observaciones que haya efectuado a la Autoridad Ambiental Competente al Plan de Manejo Ambiental presentado.

6.4. El plazo máximo para la implementación de las medidas de adecuación, contenidas en la modificación del instrumento de gestión ambiental, es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

6.5. Si el titular no formula comunicación ni presenta la modificación de su instrumento de gestión ambiental dentro de los plazos descritos en el presente artículo, son de referencia automática los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 del presente decreto supremo.

La solicitud de modificación no suspende la ejecución de las obligaciones ambientales establecidas en instrumentos de gestión ambiental previamente aprobados por la Autoridad Ambiental Competente, ni el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, según corresponda.

Artículo 7.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministro de Agricultura y Riego, la Ministra de Energía y Minas, el Ministro de Salud y el Ministro del Ambiente.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Para efectuar los monitoreos en aplicación de la presente norma, la autoridad ambiental competente debe considerar los parámetros asociados prioritariamente a la actividad extractiva, productiva o de servicios y a aquellos que permitan caracterizar las condiciones naturales de la zona de estudio o el efecto de otras descargas en la zona.

Segunda.- La entidad de fiscalización ambiental supervisa, una vez concluido el plazo para la implementación del instrumento de gestión ambiental correspondiente, que las actividades extractivas, productivas y de servicios realicen sus operaciones considerando los valores y parámetros establecidos en la presente norma.

Tercera.- El Titular de la actividad minera que se encuentre implementando su instrumento de gestión ambiental de acuerdo al Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM o el Plan Integral, aprobado por el Ministerio de Energía y Minas, en concordancia con lo establecido en el Decreto Supremo N° 010-2011-MINAM, tiene un plazo de sesenta (60) días calendario para evaluar e informar a dicha autoridad si el plan aprobado requiere ser modificado, a fin de guardar relación con los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 de la presente norma.

A partir de la fecha de la comunicación a la Autoridad Ambiental Competente, el Titular tiene un plazo de doce (12) meses adicionales para presentar la modificación de su Plan Integral o el instrumento de gestión ambiental que corresponda.

El proceso de evaluación y aprobación del Plan Integral presentado por parte de la Autoridad Ambiental Competente, se rige por lo dispuesto en el artículo 6° de la presente norma.

El plazo máximo para el cumplimiento del proceso de adecuación es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación de la modificación del Plan Integrado por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

La solicitud de modificación no suspende la obligación de cumplir, como mínima exigencia, con los valores de Límites Máximos Permisibles (LMP) anteriormente aprobados contenidos en su instrumento de gestión ambiental vigente, hasta la conclusión del proceso de adecuación.

En caso el Titular minero no cumpla con informar a la Autoridad Ambiental Competente la necesidad de la modificación o no presente la modificación de su Plan Integral o el instrumento de gestión ambiental correspondiente en los plazos establecidos en la presente disposición, se le aplican los compromisos asumidos y el cronograma de ejecución consignado en el Plan Integral aprobado.

Cuarta.- El Titular de la actividad minera que haya cumplido con presentar un Plan Integral, en concordancia con lo establecido en el Decreto Supremo N° 010-2011-MINAM; pero que a la fecha de la publicación de la presente norma no cuente con la aprobación por parte del Ministerio de Energía y Minas, tiene un plazo de sesenta (60) días calendario para evaluar e informar a dicha Autoridad Ambiental si el Plan Integral presentado requiere una actualización a los valores de los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 de la presente norma.

Efectuada dicha comunicación, la Autoridad Ambiental Competente devuelve el expediente respectivo al Titular minero en el plazo máximo de diez (10) días calendario. A partir de la fecha de la referida devolución el Titular minero tiene un plazo de doce (12) meses para presentar una actualización del Plan Integral inicialmente presentado.

El proceso de evaluación y aprobación de la actualización del Plan Integral por parte de la Autoridad Ambiental Competente, se rige por lo dispuesto en el artículo 6° de la presente norma.

El plazo máximo para el cumplimiento del proceso de adecuación es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación del Plan Integral por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

Si el Titular minero no comunica al Ministerio de Energía y Minas la necesidad de actualizar el Plan Integral que fuera presentado, se entiende que no requiere modificar dicho proyecto de instrumento de gestión ambiental, reanudándose su evaluación.

En caso que el Titular minero, habiendo notificado a la DGAAM del Ministerio de Energía y Minas su disposición a actualizar el Plan Integral presentado no presente dicha actualización en los plazos señalados, puede ser pasible de las sanciones que correspondan por la afectación de la eficacia de la fiscalización ambiental.

Quinta.- En un plazo no mayor a seis (6) meses mediante Resolución Ministerial el Ministerio del Ambiente establece las condiciones sobre los métodos de ensayo aplicables a la medición de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por la presente norma.

DISPOSICION COMPLEMENTARIA MODIFICATORIA

Única.- Modificación del artículo 2 de las Disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

Modifíquese el artículo 2 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, de acuerdo a lo siguiente:

“Artículo 2.- Precisiones de las Categorías de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Para la implementación del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y de la presente norma, se tiene en consideración las siguientes precisiones de las Categorías de los ECA para Agua:

Categoría 1: Poblacional y Recreacional**Sub Categoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable****A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.**

Entiéndase como aquellas aguas, que por sus características de calidad reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

(...)

Sub Categoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación

Son las aguas superficiales destinadas al uso recreativo, que en la zona costera marina comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea y que en las aguas continentales su amplitud es definida por la autoridad competente

(...)

Categoría 2: Actividades de Extracción y Cultivo Marino Costeras y Continentales**Sub Categoría C1. Extracción y cultivo de moluscos bivalvos en aguas marino costeras**

(...)

Sub Categoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

(...)

Sub Categoría C3. Otras Actividades en aguas marino costeras

Entiéndase a las aguas destinadas para actividades diferentes a las precisadas en las subcategorías C1 y C2, tales como infraestructura marina portuaria, de actividades industriales y de servicios de saneamiento.

Sub Categoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase a los cuerpos de agua destinadas a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales**Subcategoría D1: Vegetales de Tallo Bajo y Alto.**

Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo (tallo bajo), tales como plantas de ajo, lechuga, fresa, col, repollo, apio, arvejas y similares) y de plantas de porte arbustivo o arbóreo (tallo alto), tales como árboles forestales, frutales, entre otros.

Sub Categoría D2: Bebida de Animales.

(...)

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento y que cuyas características requieren ser protegidas.

(...).

Sub Categoría E1: Lagunas y Lagos

Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua, de origen y estado natural y léntico incluyendo humedales.

Sub Categoría E2: Ríos

(...).

Sub Categoría E3: Ecosistemas Marino Costeros

(...)

Marino.- Entiéndase como zona del mar comprendida desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional."

(...)

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los diecinueve días del mes de diciembre del año dos mil quince.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente de la República

JUAN MANUEL BENITES RAMOS
Ministro de Agricultura y Riego

MANUEL PULGAR-VIDAL OTALORA
Ministro del Ambiente

ROSA MARÍA ORTIZ RÍOS
Ministra de Energía y Minas

ANÍBAL VELÁSQUEZ VALDIVIA
Ministro de Salud

TABLA N° 01.- PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS.

CATEGORÍA 1 - A

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado

FÍSICOS - QUÍMICOS

Aceites y grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(uS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de origen antropogénico.		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0



PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
Hidrocarburos de petróleo emulsionado o disuelto (C10 - C28 y mayores a C28)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(c)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
Compuestos Orgánicos Volátiles				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados:				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
DDT	mg/L	0,001	0,001	**
Endrín	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacoloro + Heptacoloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	Retirado
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamatos:				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
Policloruros Bifenilos Totales				
PCB's	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	50	5 000	50 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Microcistina-LR</i>	mg/L	0,001	0,001	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (d)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

- (a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)
- (b) Después de la filtración simple
- (c) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{E_{\text{CA Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{E_{\text{CA Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{E_{\text{CA Bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Cromoformo}}}{E_{\text{CA Cromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C = Concentración en mg/L y

ECA: Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano)

(d) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

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

CATEGORÍA 1 – B

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS - QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO ₃)	mg/L	10	**
Nitritos (NO ₂)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1000	4 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	E.coli /100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella sp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

- UNT : Unidad Nefelométrica de Turbiedad
- NMP/100 ml : Número más probable en 100 ml
- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

CATEGORIA 2

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR			AGUA CONTINENTAL
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas
FÍSICOS - QUÍMICOS					
Aceites y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥4	≥3	≥2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	80	60	70	**

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR			AGUA CONTINENTAL
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoniaco	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Niquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos de Petróleo Totales (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES					
(PCB's)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	≤14 (área Aprobada)(c)	≤30	1 000	200
	NMP/100 mL	*≤88 (área restringida)(c)			

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

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

(1) Nitrógeno Amoniaco para Aguas Dulce :

Estándar de calidad de concentración del nitrógeno amoniaco en diferente pH y temperatura para la protección de la vida acuática (mg/L de NH3)

		pH							
		6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	10.0
Temp (°C)	0	231	73.0	23.1	7.32	2.33	0.749	0.25	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	0.256	0.094	0.043	0.021

Nota: Las mediciones de amoniaco total en el medio ambiente acuático a menudo se expresan en mg / L de amoniaco total -N. Los actuales valores de referencia (mg / L de NH3) se pueden convertir a mg/L de amoniaco total - N multiplicando el valor de referencia correspondiente por 0.8224. No recomendado pauta para las aguas marinas

CATEGORÍA 3

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: 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	(uS/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	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
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

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
Zinc	mg/l	2	24
PLAGUICIDAS			
Parathión	ug/l	35	35
Organoclorados			
Aldrin	ug/l	0,004	0,7
Clordano	ug/l	0,006	7
DDT	ug/l	0,001	30
Dieldrin	ug/l	0,5	0,5
Endosulfan	ug/l	0,01	0,01
Endrin	ug/l	0,004	0,2
Heptacloro y heptacloro epóxido	ug/l	0,01	0,03
Lindano	ug/l	4	4
CARBAMATO:			
Aldicarb	ug/l	1	11
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES			
Policloruros Bifenilos Totales (PCB's)	ug/l	0,04	0,045
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1 000	5 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	1 000	1 000
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	20	20
Escherichia coli	NMP/100 ml	100	100
Huevos y larvas de helmintos	Huevos/L	<1	<1

(a) para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)
(b) Después de Filtración Simple.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

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

CATEGORIA 4

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 4				
		E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS - QUÍMICOS						
Aceites y grasa (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Total	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero escala P/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(uS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco	mg/L	1,9	1,9	1,9	0,4	0,55
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	30

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 4				
		E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
Sulfuros	mg/L	0,002	1,6	0,61	**	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,61	1,6	0,61	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
I. Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos totales de petróleo HTPP	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
PLAGUICIDAS						
Organofosforados:						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Parathión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
ORGANOCLORADOS						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfan	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Heptacloro epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,000095	0,000095	0,000095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
CARBAMATO:						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,00015	0,00015	0,00015
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES						
(PCB's)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 mL	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)

(b) Después de la filtración simple

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

NOTA GENERAL:

- Todos los parámetros que se norman para las diferentes categorías se encuentran en concentraciones totales, salvo se indique lo contrario

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

**ANEXO 08: NORMA OS. 090 – PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES.**

NORMA OS.090

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

1. OBJETO

El objetivo principal es normar el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales en los niveles preliminar, básico y definitivo.

2. ALCANCE

2.1 La presente norma está relacionada con las instalaciones que requiere una planta de tratamiento de aguas residuales municipales y los procesos que deben experimentar las aguas residuales antes de su descarga al cuerpo receptor o a su reutilización.

3. DEFINICIONES

3.1 Adsorción

Fenómeno fisicoquímico que consiste en la fijación de sustancias gaseosas, líquidas o moléculas libres disueltas en la superficie de un sólido.

3.2 Absorción

Fijación y concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión.

3.3 Acidez

La capacidad de una solución acuosa para reaccionar con los iones hidroxilo hasta un pH de neutralización.

3.4 Acuífero

Formación geológica de material poroso capaz de almacenar una apreciable cantidad de agua.

3.5 Aeración

Proceso de transferencia de oxígeno del aire al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido)

3.6 Aeración mecánica

Introducción de oxígeno del aire en un líquido por acción de un agitador mecánico.

3.7 Aeración prolongada

Una modificación del tratamiento con lodos activados que facilita la mineralización del lodo en el tanque de aeración.

3.8 Adensador (Espesador)

Tratamiento para remover líquido de los lodos y reducir su volumen.

3.9 Afluente

Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.

3.10 Agua residual

Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión.

3.11 Agua residual doméstica

Agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.

3.12 Agua residual municipal

Son aguas residuales domésticas. Se puede incluir bajo esta definición a la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

3.13 Anaerobio

Condición en la cual no hay presencia de aire u oxígeno libre.

3.14 Análisis

El examen de una sustancia para identificar sus componentes.

3.15 Aplicación en el terreno

Aplicación de agua residual o lodos parcialmente tratados, bajo condiciones controladas, en el terreno.

3.16 Bacterias

Grupo de organismos microscópicos unicelulares, con cromosoma bacteriano único, división binaria y que intervienen en los procesos de estabilización de la materia orgánica.

3.17 Bases de diseño

Conjunto de datos para las condiciones finales e intermedias del diseño que sirven para el dimensionamiento de los procesos de tratamiento. Los datos generalmente incluyen: poblaciones, caudales, concentraciones y aportes per cápita de las aguas residuales. Los parámetros que usualmente determinan las bases del diseño son: DBO, sólidos en suspensión, coliformes fecales y nutrientes.

3.18 Biodegradación

Transformación de la materia orgánica en compuestos menos complejos, por acción de microorganismos.

3.19 Biopelícula

Película biológica adherida a un medio sólido y que lleva a cabo la degradación de la materia orgánica.

3.20 By-pass

Conjunto de elementos utilizados para desviar el agua residual de un proceso o planta de tratamiento en condiciones de emergencia, de mantenimiento o de operación.

3.21 Cámara de contacto

Tanque alargado en el que el agua residual tratada entra en contacto con el agente desinfectante.

3.22 Carbón activado

Gránulos carbonáceos que poseen una alta capacidad de remoción selectiva de compuestos solubles, por adsorción.

3.23 Carga del diseño

Relación entre caudal y concentración de un parámetro específico que se usa para dimensionar un proceso del tratamiento.

3.24 Carga superficial

Caudal o masa de un parámetro por unidad de área que se usa para dimensionar un proceso del tratamiento.

3.25 Caudal pico

Caudal máximo en un intervalo dado.

3.26 Caudal máximo horario

Caudal a la hora de máxima descarga.

3.27 Caudal medio

Promedio de los caudales diarios en un período determinado.

3.28 Certificación

Programa de la entidad de control para acreditar la capacidad del personal de operación y mantenimiento de una planta de tratamiento.

3.29 Clarificación

Proceso de sedimentación para eliminar los sólidos sedimentables del agua residual.

3.30 Cloración

Aplicación de cloro o compuestos de cloro al agua residual para desinfección y en algunos casos para oxidación química o control de olores.

3.31 Coagulación

Aglomeración de partículas coloidales (< 0,001 mm) y dispersas (0,001 a 0,01 mm) en coágulos visibles, por adición de un coagulante.

3.32 Coagulante

Electrolito simple, usualmente sal inorgánica, que contiene un catión multivalente de hierro, aluminio o calcio. Se usa para desestabilizar las partículas coloidales favoreciendo su aglomeración.

3.33 Coliformes

Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 +/- 0.5°C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44,5 +/- 0,2°C, en 24 horas, se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes).

3.34 Compensación

Proceso por el cual se almacena agua residual y se amortigua las variaciones extremas de descarga, homogenizándose su calidad y evitándose caudales pico.

3.35 Criba gruesa

Artefacto generalmente de barras paralelas de separación uniforme (4 a 10 cm) para remover sólidos flotantes de gran tamaño.

3.36 Criba Media

Estructura de barras paralelas de separación uniforme (2 a 4cm) para remover sólidos flotantes y en suspensión; generalmente se emplea en el tratamiento preliminar.

3.37 Criterios de diseño

Guías de ingeniería que especifican objetivos, resultados o límites que deben cumplirse en el diseño de un proceso, estructura o componente de un sistema

3.38 Cuneta de coronación

Canal abierto, generalmente revestido, que se localiza en una planta de tratamiento con el fin de recolectar y desviar las aguas pluviales.

3.39 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C).

3.40 Demanda química de oxígeno (DQO)

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

3.41 Densidad de energía

Relación de la potencia instalada de un aerador y el volumen, en un tanque de aeración, laguna aerada o digestor aerobio.

3.42 Depuración de aguas residuales

Purificación o remoción de sustancias objetables de las aguas residuales; se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de líquidos.

3.43 Derrame accidental

Descarga directa o indirecta no planificada de un líquido que contiene sustancias indeseables que causan notorios efectos adversos en la calidad del cuerpo receptor. Esta descarga puede ser resultado de un accidente, efecto natural u operación inapropiada.

3.44 Desarenadores

Cámara diseñada para reducir la velocidad del agua residual y permitir la remoción de sólidos minerales (arena y otros), por sedimentación.

3.45 Descarga controlada

Regulación de la descarga del agua residual cruda para eliminar las variaciones extremas de caudal y calidad.

3.46 Desecho ácido

Descarga que contiene una apreciable cantidad de acidez y pH bajo.

3.47 Desecho peligroso

Desecho que tiene una o más de las siguientes características: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable o infeccioso.

3.48 Desecho industrial

Desecho originado en la manufactura de un producto específico.

3.49 Deshidratación de lodos

Proceso de remoción del agua contenida en los lodos.

3.50 Desinfección

La destrucción de microorganismos presentes en las aguas residuales mediante el uso de un agente desinfectante.

3.51 Difusor

Placa porosa, tubo u otro artefacto, a través de la cual se inyecta aire comprimido u otros gases en burbujas, a la masa líquida.

3.52 Digestión

Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo que produce una mineralización, licuefacción y gasificación parcial.

3.53 Digestión aerobia

Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en presencia de oxígeno.

3.54 Digestión anaerobia

Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en ausencia de oxígeno.

3.55 Disposición final

Disposición del efluente o del lodo tratado de una planta de tratamiento.

3.56 Distribuidor rotativo

Dispositivo móvil que gira alrededor de un eje central y está compuesto por brazos horizontales con orificios que descargan el agua residual sobre un filtro biológico. La acción de descarga de los orificios produce el movimiento rotativo.

3.57 Edad del lodo

Parámetro de diseño y operación propio de los procesos de lodos activados que resulta de la relación de la masa de sólidos volátiles presentes en el tanque de aeración dividido por la masa de sólidos volátiles removidos del sistema por día. El parámetro se expresa en días.

3.58 Eficiencia del tratamiento

Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje.

3.59 Efluente

Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

3.60 Efluente final

Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.

3.61 Emisario submarino

Tubería y accesorios complementarios que permiten la disposición de las aguas residuales pretratadas en el mar.

Los estudios requeridos para el diseño de un emisario submarino, que permitan definir su longitud, diámetro, profundidad, ubicación y sistema de difusores, se indican a continuación, sin carácter limitativo:

- Caracterización de las aguas residuales;
- Estudio de línea de base de calidad de las aguas del cuerpo receptor;
- Hidrografía y batimetría de la zona de vertimiento;
- Estudio de corrientes oceánicas y su correlación con las velocidades y direcciones del viento;
- Determinación del valor del T90; y,
- Estudios de geología de fondo marino.

A fin de brindar la adecuada protección a la salud y al ambiente, la dilución inicial en el diseño de un emisario submarino será considerada como se indica a continuación:

- En el caso que el tratamiento previo de las aguas residuales se realice a través de tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario, la dilución inicial, en el 80% del tiempo, no deberá ser menor que 100:1.
- En el caso de considerar un tratamiento previo de las aguas residuales a través de tratamiento físico-químico o tratamiento secundario, la dilución inicial en el 80% del tiempo, no deberá ser menor que 50:1.

El modelo matemático que se utilice para el diseño de un emisario submarino, deberá considerar las variables y parámetros críticos de diseño obtenidos en los

estudios realizados previamente. Deberá definirse una región limitada alrededor de la sección del difusor del emisario submarino, para la mezcla completa del efluente con el agua de mar denominada Zona de Mezcla. El tratamiento previo de las aguas residuales, antes de su ingreso al emisario submarino, en combinación con los procesos de dilución inicial, dispersión, asimilación y decaimiento deben garantizar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental y/o sanitaria que correspondan , en la zona de protección establecida por la autoridad competente.

3.62 Emisor

Canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado hasta una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento hasta un punto de disposición final.

3.63 Examen bacteriológico

Análisis para determinar y cuantificar el número de bacterias en las aguas residuales.

3.64 Factor de carga

Parámetro operacional y de diseño del proceso de lodos activados que resulta de dividir la masa del sustrato (kg DBO/d) que alimenta a un tanque de aeración, entre la masa de microorganismos en el sistema, representada por la masa de sólidos volátiles.

3.65 Filtro biológico

Sinónimo de "filtro percolador", "lecho bacteriano de contacto" o "biofiltro"

3.66 Filtro percolador

Sistema en el que se aplica el agua residual sedimentada sobre un medio filtrante de piedra gruesa o material sintético. La película de microorganismos que se desarrolla sobre el medio filtrante estabiliza la materia orgánica del agua residual.

3.67 Fuente no puntual

Fuente de contaminación dispersa.

3.68 Fuente puntual

Cualquier fuente definida que descarga o puede descargar contaminantes.

3.69 Grado de tratamiento

Eficiencia de remoción de una planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los requisitos de calidad del cuerpo receptor o las normas de reuso.

3.70 Igualación

Ver compensación.

3.71 Impacto ambiental

Cambio o efecto sobre el ambiente que resulta de una acción específica.

3.72 Impermeable

Que impide el paso de un líquido.

3.73 Interceptor

Canal o tubería que recibe el caudal de aguas residuales de descargas transversales y las conduce a una planta de tratamiento.

3.74 Irrigación superficial

Aplicación de aguas residuales en el terreno de tal modo que fluyan desde uno o varios puntos hasta el final de un lote.

3.75 IVL (Índice Volumétrico de lodo)

Volumen en mililitros ocupado por un gramo de sólidos, en peso seco, de la mezcla lodo/agua tras una sedimentación de 30 minutos en un cilindro graduado de 1000 ml.

3.76 Laguna aerada

Estanque para el tratamiento de aguas residuales en el cual se inyecta oxígeno por acción mecánica o difusión de aire comprimido.

3.77 Laguna aerobia

Laguna con alta producción de biomasa.

3.78 Laguna anaerobia

Estanque con alta carga orgánica en la cual se efectúa el tratamiento en la ausencia de oxígeno. Este tipo de laguna requiere tratamiento posterior complementario.

3.79 Laguna de alta producción de biomasa

Estanque normalmente de forma alargada, con un corto período de retención, profundidad reducida y con facilidades de mezcla que maximizan la producción de algas. (Otros términos utilizados pero que están tendiendo al desuso son: "laguna aerobia", "laguna fotosintética" y "laguna de alta tasa").

3.80 Laguna de estabilización

Estanque en el cual se descarga aguas residuales y en donde se produce la estabilización de materia orgánica y la reducción bacteriana.

3.81 Laguna de descarga controlada

Estanque de almacenamiento de aguas residuales tratadas, normalmente para el reuso agrícola, en el cual se embalsa el efluente tratado para ser utilizado en forma discontinua, durante los períodos de mayor demanda.

3.82 Laguna de lodos

Estanque para almacenamiento, digestión o remoción del líquido del lodo.

3.83 Laguna de maduración

Estanque de estabilización para tratar el efluente secundario o aguas residuales previamente tratadas por un sistema de lagunas, en donde se produce una reducción adicional de bacterias. Los términos "lagunas de pulimento" o "lagunas de acabado" tienen el mismo significado.

3.84 Laguna facultativa

Estanque cuyo contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día.

En el estrato superior de una laguna facultativa existe una simbiosis entre algas y bacterias en presencia de oxígeno, y en los estratos inferiores se produce una biodegradación anaerobia.

3.85 Lechos bacterianos de contacto

(Sinónimo de "filtros biológicos" o "filtros percoladores").

3.86 Lecho de secado

Tanques de profundidad reducida con arena y grava sobre drenes, destinado a la deshidratación de lodos por filtración y evaporación.

3.87 Licor mezclado

Mezcla de lodo activado y desecho líquido, bajo aeración en el proceso de lodos activados.

3.88 Lodo activado

Lodo constituido principalmente de biomasa con alguna cantidad de sólidos inorgánicos que recircula del fondo del sedimentador secundario al tanque de aeración en el tratamiento con lodos activados.

3.89 Lodo activado de exceso

Parte del lodo activado que se retira del proceso de tratamiento de las aguas residuales para su disposición posterior (vg. espesamiento, digestión o secado).

3.90 Lodo crudo

Lodo retirado de los tanques de sedimentación primaria o secundaria, que requiere tratamiento posterior (espesamiento o digestión).

3.91 Lodo digerido

Lodo mineralizado a través de la digestión aerobia o anaerobia.

3.92 Manejo de aguas residuales

Conjunto de obras de recolección, tratamiento y disposición y acciones de operación, monitoreo, control y vigilancia en relación a las aguas residuales.

3.93 Medio filtrante

Material granular a través del cual pasa el agua residual con el propósito de purificación, tratamiento o acondicionamiento.

3.94 Metales pesados

Elementos metálicos de alta densidad (por ejemplo, mercurio, cromo, cadmio, plomo) generalmente tóxicos, en bajas concentraciones al hombre, plantas y animales.

3.95 Mortalidad de las bacterias

Reducción de la población bacteriana normalmente expresada por un coeficiente cinético de primer orden en d^{-1} .

3.96 Muestra compuesta

Combinación de alicuotas de muestras individuales (normalmente en 24 horas) cuyo volumen parcial se determina en proporción al caudal del agua residual al momento de cada muestreo

3.97 Muestra puntual

Muestra tomada al azar a una hora determinada, su uso es obligatorio para el examen de un parámetro que normalmente no puede preservarse.

3.98 Muestreador automático

Equipo que toma muestras individuales, a intervalos predeterminados.

3.99 Muestreo

Toma de muestras de volumen predeterminado y con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro que se va a analizar.

3.100 Nematodos intestinales

Parásitos (Áscaris lumbricoides, Trichuris trichiura, Necator americanus y Ancylostoma duodenale, entre otros) cuyos huevos requieren de un período latente de desarrollo antes de causar infección y su dosis infectiva es mínima (un organismo). Son considerados como los organismos de mayor preocupación en cualquier esquema de reutilización de aguas residuales. Deben ser usados como microorganismos indicadores de todos los agentes patógenos sedimentables, de mayor a menor tamaño (incluso quistes amibianos).

3.101 Nutriente

Cualquier sustancia que al ser asimilada por organismos, promueve su crecimiento. En aguas residuales se refiere normalmente al nitrógeno y fósforo, pero también pueden ser otros elementos esenciales.

3.102 Obras de llegada

Dispositivos de la planta de tratamiento inmediatamente después del emisor y antes de los procesos de tratamiento.

3.103 Oxígeno disuelto

Concentración de oxígeno solubilizado en un líquido.

3.104 Parásito

Organismo protozoario o nematodo que habitando en el ser humano puede causar enfermedades.

3.105 Período de retención nominal

Relación entre el volumen y el caudal efluente.

3.106 pH

Logaritmo con signo negativo de la concentración de iones hidrógeno, expresado en moles por litro

3.107 Planta de tratamiento

Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales.

3.108 Planta piloto

Planta de tratamiento a escala, utilizada para la determinación de las constantes cinéticas y parámetros de diseño del proceso.

3.109 Población equivalente

La población estimada al relacionar la carga de un parámetro (generalmente DBO, sólidos en suspensión) con el correspondiente aporte

per cápita (g DBO/(hab.d) o g SS/ (hab.d)).

3.110 Porcentaje de reducción

Ver eficiencia del tratamiento (3.58).

3.111 Pretratamiento

Procesos que acondicionan las aguas residuales para su tratamiento posterior.

3.112 Proceso biológico

Asimilación por bacterias y otros microorganismos de la materia orgánica del desecho, para su estabilización

3.113 Proceso de lodos activados

Tratamiento de aguas residuales en el cual se somete a aeración una mezcla (licor mezclado) de lodo activado y agua residual. El licor mezclado es sometido a sedimentación para su posterior recirculación o disposición de lodo activado.

3.114 Reactor anaerobio de flujo ascendente

Proceso continuo de tratamiento anaerobio de aguas residuales en el cual el desecho circula en forma ascendente a través de un manto de lodos o filtro, para la estabilización parcial de la materia orgánica. El desecho fluye del proceso por la parte superior y normalmente se obtiene gas como subproducto.

3.115 Requisito de oxígeno

Cantidad de oxígeno necesaria para la estabilización aerobia de la materia orgánica y usada en la reproducción o síntesis celular y en el metabolismo endógeno.

3.116 Reuso de aguas residuales

Utilización de aguas residuales debidamente tratadas para un propósito específico.

3.117 Sedimentación final

Ver sedimentación secundaria.

3.118 Sedimentación primaria

Remoción de material sedimentable presente en las aguas residuales crudas. Este proceso requiere el tratamiento posterior del lodo decantado.

3.119 Sedimentación secundaria

Proceso de separación de la biomasa en suspensión producida en el tratamiento biológico.

3.120 Sistema combinado

Sistema de alcantarillado que recibe aguas de lluvias y aguas residuales de origen doméstico o industrial.

3.121 Sistema individual de tratamiento

Sistema de tratamiento para una vivienda o un número reducido de viviendas.

3.122 Sólidos activos

Parte de los sólidos en suspensión volátiles que representan a los microorganismos.

3.123 SSVTA

Sólidos en suspensión volátiles en el tanque de aeración.

3.124 Tanque séptico

Sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas que combina la sedimentación y la digestión. El efluente es dispuesto por percolación en el terreno y los sólidos sedimentados y acumulados son removidos periódicamente en forma manual o mecánica.

3.125 Tasa de filtración

Velocidad de aplicación del agua residual a un filtro.

3.126 Tóxicos

Elementos o compuestos químicos capaces de ocasionar daño por contacto o acción sistémica a plantas, animales y al hombre.

3.127 Tratamiento avanzado

Proceso de tratamiento fisicoquímico o biológico para alcanzar un grado de tratamiento superior al tratamiento secundario. Puede implicar la remoción de varios parámetros como:

- remoción de sólidos en suspensión (microcribado, clarificación química, filtración, etc.);
- remoción de complejos orgánicos disueltos (adsorción, oxidación química, etc.);
- remoción de compuestos inorgánicos disueltos (destilación, electrodiálisis, intercambio iónico, ósmosis inversa, precipitación química, etc.);

- remoción de nutrientes (nitrificación-denitrificación, desgasificación del amoníaco, precipitación química, asimilación, etc.).

3.128 Tratamiento anaerobio

Estabilización de un desecho orgánico por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno.

3.129 Tratamiento biológico

Procesos de tratamiento que intensifica la acción de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente.

3.130 Tratamiento convencional

Proceso de tratamiento bien conocido y utilizado en la práctica. Generalmente se refiere a procesos de tratamiento primario o secundario y frecuentemente se incluye la desinfección mediante cloración. Se excluyen los procesos de tratamiento terciario o avanzado

3.131 Tratamiento conjunto

Tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales en la misma planta.

3.132 Tratamiento de lodos

Procesos de estabilización, acondicionamiento y deshidratación de lodos.

3.133 Tratamiento en el terreno

Aplicación sobre el terreno de las aguas residuales parcialmente tratadas con el fin de alcanzar un tratamiento adicional.

3.134 Tratamiento preliminar

Ver pretratamiento.

3.135 Tratamiento primario

Remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta.

3.136 Tratamiento químico

Aplicación de compuestos químicos en las aguas residuales para obtener un resultado deseado; comprende los procesos de precipitación, coagulación, floculación, acondicionamiento de lodos, desinfección, etc.

3.137 Tratamiento secundario

Nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de materia orgánica biodegradable y sólidos en suspensión.

3.138 Tratamiento terciario

Tratamiento adicional al secundario. Ver tratamiento avanzado (Ver 3.127)

3.139 Tratamiento Preliminar Avanzado

Es un nivel superior al tratamiento preliminar o pretratamiento, que utiliza mecanismos físicos de cribado fino o tamizado fino, usando mallas o militamices con aberturas que varían de 0.25 mm hasta 6,00 mm. Su objetivo es acondicionar el agua residual retirando sólidos de tamaño superior a la abertura de la malla o militamiz.

Generalmente, los militamices deben estar precedidos de cribas, desarenadores y separadores de grasas y aceites.

Las eficiencias de remoción de sólidos y grasas del tratamiento preliminar avanzado varían con el tamaño de aberturas de las mallas o militamices.

Para fines de evaluación de procesos de tratamiento de aguas residuales, el tratamiento preliminar avanzado es equivalente al tratamiento primario respecto a la remoción de microorganismos.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 OBJETO DEL TRATAMIENTO

4.1.1 El objetivo del tratamiento de las aguas residuales es mejorar su calidad para cumplir con las normas de calidad del cuerpo receptor o las normas de reutilización.

4.1.2 El objetivo del tratamiento de lodos es mejorar su calidad para su disposición final o su aprovechamiento.

4.2 ORIENTACIÓN BÁSICA PARA EL DISEÑO

4.2.1 El requisito fundamental antes de proceder al diseño preliminar o definitivo de una planta de tratamiento de aguas residuales, es haber realizado el estudio del cuerpo receptor. El estudio del cuerpo receptor deberá tener en cuenta las condiciones más desfavorables. El grado de tratamiento se determinará de acuerdo con las normas de calidad del cuerpo receptor.

4.2.2 En el caso de aprovechamiento de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, el grado de tratamiento se determinará de conformidad con los requisitos de calidad para cada tipo de aprovechamiento de acuerdo a norma.

4.2.3 Una vez determinado el grado de tratamiento requerido, el diseño debe efectuarse de acuerdo con las siguientes etapas:

4.2.3.1 Estudio de factibilidad, el mismo que tiene los siguientes componentes:

- Caracterización de aguas residuales domésticas e industriales;
- información básica (geológica, geotécnica, hidrológica y topográfica);
- determinación de los caudales actuales y futuros;
- aportes per cápita actuales y futuros;
- selección de los procesos de tratamiento;
- predimensionamiento de alternativas de tratamiento
- evaluación de impacto ambiental y de vulnerabilidad ante desastres;
- factibilidad técnico-económica de las alternativas y selección de la más favorable.

4.2.3.1 Diseño definitivo de la planta que comprende

- estudios adicionales de caracterización que sean requeridos;
- estudios geológicos, geotécnicos y topográficos al detalle;
- estudios de tratabilidad de las aguas residuales, con el uso de plantas a escala de laboratorio o piloto, cuando el caso lo amerite;
- dimensionamiento de los procesos de tratamiento de la planta;
- diseño hidráulico sanitario;
- diseño estructural, mecánicos, eléctricos y arquitectónicos;
- planos y memoria técnica del proyecto;
- presupuesto referencial y fórmula de reajuste de precios;
- especificaciones técnicas para la construcción y
- manual de operación y mantenimiento.

4.2.4 Según el tamaño e importancia de la instalación que se va a diseñar se podrán combinar las dos etapas de diseño mencionadas, previa autorización de la autoridad competente.

4.2.5 Toda planta de tratamiento deberá contar con cerco perimétrico y medidas de seguridad.

4.2.6 De acuerdo al tamaño e importancia del sistema de tratamiento, deberá considerarse infraestructura complementaria: casetas de vigilancia, almacén, laboratorio, vivienda del operador y otras instalaciones que señale el organismo competente. Estas instalaciones serán obligatorias para aquellos sistemas de tratamiento diseñados para una población igual o mayor de 25000 habitantes y otras de menor tamaño que el organismo competente considere de importancia.

4.3 NORMAS PARA LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

4.3.1 Los estudios de factibilidad técnico-económica son obligatorios para todas las ciudades con sistema de alcantarillado.

4.3.2 Para la caracterización de aguas residuales domésticas se

realizará, para cada descarga importante, cinco campañas de medición y muestreo horario de 24 horas de duración y se determinará el caudal y temperatura en el campo. Las campañas deben efectuarse en días diferentes de la semana. A partir del muestreo horario se conformarán muestras compuestas; todas las muestras deberán ser preservadas de acuerdo a los métodos estándares para análisis de aguas residuales. En las muestras compuestas se determinará como mínimo los siguientes parámetros:

- demanda bioquímica de oxígeno (DBO) 5 días y 20 °C;
- demanda química de oxígeno (DQO);
- coliformes fecales y totales;
- parásitos (principalmente nematodos intestinales);
- sólidos totales y en suspensión incluido el componente volátil;
- nitrógeno amoniacal y orgánico; y
- sólidos sedimentables.

4.3.3 Se efectuará el análisis estadístico de los datos generados y si no son representativos, se procederá a ampliar las campañas de caracterización.

4.3.4 Para la determinación de caudales de las descargas se efectuarán como mínimo cinco campañas adicionales de medición horaria durante las 24 horas del día y en días que se consideren representativos. Con esos datos se procederá a determinar los caudales promedio y máximo horario representativos de cada descarga. Los caudales se relacionarán con la población contribuyente actual de cada descarga para determinar los correspondientes aportes per cápita de agua residual. En caso de existir descargas industriales dentro del sistema de alcantarillado, se calcularán los caudales domésticos e industriales por separado. De ser posible se efectuarán mediciones para determinar la cantidad de agua de infiltración al sistema de alcantarillado y el aporte de conexiones ilícitas de drenaje pluvial. En sistemas de alcantarillado de tipo combinado, deberá estudiarse el aporte pluvial.

4.3.5 En caso de sistemas nuevos se determinará el caudal medio de diseño tomando como base la población servida, las dotaciones de agua para consumo humano y los factores de contribución contenidos en la norma de redes de alcantarillado, considerándose además los caudales de infiltración y aportes industriales.

4.3.6 Para comunidades sin sistema de alcantarillado, la determinación de las características debe efectuarse calculando la masa de los parámetros más importantes, a partir de los aportes per cápita según se indica en el siguiente cuadro.

APORTE PER CÁPITA PARA AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS P A R A M E T R O S	
- DBO 5 días, 20 °C, g / (hab.d)	50
- Sólidos en suspensión, g / (hab.d)	90
- NH3 - N como N, g / (hab.d)	8
- N Kjeldahl total como N, g / (hab.d)	12
- Fósforo total, g/(hab.d)	3
- Coliformes fecales. N° de bacterias / (hab.d)	2x10 ¹¹
- Salmonella Sp., N° de bacterias / (hab.d)	1x10 ⁸
- Nematodes intes., N° de huevos / (hab.d)	4x10 ⁵

4.3.7 En las comunidades en donde se haya realizado muestreo, se relacionará la masa de contaminantes de DBO, sólidos en suspensión y nutrientes, coliformes y parásitos con las poblaciones contribuyentes, para determinar el aporte per cápita de los parámetros indicados. El aporte per cápita doméstico e industrial se calculará por separado.

4.3.8 En ciudades con tanques sépticos se evaluará el volumen y masa de los diferentes parámetros del lodo de tanques sépticos que pueda ser descargado a la planta de tratamiento de aguas residuales. Esta carga adicional será tomada en cuenta para el diseño de los procesos de la siguiente forma:

- para sistemas de lagunas de estabilización y zanjas de oxidación, la descarga será aceptada a la entrada de la planta.
- para otros tipos de plantas con tratamiento de lodos, la descarga será aceptada a la entrada del proceso de digestión o en los lechos de secado.

4.3.9 Con la información recolectada se determinarán las bases del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Se considerará un horizonte de diseño (período de diseño) entre 20 y 30 años, el mismo que será debidamente justificado ante el organismo competente. Las bases de diseño consisten en determinar para condiciones actuales, futuras (final del período de diseño) e intermedias (cada cinco años) los valores de los siguientes parámetros.

- población total y servida por el sistema;
- caudales medios de origen doméstico, industrial y de infiltración al sistema de alcantarillado y drenaje pluvial;
- caudales máximo y mínimo horarios;
- aporte per cápita de aguas residuales domésticas;
- aporte per cápita de DBO, nitrógeno y sólidos en suspensión;
- masa de descarga de contaminantes, tales como: DBO, nitrógeno y sólidos; y
- concentraciones de contaminantes como: DBO, DQO, sólidos en suspensión y coliformes en el agua residual.

- 4.3.10** El caudal medio de diseño se determinará sumando el caudal promedio de aguas residuales domésticas, más el caudal de efluentes industriales admitidos al sistema de alcantarillado y el caudal medio de infiltración. El caudal de aguas pluviales no será considerado para este caso. Los caudales en exceso provocados por el drenaje pluvial serán desviados antes del ingreso a la planta de tratamiento mediante estructuras de alivio.
- 4.3.11** En ningún caso se permitirá la descarga de aguas residuales sin tratamiento a un cuerpo receptor, aun cuando los estudios del cuerpo receptor indiquen que no es necesario el tratamiento. El tratamiento mínimo que deberán recibir las aguas residuales antes de su descarga, deberá ser el tratamiento primario. En caso dicha descarga se efectúe mediante emisario submarino, el tratamiento mínimo deberá ser tratamiento preliminar avanzado. El tratamiento previo al vertimiento de las aguas residuales a través de emisarios submarinos deberá ser como mínimo el tratamiento preliminar avanzado.
- 4.3.12** Una vez determinado el grado de tratamiento, se procederá a la selección de los procesos de tratamiento para las aguas residuales y lodos. Se dará especial consideración a la remoción de parásitos intestinales, en caso de requerirse. Se seleccionarán procesos que puedan ser construidos y mantenidos sin mayor dificultad, reduciendo al mínimo la mecanización y automatización de las unidades y evitando al máximo la importación de partes y equipos.
- 4.3.13** Para la selección de los procesos de tratamiento de las aguas residuales se usará como guía los valores del cuadro siguiente:

PROCESO DE TRATAMIENTO	REMOCIÓN (%)		REMOCIÓN ciclos log ₁₀	
	DBO	Sólidos en suspensión	Bacterias	Helminthos
Sedimentación primaria	25-30	40-70	0-1	0-1
Lodos activados (a)	70-95	70-95	0-2	0-1
Filtros percoladores (a)	50-90	70-90	0-2	0-1
Lagunas aeradas (b)	80-90	(c)	1-2	0-1
Zanjas de oxidación (d)	70-95	80-95	1-2	0-1
Lagunas de estabilización (e)	70-85	(c)	1-6	1-4

- (a) precedidos y seguidos de sedimentación
 (b) incluye laguna secundaria
 (c) dependiente del tipo de lagunas
 (d) seguidas de sedimentación
 (e) dependiendo del número de lagunas y otros factores como: temperatura, período de retención y forma de las lagunas.

- 4.3.14** Una vez seleccionados los procesos de tratamiento para las aguas residuales y lodos, se procederá al dimensionamiento de alternativas. En esta etapa se determinará el número de unidades

de los procesos que se van a construir en las diferentes fases de implementación y otros componentes de la planta de tratamiento, como: tuberías, canales de interconexión, edificaciones para operación y control, arreglos exteriores, etc. Asimismo, se determinarán los rubros de operación y mantenimiento, como consumo de energía y personal necesario para las diferentes fases.

- 4.3.15** En el estudio de factibilidad técnico económica se analizarán las diferentes alternativas en relación con el tipo de tecnología: requerimientos del terreno, equipos, energía, necesidad de personal especializado para la operación, confiabilidad en operaciones de mantenimiento correctivo y situaciones de emergencia. Se analizarán las condiciones en las que se admitirá el tratamiento de las aguas residuales industriales. Para el análisis económico se determinarán los costos directos, indirectos y de operación y mantenimiento de las alternativas, de acuerdo con un método de comparación apropiado. Se determinarán los mayores costos del tratamiento de efluentes industriales admitidos y los mecanismos para cubrir estos costos.

En caso de ser requerido, se determinará en forma aproximada el impacto del tratamiento sobre las tarifas. Con esta información se procederá a la selección de la alternativa más favorable.

- 4.3.16** Los estudios de factibilidad deberán estar acompañados de evaluaciones de los impactos ambientales y de vulnerabilidad ante desastres de cada una de las alternativas, así como las medidas de mitigación correspondientes.

4.4 NORMAS PARA LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA

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

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

- las constantes cinéticas de biodegradación y mortalidad de bacterias;
- los requisitos de energía (oxígeno) del proceso;
- la cantidad de biomasa producida, la misma que debe tratarse y disponerse posteriormente; y
- las condiciones ambientales de diseño de los diferentes procesos.

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

4.4.4.3 Los estudios de tratabilidad podrán llevarse a cabo en plantas a escala de laboratorio, con una capacidad de alrededor de 40 l/d o plantas a escala piloto con una capacidad de alrededor de 40-60 m³/d. El tipo, tamaño y secuencia de los estudios se determinarán de acuerdo con las condiciones específicas del desecho.

4.4.4.4 Para el tratamiento con lodos activados, incluidas las zanjas de oxidación y lagunas aeradas se establecerán por lo menos tres condiciones de operación de "edad de lodo" a fin de cubrir un intervalo de valores entre las condiciones iniciales hasta el final de la operación. En estos estudios se efectuarán las mediciones y determinaciones necesarias para validar los resultados con balances adecuados de energía (oxígeno) y nutrientes

4.4.4.5 Para los filtros biológicos se establecerán por lo menos tres condiciones de operación de "carga orgánica volumétrica" para el mismo criterio anteriormente indicado.

4.4.4.6 La tratabilidad para lagunas de estabilización se efectuará en una laguna cercana, en caso de existir. Se utilizará un modelo de temperatura apropiada para la zona y se procesarán los datos meteorológicos de la estación más cercana, para la simulación de la temperatura. Adicionalmente se determinará, en forma experimental, el coeficiente de mortalidad de coliformes fecales y el factor correspondiente de corrección por temperatura.

4.4.4.7 Para desechos industriales se determinará el tipo de tratabilidad biológica o fisicoquímica que sea requerida de acuerdo con la naturaleza del desecho.

4.4.4.8 Cuando se considere conveniente se realizarán en forma adicional, estudios de tratabilidad inorgánica para desarrollar criterios de diseño de otros procesos, como por ejemplo:

- ensayos de sedimentación en columnas, para el diseño de sedimentadores primarios;
- ensayos de sedimentación y espesamiento, para el diseño de sedimentadores secundarios;
- ensayos de dosificación química para el proceso de neutralización;
- pruebas de jarras para tratamiento fisicoquímico; y
- ensayos de tratabilidad para varias concentraciones de desechos peligrosos.

5. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS PARA DISEÑOS DEFINITIVOS

5.1 ASPECTOS GENERALES

5.1.1 En el caso de ciudades con sistema de alcantarillado combinado, el diseño del sistema de tratamiento deberá estar sujeto a un cuidadoso análisis para justificar el dimensionamiento de los procesos de la planta para condiciones por encima del promedio. El caudal de diseño de las obras de llegada y tratamientos preliminares será el máximo horario calculado sin el aporte pluvial.

5.1.2 Se incluirá un rebose antes del ingreso a la planta para que funcione cuando el caudal sobrepase el caudal máximo horario de diseño de la planta.

5.1.3 Para el diseño definitivo de la planta de tratamiento se deberá contar como mínimo con la siguiente información básica:

- levantamiento topográfico detallado de la zona donde se ubicarán las unidades de tratamiento y de la zona de descarga de los efluentes;
- estudios de desarrollo urbano o agrícola que puedan existir en la zona escogida para el tratamiento;
- datos geológicos y geotécnicos necesarios para el diseño estructural de las unidades, incluido el nivel freático;
- datos hidrológicos del cuerpo receptor, incluido el nivel máximo de inundación para posibles obras de protección;
- datos climáticos de la zona; y
- disponibilidad y confiabilidad del servicio de energía eléctrica.

5.1.4 El producto del diseño definitivo de una planta de tratamiento de aguas residuales consistirá de dos documentos:

- el estudio definitivo y el
- expediente técnico.

Estos documentos deberán presentarse teniendo en consideración que la contratación de la ejecución de las obras deberá incluir la puesta en marcha de la planta de tratamiento.

5.1.4.1 Los documentos a presentarse comprenden:

- memoria técnica del proyecto;
- la información básica señalada en el numeral 5.1.3;
- Los resultados del estudio del cuerpo receptor;
- resultados de la caracterización de las aguas residuales y de los ensayos de tratabilidad de ser necesarios;
- dimensionamiento de los procesos de tratamiento;
- resultados de la evaluación de impacto ambiental; y el
- manual de operación y mantenimiento.

5.1.4.2 El expediente técnico deberá contener:

- Planos a nivel de ejecución de obra, dentro de los cuales, sin carácter limitante deben incluirse:
 - planimetría general de la obra, ubicación de las unidades de tratamiento;
 - diseños hidráulicos y sanitarios de los procesos e interconexiones entre procesos, los cuales comprenden planos de planta, cortes, perfiles hidráulicos y demás detalles constructivos;
 - planos estructurales, mecánicos, eléctricos y arquitectónicos;
 - planos de obras generales como obras de protección, caminos, arreglos interiores, laboratorios, vivienda del operador, caseta de guardianía, cercos perimétricos, etc.;
- memoria descriptiva.
- especificaciones técnicas
- análisis de costos unitarios
- metrados y presupuestos
- fórmulas de reajustes de precios
- documentos relacionados con los procesos de licitación, adjudicación, supervisión, recepción de obra y otros que el organismo competente considere de importancia.

5.1.5 Los sistemas de tratamiento deben ubicarse en un área suficientemente extensa y fuera de la influencia de cauces sujetos a torrentes y avenidas, y en el caso de no ser posible, se deberán proyectar obras de protección. El área deberá estar lo más alejada posible de los centros poblados, considerando las siguientes distancias:

- 500 m como mínimo para tratamientos anaerobios;

- 200 m como mínimo para lagunas facultativas;
- 100 m como mínimo para sistemas con lagunas aeradas; y
- 100 m como mínimo para lodos activados y filtros percoladores.

Las distancias deben justificarse en el estudio de impacto ambiental. El proyecto debe considerar un área de protección alrededor del sistema de tratamiento, determinada en el estudio de impacto ambiental.

El proyectista podrá justificar distancias menores a las recomendadas si se incluye en el diseño procesos de control de olores y de otras contingencias perjudiciales

5.1.5 A partir del ítem 5.2 en adelante se detallan los criterios que se utilizarán para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento y estructuras complementarias. Los valores que se incluyen son referenciales y están basados en el estado del arte de la tecnología de tratamiento de aguas residuales y podrán ser modificadas por el proyectista, previa presentación, a la autoridad competente, de la justificación sustentatoria basada en investigaciones y el desarrollo tecnológico. Los resultados de las investigaciones realizadas en el nivel local podrán ser incorporadas a la norma cuando ésta se actualice.

Asimismo, todo proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales deberá ser elaborado por un ingeniero sanitario colegiado, quien asume la responsabilidad de la puesta en marcha del sistema. El ingeniero responsable del diseño no podrá delegar a terceros dicha responsabilidad.

En el Expediente Técnico del proyecto, se deben incluir las especificaciones de calidad de los materiales de construcción y otras especificaciones relativas a los procesos constructivos, acordes con las normas de diseño y uso de los materiales estructurales del Reglamento Nacional.

La calidad de las tuberías y accesorios utilizados en la instalación de plantas de tratamiento, deberá especificarse en concordancia con las normas técnicas peruanas relativas a tuberías y accesorios.

5.2 OBRAS DE LLEGADA

5.2.1 Al conjunto de estructuras ubicadas entre el punto de entrega del emisor y los procesos de tratamiento preliminar se le denomina estructuras de llegada. En términos generales dichas estructuras deben dimensionarse para el caudal máximo horario.

5.2.2 Se deberá proyectar una estructura de recepción del emisor que permita obtener velocidades adecuadas y disipar energía en el caso de líneas de impulsión.

5.2.3 Inmediatamente después de la estructura de recepción se ubicará el dispositivo de desvío de la planta. La existencia, tamaño y

consideraciones de diseño de estas estructuras se justificarán debidamente teniendo en cuenta los procesos de la planta y el funcionamiento en condiciones de mantenimiento correctivo de uno o varios de los procesos. Para lagunas de estabilización se deberán proyectar estas estructuras para los períodos de secado y remoción de lodos.

5.2.4 La ubicación de la estación de bombeo (en caso de existir) dependerá del tipo de la bomba. Para el caso de bombas del tipo tornillo, esta puede estar colocada antes del tratamiento preliminar, precedida de cribas gruesas con una abertura menor al paso de rosca. Para el caso de bombas centrífugas sin desintegrador, la estación de bombeo deberá ubicarse después del proceso de cribado.

5.3 TRATAMIENTO PRELIMINAR

Las unidades de tratamiento preliminar que se puede utilizar en el tratamiento de aguas residuales municipales son las cribas y los desarenadores.

5.3.1 CRIBAS

5.3.1.1 Las cribas deben utilizarse en toda planta de tratamiento, aun en las más simples.

5.3.1.2 Se diseñarán preferentemente cribas de limpieza manual, salvo que la cantidad de material cribado justifique las de limpieza mecanizada.

5.3.1.3 El diseño de las cribas debe incluir:

- una plataforma de operación y drenaje del material cribado con barandas de seguridad;
- iluminación para la operación durante la noche;
- espacio suficiente para el almacenamiento temporal del material cribado en condiciones sanitarias adecuadas;
- solución técnica para la disposición final del material cribado; y
- las compuertas necesarias para poner fuera de funcionamiento cualquiera de las unidades.

5.3.1.4 El diseño de los canales se efectuará para las condiciones de caudal máximo horario, pudiendo considerarse las siguientes alternativas:

- tres canales con cribas de igual dimensión, de los cuales uno servirá de by pass en caso de emergencia o mantenimiento. En este caso dos de los tres canales tendrán la capacidad para conducir el máximo horario;

- dos canales con cribas, cada uno dimensionados para el caudal máximo horario;
- para instalaciones pequeñas puede utilizarse un canal con cribas con by pass para el caso de emergencia o mantenimiento.

5.3.1.5 Para el diseño de cribas de rejillas se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Se utilizarán barras de sección rectangular de 5 a 15 mm de espesor de 30 a 75 mm de ancho. Las dimensiones dependen de la longitud de las barras y el mecanismo de limpieza.
- b) El espaciamiento entre barras estará entre 20 y 50 mm. Para localidades con un sistema inadecuado de recolección de residuos sólidos se recomienda un espaciamiento no mayor a 25 mm.
- c) Las dimensiones y espaciamiento entre barras se escogerán de modo que la velocidad del canal antes de y a través de las barras sea adecuada. La velocidad a través de las barras limpias debe mantenerse entre 0,60 a 0,75 m/s (basado en caudal máximo horario). Las velocidades deben verificarse para los caudales mínimos, medio y máximo.
- d) Determinada las dimensiones se procederá a calcular la velocidad del canal antes de las barras, la misma que debe mantenerse entre 0,30 y 0,60 m/s, siendo 0.45 m/s un valor comúnmente utilizado.
- e) En la determinación del perfil hidráulico se calculará la pérdida de carga a través de las cribas para condiciones de caudal máximo horario y 50% del área obstruida. Se utilizará el valor más desfavorable obtenido al aplicar las correlaciones para el cálculo de pérdida de carga. El tirante de agua en el canal antes de las cribas y el borde libre se comprobará para condiciones de caudal máximo horario y 50% del área de cribas obstruida.
- f) El ángulo de inclinación de las barras de las cribas de limpieza manual será entre 45 y 60 grados con respecto a la horizontal.
- g) El cálculo de la cantidad de material cribado se determinará de acuerdo con la siguiente tabla.

Abertura (mm)	Cantidad (litros de material cribado l/m ³ de agua residual)
20	0,038
25	0,023
35	0,012
40	0,009

- h) Para facilitar la instalación y el mantenimiento de las cribas de limpieza manual, las rejillas serán instaladas en guías

laterales con perfiles metálicos en "U", descansando en el fondo en un perfil "L" o sobre un tope formado por una pequeña grada de concreto.

5.3.2 DESARENADORES

- 5.3.2.1** La inclusión de desarenadores es obligatoria en las plantas que tienen sedimentadores y digestores. Para sistemas de lagunas de estabilización el uso de desarenadores es opcional.
- 5.3.2.2** Los desarenadores serán preferentemente de limpieza manual, sin incorporar mecanismos, excepto en el caso de desarenadores para instalaciones grandes. Según el mecanismo de remoción, los desarenadores pueden ser a gravedad de flujo horizontal o helicoidal. Los primeros pueden ser diseñados como canales de forma alargada y de sección rectangular.
- 5.3.2.3** Los desarenadores de flujo horizontal serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0,20 mm. Para el efecto se debe tratar de controlar y mantener la velocidad del flujo alrededor de 0.3 m/s con una tolerancia + 20%. La tasa de aplicación deberá estar entre 45 y 70 m³/m²/h, debiendo verificarse para las condiciones del lugar y para el caudal máximo horario. A la salida y entrada del desarenador se preverá, a cada lado, por lo menos una longitud adicional equivalente a 25% de la longitud teórica. La relación entre el largo y la altura del agua debe ser como mínimo 25. La altura del agua y borde libre debe comprobarse para el caudal máximo horario.
- 5.3.2.4** El control de la velocidad para diferentes tirantes de agua se efectuará con la instalación de un vertedero a la salida del desarenador. Este puede ser de tipo proporcional (sutro), trapezoidal o un medidor de régimen crítico (Parshall o Palmer Bowlus). La velocidad debe comprobarse para el caudal mínimo, promedio y máximo.
- 5.3.2.5** Se deben proveer dos unidades de operación alterna como mínimo.
- 5.3.2.6** Para desarenadores de limpieza manual se deben incluir las facilidades necesarias (compuertas) para poner fuera de funcionamiento cualquiera de las unidades. Las dimensiones de la parte destinada a la acumulación de arena deben ser determinadas en función de la cantidad prevista de material y la frecuencia de limpieza deseada. La frecuencia mínima de limpieza será de una vez por semana.
- 5.3.2.7** Los desarenadores de limpieza hidráulica no son recomendables a menos que se diseñen facilidades adicionales para el secado de la arena (estanques o lagunas).

5.3.2.8 Para el diseño de desarenadores de flujo helicoidal (o Geiger), los parámetros de diseño serán debidamente justificados ante el organismo competente.

5.3.3 MEDIDOR Y REPARTIDOR DE CAUDAL

5.3.3.1 Después de las cribas y desarenadores se debe incluir en forma obligatoria un medidor de caudal de régimen crítico, pudiendo ser del tipo Parshall o Palmer Bowlus. No se aceptará el uso de vertederos.

5.3.3.2 El medidor de caudal debe incluir un pozo de registro para la instalación de un limnógrafo. Este mecanismo debe estar instalado en una caseta con apropiadas medidas de seguridad.

5.3.3.3 Las estructuras de repartición de caudal deben permitir la distribución del caudal considerando todas sus variaciones, en proporción a la capacidad del proceso inicial de tratamiento para el caso del tratamiento convencional y en proporción a las áreas de las unidades primarias, en el caso de lagunas de estabilización. En general estas facilidades no deben permitir la acumulación de arena.

5.3.3.4 Los repartidores pueden ser de los siguientes tipos:

- cámara de repartición de entrada central y flujo ascendente, con vertedero circular o cuadrado e instalación de compuertas manuales, durante condiciones de mantenimiento correctivo.
- repartidor con tabiques en régimen crítico, el mismo que se ubicará en el canal.
- otros debidamente justificados ante el organismo competente.

5.3.3.5 Para las instalaciones antes indicadas el diseño se efectuará para las condiciones de caudal máximo horario, debiendo comprobarse su funcionamiento para condiciones de caudal mínimo al inicio de la operación.

5.4 TRATAMIENTO PRIMARIO

5.4.1 Generalidades

5.4.1.1 El objetivo del tratamiento primario es la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga en el tratamiento biológico. Los sólidos removidos en el proceso tienen que ser procesados antes de su disposición final.

5.4.1.2 Los procesos del tratamiento primario para las aguas residuales pueden ser: tanques Imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación.

5.4.2 TANQUES IMHOFF

5.4.2.1 Son tanques de sedimentación primaria en los cuales se incorpora la digestión de lodos en un compartimiento localizado en la parte inferior.

5.4.2.2 Para el diseño de la zona de sedimentación se utilizará los siguientes criterios:

- a) El área requerida para el proceso se determinará con una carga superficial de $1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, calculado en base al caudal medio.
- b) El período de retención nominal será de 1,5 a 2,5 horas. La profundidad será el producto de la carga superficial y el período de retención.
- c) El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados, con respecto al eje horizontal, tendrá entre 50 y 60 grados.
- d) En la arista central se dejará una abertura para el paso de sólidos de 0,15 m a 0,20 m. Uno de los lados deberá prolongarse de modo que impida el paso de gases hacia el sedimentador; esta prolongación deberá tener una proyección horizontal de 0,15 a 0,20 m.
- e) El borde libre tendrá un valor mínimo de 0.30m.
- f) Las estructuras de entrada y salida, así como otros parámetros de diseño, serán los mismos que para los sedimentadores rectangulares convencionales.

5.4.2.3 Para el diseño del compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (zona de digestión) se tendrá en cuenta los siguientes criterios:

- a) El volumen lodos se determinará considerando la reducción de 50% de sólidos volátiles, con una densidad de 1,05 kg/l y un contenido promedio de sólidos de 12,5% (al peso). El compartimiento será dimensionado para almacenar los lodos durante el proceso de digestión de acuerdo a la temperatura. Se usarán los siguientes valores:

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE DIGESTIÓN (DÍAS)
5	110
10	76
15	55
20	40
25	30

- b) Alternativamente se determinará el volumen del compartimiento de lodos considerando un volumen de 70 litros por habitante para la temperatura de 15°C. Para otras temperaturas este volumen unitario se debe multiplicar por un factor de capacidad relativa de acuerdo a los valores de la siguiente tabla:

TEMPERATURA (°C)	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
25	0,5

- c) La altura máxima de lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador.
d) El fondo del compartimiento tendrá la forma de un tronco de pirámide, cuyas paredes tendrán una inclinación de 15 grados; a 30 grados; con respecto a la horizontal.

5.4.2.4 Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digester y las del sedimentador (zona de espumas) se seguirán los siguientes criterios:

- a) El espaciamiento libre será de 1,00 m como mínimo.
b) La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.

5.4.2.5 Las facilidades para la remoción de lodos digeridos deben ser diseñadas en forma similar los sedimentadores primarios, considerando que los lodos son retirados para secado en forma intermitente. Para el efecto se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) El diámetro mínimo de las tuberías de remoción de lodos será de 200 mm.
b) La tubería de remoción de lodos debe estar 15 cm por encima del fondo del tanque.
c) Para la remoción hidráulica del lodo se requiere por lo menos una carga hidráulica de 1,80 m.

4.4.3 TANQUES DE SEDIMENTACIÓN

5.4.3.1 Los tanques de sedimentación pequeños, de diámetro o lado no mayor deben ser proyectados sin equipos mecánicos. La forma puede ser rectangular, circular o cuadrado; los rectangulares podrán tener varias tolvas y los circulares o cuadrados una tolva central, como es el caso de los sedimentadores tipo Dormund. La inclinación de las

paredes de las tolvas de lodos será de por lo menos 60 grados con respecto a la horizontal. Los parámetros de diseño son similares a los de sedimentadores con equipos mecánicos.

5.4.3.2 Los tanques de sedimentación mayores usarán equipo mecánico para el barrido de lodos y transporte a los procesos de tratamiento de lodos.

5.4.3.3 Los parámetros de diseño del tanque de sedimentación primaria y sus eficiencias deben preferentemente ser determinados experimentalmente. Cuando se diseñen tanques convencionales de sedimentación primaria sin datos experimentales se utilizarán los siguientes criterios de diseño:

- a) Los canales de repartición y entrada a los tanques deben ser diseñados para el caudal máximo horario.
- b) Los requisitos de área deben determinarse usando cargas superficiales entre 24 y 60 m³/d basado en el caudal medio de diseño, lo cual equivale a una velocidad de sedimentación de 1,00 a 2,5 m/h.
- c) El período de retención nominal será de 1,5 a 2,5 horas (recomendable < 2 horas), basado en el caudal máximo diario de diseño.
- d) La profundidad es el producto de la carga superficial y el período de retención y debe estar entre 2 y 3,5 m. (recomendable 3 m).
- e) La relación largo/ancho debe estar entre 3 y 10 (recomendable 4) y la relación largo/profundidad entre 5 y 30.
- f) La carga hidráulica en los vertederos será de 125 a 500 m³/d por metro lineal (recomendable 250), basado en el caudal máximo diario de diseño.
- g) La eficiencia de remoción del proceso de sedimentación puede estimarse de acuerdo con la tabla siguiente:

PORCENTAJE DE REMOCIÓN RECOMENDADO

PERIODO DE RETENCION NOMINAL (HORAS)	DBO 100 A 200 mg/l		DBO 200 A 300 mg/l	
	DBO	SS*	DBO	SS*
1,5	30	50	32	56
2,0	33	53	36	60
3,0	37	58	40	64
4,0	40	60	42	66

SS* = sólidos en suspensión totales.

h) El volumen de lodos primarios debe calcularse para el final del período de diseño (con el caudal medio) y

evaluarse para cada 5 años de operación. La remoción de sólidos del proceso se obtendrá de la siguiente tabla:

TIPO DE LODO PRIMARIO	GRAVEDAD ESPECÍFICA	CONCENTRACION DE SÓLIDOS	
		RANGO	% RECOMENDADO
Con alcantarillado sanitario	1,03	4 - 12	
Con alcantarillado combinado	1,05	4 - 12	6,0
Con lodo activado de exceso	1,03	3 - 10	6,5
			4,0

i) El retiro de los lodos del sedimentador debe efectuarse en forma cíclica e idealmente por gravedad. Donde no se disponga de carga hidráulica se debe retirar por bombeo en forma cíclica. Para el lodo primario se recomienda:

- bombas rotativas de desplazamiento positivo;
- bombas de diafragma;
- bombas de pistón; y
- bombas centrífugas con impulsor abierto.

Para un adecuado funcionamiento de la planta, es recomendable instalar motores de velocidad variable e interruptores cíclicos que funcionen cada 0,5 a 4 horas. El sistema de conducción de lodos podrá incluir, de ser necesario, un dispositivo para medir el caudal.

j) El volumen de la tolva de lodos debe ser verificado para el almacenamiento de lodos de dos ciclos consecutivos. La velocidad en la tubería de salida del lodo primario debe ser por lo menos 0,9 m/s.

5.4.3.4 El mecanismo de barrido de lodos de tanques rectangulares tendrá una velocidad entre 0,6 y 1,2 m/min.

5.4.3.5 Las características de los tanques circulares de sedimentación serán los siguientes:

- profundidad: de 3 a 5 m
- diámetro: de 3,6 a 4,5 m
- pendiente de fondo: de 6% a 16% (recomendable 8%).

5.4.3.6 El mecanismo de barrido de lodos de los tanques circulares tendrá una velocidad periférica tangencial comprendida entre 1,5 y 2,4 m/min o una velocidad de rotación de 1 a 3 revoluciones por hora, siendo dos un valor recomendable.

5.4.3.7 El sistema de entrada al tanque debe garantizar la distribución uniforme del líquido a través de la sección transversal y debe diseñarse en forma tal que se eviten cortocircuitos.

5.4.3.8 La carga hidráulica en los vertederos de salida será de 125

a 500 m³/d por metro lineal (recomendable 250), basado en el caudal máximo diario de diseño

5.4.3.10 La pendiente mínima de la tolva de lodos será 1,7 vertical a 1,0 horizontal. En caso de sedimentadores rectangulares, cuando la tolva sea demasiado ancha, se deberá proveer un barredor transversal desde el extremo hasta el punto de extracción de lodos.

5.4.4 TANQUES DE FLOTACIÓN

El proceso de flotación se usa en aguas residuales para remover partículas finas en suspensión y de baja densidad, usando el aire como agente de flotación. Una vez que los sólidos han sido elevados a la superficie del líquido, son removidos en una operación de desnatado. El proceso requiere un mayor grado de mecanización que los tanques convencionales de sedimentación; su uso deberá ser justificado ante el organismo competente.

5.5 TRATAMIENTO SECUNDARIO

5.5.1 GENERALIDADES

5.5.1.1 Para efectos de la presente norma de diseño se considerarán como tratamiento secundario los procesos biológicos con una eficiencia de remoción de DBO soluble mayor a 80%, pudiendo ser de biomasa en suspensión o biomasa adherida, e incluye los siguientes sistemas: lagunas de estabilización, lodos activados (incluidas las zanjas de oxidación y otras variantes), filtros biológicos y módulos rotatorios de contacto.

5.5.1.2 La selección del tipo de tratamiento secundario, deberá estar debidamente justificada en el estudio de factibilidad.

5.5.1.3 Entre los métodos de tratamiento biológico con biomasa en suspensión se preferirán aquellos que sean de fácil operación y mantenimiento y que reduzcan al mínimo la utilización de equipos mecánicos complicados o que no puedan ser reparados localmente. Entre estos métodos están los sistemas de lagunas de estabilización y las zanjas de oxidación de operación intermitente y continua. El sistema de lodos activados convencional y las plantas compactas de este tipo podrán ser utilizados sólo en el caso en que se demuestre que las otras alternativas son inconvenientes técnica y económicamente.

5.5.1.4 Entre los métodos de tratamiento biológico con biomasa adherida se preferirán aquellos que sean de fácil operación y que carezcan de equipos complicados o de difícil reparación. Entre ellos están los filtros percoladores y los módulos rotatorios de contacto.

5.5.2 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

5.5.2.1 ASPECTOS GENERALES

- a) Las lagunas de estabilización son estanques diseñados para el tratamiento de aguas residuales mediante procesos biológicos naturales de interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.) y la materia orgánica contenida en el agua residual.
- b) El tratamiento por lagunas de estabilización se aplica cuando la biomasa de las algas y los nutrientes que se descargan con el efluente pueden ser asimilados por el cuerpo receptor. El uso de este tipo de tratamiento se recomienda especialmente cuando se requiere un alto grado de remoción de organismos patógenos

Para los casos en los que el efluente sea descargado a un lago o embalse, deberá evaluarse la posibilidad de eutroficación del cuerpo receptor antes de su consideración como alternativa de descarga o en todo caso se debe determinar las necesidades de postratamiento.

- c) Para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales se considerarán únicamente los sistemas de lagunas que tengan unidades anaerobias, aeradas, facultativas y de maduración, en las combinaciones y número de unidades que se detallan en la presente norma.
- d) No se considerarán como alternativa de tratamiento las lagunas de alta producción de biomasa (conocidas como lagunas aerobias o fotosintéticas), debido a que su finalidad es maximizar la producción de algas y no el tratamiento del desecho líquido.

5.5.2.2 LAGUNAS ANAEROBIAS

- a) Las lagunas anaerobias se emplean generalmente como primera unidad de un sistema cuando la disponibilidad de terreno es limitada o para el tratamiento de aguas residuales domésticas con altas concentraciones y desechos industriales, en cuyo caso pueden darse varias unidades anaerobias en serie. No es recomendable el uso lagunas anaerobias para temperaturas menores de 15°C y presencia de alto contenido de sulfatos en las aguas residuales (mayor a 250 mg/l).
- b) Debido a las altas cargas de diseño y a la reducida eficiencia, es necesario el tratamiento adicional para alcanzar el grado de tratamiento requerido. En el caso de emplear lagunas facultativas secundarias su carga orgánica superficial no debe estar por encima de los

valores límite para lagunas facultativas. Por lo general el área de las unidades en serie del sistema no debe ser uniforme.

- c) En el dimensionamiento de lagunas anaerobias se puede usar las siguientes recomendaciones para temperaturas de 20°C:
- carga orgánica volumétrica de 100 a 300 g DBO/ (m³.d);
 - período de retención nominal de 1 a 5 días;
 - profundidad entre 2,5 y 5 m;
 - 50% de eficiencia de remoción de DBO;
 - carga superficial mayor de 1000 kg DBO/ha.día.
- d) Se deberá diseñar un número mínimo de dos unidades en paralelo para permitir la operación en una de las unidades mientras se remueve el lodo de la otra.
- e) La acumulación de lodo se calculará con un aporte no menor de 40 l/hab/año. Se deberá indicar, en la memoria descriptiva y manual de operación y mantenimiento, el período de limpieza asumido en el diseño. En ningún caso se deberá permitir que el volumen de lodos acumulado supere 50% del tirante de la laguna.
- f) Para efectos del cálculo de la reducción bacteriana se asumirá una reducción nula en lagunas anaerobias.
- g) Deberá verificarse los valores de carga orgánica volumétrica y carga superficial para las condiciones de inicio de operación y de limpieza de lodos de las lagunas. Dichos valores deben estar comprendidos entre los recomendados en el punto 3 de este artículo.

5.5.2.3 LAGUNAS AERADAS

- a) Las lagunas aeradas se emplean generalmente como primera unidad de un sistema de tratamiento en donde la disponibilidad del terreno es limitada o para el tratamiento de desechos domésticos con altas concentraciones o desechos industriales cuyas aguas residuales sean predominantemente orgánicas. El uso de las lagunas aeradas en serie no es recomendable.
- b) Se distinguen los siguientes tipos de lagunas aeradas:
- Lagunas aeradas de mezcla completa: las mismas que mantienen la biomasa en suspensión, con una alta densidad de energía instalada (>15 W/m³). Son consideradas como un proceso incipiente de lodos activados sin separación y recirculación de lodos y la presencia de algas no es aparente. En este tipo de lagunas la profundidad varía entre 3 y 5 m y el período

de retención entre 2 y 7 días. Para estas unidades es recomendable el uso de aeradores de baja velocidad de rotación. Este es el único caso de laguna aerada para el cual existe una metodología de dimensionamiento.

- Lagunas aeradas facultativas: las cuales mantienen la biomasa en suspensión parcial, con una densidad de energía instalada menor que las anteriores (1 a 4 W/m³, recomendable 2 W/m³). Este tipo de laguna presenta acumulación de lodos, observándose frecuentemente la aparición de burbujas de gas de gran tamaño en la superficie por efecto de la digestión de lodos en el fondo. En este tipo de lagunas los períodos de retención varían entre 7 y 20 días (variación promedio entre 10 y 15 días) y las profundidades son por lo menos 1,50 m. En climas cálidos y con buena insolación se observa un apreciable crecimiento de algas en la superficie de la laguna.
 - Lagunas facultativas con agitación mecánica: se aplican exclusivamente a unidades sobrecargadas del tipo facultativo en climas cálidos. Tienen una baja densidad de energía instalada (del orden de 0,1 W/m³), la misma que sirve para vencer los efectos adversos de la estratificación termal, en ausencia del viento. Las condiciones de diseño de estas unidades son las mismas que para lagunas facultativas. El uso de los aeradores puede ser intermitente.
- c) Los dos primeros tipos de lagunas aeradas antes mencionados, pueden ser seguidas de lagunas facultativas diseñadas con la finalidad de tratar el efluente de la laguna primaria, asimilando una gran cantidad de sólidos en suspensión.
- d) Para el diseño de lagunas aeradas de mezcla completa se observarán las siguientes recomendaciones:
- Los criterios de diseño para el proceso (coeficiente cinético de degradación, constante de autooxidación y requisitos de oxígeno para síntesis) deben idealmente ser determinados a través de experimentación.
 - Alternativamente se dimensionará la laguna aerada para la eficiencia de remoción de DBO soluble establecida en condiciones del mes más frío y con una constante de degradación alrededor de 0,025 (1/(mg/l Xv.d)) a 20°C, en donde Xv es la concentración de sólidos volátiles activos en la laguna.
 - Los requisitos de oxígeno del proceso (para síntesis y respiración endógena) se determinará para condiciones del mes más caliente. Estos serán corregidos a condiciones estándar, por temperatura y elevación, según lo indicado en el numeral 5.5.3.1 ítem 6.
 - Se seleccionará el tipo de aerador más conveniente,

prefiriéndose los aereadores mecánicos superficiales, de acuerdo con sus características, velocidad de rotación, rendimiento y costo. La capacidad de energía requerida e instalada se determinará seleccionando un número par de aeradores de igual tamaño y eficiencias especificadas.

- Para la remoción de coliformes se usará el mismo coeficiente de mortalidad neto que el especificado para las lagunas facultativas. La calidad del efluente se determinará para las condiciones del mes más frío. Para el efecto podrá determinarse el factor de dispersión por medio de la siguiente relación:

$$d = \frac{2881 \times PR}{L^2}$$

En donde:

PR es el período de retención nominal expresado en horas y L es la longitud entre la entrada y la salida en metros.

En caso de utilizarse otra correlación deberá ser justificada ante la autoridad competente.

5.5.2.4 LAGUNAS FACULTATIVAS

a) Su ubicación como unidad de tratamiento en un sistema de lagunas puede ser:

- Como laguna única (caso de climas fríos en los cuales la carga de diseño es tan baja que permite una adecuada remoción de bacterias) o seguida de una laguna secundaria o terciaria (normalmente referida como laguna de maduración), y
- Como una unidad secundaria después de lagunas anaerobias o aeradas para procesar sus efluentes a un grado mayor.

b) Los criterios de diseño referidos a temperaturas y mortalidad de bacterias se deben determinar en forma experimental. Alternativamente y cuando no sea posible la experimentación, se podrán usar los siguientes criterios:

- La temperatura de diseño será el promedio del mes más frío (temperatura del agua), determinada a través de correlaciones de las temperaturas del aire y agua existentes.
- En caso de no existir esos datos, se determinará la temperatura del agua sumando a la temperatura del aire un valor que será justificado debidamente ante el organismo competente, el mismo que depende de las condiciones meteorológicas del lugar.
- En donde no exista ningún dato se usará la temperatura promedio del aire del mes más frío.

- El coeficiente de mortalidad bacteriana (neto) será adoptado entre el intervalo de 0,6 a 1,0 (l/d) para 20°C.
- c) La carga de diseño para lagunas facultativas se determina con la siguiente expresión:

$$C_d = 250 \times 1,05^{T-20}$$

En donde:

C_d es la carga superficial de diseño en kg DBO / (ha.d)

T es la temperatura del agua promedio del mes más frío en °C.

- d) Alternativamente puede utilizarse otras correlaciones que deberán ser justificadas ante la autoridad competente.
- e) El proyectista deberá adoptar una carga de diseño menor a la determinada anteriormente, si existen factores como:
- la existencia de variaciones bruscas de temperatura,
 - la forma de la laguna (las lagunas de forma alargada son sensibles a variaciones y deben tener menores cargas),
 - la existencia de desechos industriales,
 - el tipo de sistema de alcantarillado, etc.
- f) Para evitar el crecimiento de plantas acuáticas con raíces en el fondo, la profundidad de las lagunas debe ser mayor de 1,5 m. Para el diseño de una laguna facultativa primaria, el proyectista deberá proveer una altura adicional para la acumulación de lodos entre períodos de limpieza de 5 a 10 años.
- g) Para lagunas facultativas primarias se debe determinar el volumen de lodo acumulado teniendo en cuenta un 80% de remoción de sólidos en suspensión en el efluente, con una reducción de 50% de sólidos volátiles por digestión anaerobia, una densidad del lodo de 1,05 kg/l y un contenido de sólidos de 15% a 20% al peso. Con estos datos se debe determinar la frecuencia de remoción del lodo en la instalación
- h) Para el diseño de lagunas facultativas que reciben el efluente de lagunas aeradas se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:
- el balance de oxígeno de la laguna debe ser positivo, teniendo en cuenta los siguientes componentes:
 - la producción de oxígeno por fotosíntesis,
 - la reaeración superficial,
 - la asimilación de los sólidos volátiles del afluente,
 - la asimilación de la DBO soluble,
 - el consumo por solubilización de sólidos en la digestión, y el consumo neto de oxígeno de los sólidos anaerobios.

- Se debe determinar el volumen de lodo acumulado a partir de la concentración de sólidos en suspensión en el efluente de la laguna aereada, con una reducción de 50% de sólidos volátiles por digestión anaerobia, una densidad del lodo de 1,03 kg/l y un contenido de sólidos 10% al peso. Con estos datos se debe determinar la frecuencia de remoción del lodo en la instalación.
- i) En el cálculo de remoción de la materia orgánica (DBO) se podrá emplear cualquier metodología debidamente sustentada, con indicación de la forma en que se determina la concentración de DBO (total o soluble).

En el uso de correlaciones de carga de DBO aplicada a DBO removida, se debe tener en cuenta que la carga de DBO removida es la diferencia entre la DBO total del afluente y la DBO soluble del efluente. Para lagunas en serie se debe tomar en consideración que en la laguna primaria se produce la mayor remoción de materia orgánica. La concentración de DBO en las lagunas siguientes no es predecible, debido a la influencia de las poblaciones de algas de cada unidad.

5.5.2.5 DISEÑO DE LAGUNAS PARA REMOCIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS

- a) Las disposiciones que se detallan se aplican para cualquier tipo de lagunas (en forma individual o para lagunas en serie), dado que la mortalidad bacteriana y remoción de parásitos ocurre en todas las unidades y no solamente en las lagunas de maduración.
- b) Con relación a los parásitos de las aguas residuales, los nematodos intestinales se consideran como indicadores, de modo que su remoción implica la remoción de otros tipos de parásitos. Para una adecuada remoción de nematodos intestinales en un sistema de laguna se requiere un período de retención nominal de 10 días como mínimo en una de las unidades.
- c) La reducción de bacterias en cualquier tipo de lagunas debe, en lo posible, ser determinada en términos de coliformes fecales, como indicadores. Para tal efecto, el proyectista debe usar el modelo de flujo disperso con los coeficientes de mortalidad netos para los diferentes tipos de unidades. El uso del modelo de mezcla completa con coeficientes globales de mortalidad no es aceptable para el diseño de las lagunas en serie.
- d) El factor de dispersión en el modelo de flujo disperso puede determinarse según la forma de la laguna y el valor de la temperatura.

El proyectista deberá justificar la correlación empleada.

Los siguientes valores son referenciales para la relación largo/ancho:

Relación largo – ancho	Factor de dispersión
1	1
2	0.50
4	0.25
8	0.12

- e) El coeficiente de mortalidad neto puede ser corregido con la siguiente relación de dependencia de la temperatura.

$$K_T = K_{20} \times 1,05^{(T - 20)}$$

En donde:

K_T es el coeficiente de mortalidad neto a la temperatura del agua
 T promedio del mes más frío, en °C

K_{20} es el coeficiente de mortalidad neto a 20 °C.

5.5.2.6 Normas generales para el diseño de sistemas de lagunas

- a) El período de diseño de la planta de tratamiento debe estar comprendido entre 20 y 30 años, con etapas de implementación de alrededor de 10 años.
- b) En la concepción del proyecto se deben seguir las siguientes consideraciones:
- El diseño debe concebirse por lo menos con dos unidades en paralelo para permitir la operación de una de las unidades durante la limpieza.
 - La conformación de unidades, geometría, forma y número de celdas debe escogerse en función de la topografía del sitio, y en particular de un óptimo movimiento de tierras, es decir de un adecuado balance entre el corte y relleno para los diques.
 - La forma de las lagunas depende del tipo de cada una de las unidades. Para las lagunas anaerobias y aeradas se recomiendan formas cuadradas o ligeramente rectangulares. Para las lagunas facultativas se recomienda formas alargadas; se sugiere que la relación largo-ancho mínima sea de 2.
 - En general, el tipo de entrada debe ser lo más simple posible y no muy alejada del borde de los taludes, debiendo proyectarse con descarga sobre la superficie.
 - En la salida se debe instalar un dispositivo de medición de caudal (vertedero o medidor de régimen crítico), con la finalidad de poder evaluar el funcionamiento de la

unidad.

- Antes de la salida de las lagunas primarias se recomienda la instalación de una pantalla para la retención de natas.
 - La interconexión entre las lagunas puede efectuarse mediante usando simples tuberías después del vertedero o canales con un medidor de régimen crítico. Esta última alternativa es la de menor pérdida de carga y de utilidad en terrenos planos.
 - Las esquinas de los diques deben redondearse para minimizar la acumulación de natas.
 - El ancho de la berma sobre los diques debe ser por lo menos de 2,5 m para permitir la circulación de vehículos. En las lagunas primarias el ancho debe ser tal que permita la circulación de equipo pesado, tanto en la etapa de construcción como durante la remoción de lodos.
 - No se recomienda el diseño de tuberías, válvulas, compuertas metálicas de vaciado de las lagunas debido a que se deterioran por la falta de uso. Para el vaciado de las lagunas se recomienda la instalación temporal de sifones u otro sistema alternativo de bajo costo.
- c) El borde libre recomendado para las lagunas de estabilización es de 0,5 m. Para el caso en los cuales se puede producir oleaje por la acción del viento se deberá calcular una mayor altura y diseñar la protección correspondiente para evitar el proceso de erosión de los diques.
- d) Se debe comprobar en el diseño el funcionamiento de las lagunas para las siguientes condiciones especiales:
- Durante las condiciones de puesta en operación inicial, el balance hídrico de la laguna (afluente - evaporación - infiltración > efluente) debe ser positivo durante los primeros meses de funcionamiento.
 - Durante los períodos de limpieza, la carga superficial aplicada sobre las lagunas en operación no debe exceder la carga máxima correspondiente a las temperaturas del período de limpieza.
- e) Para el diseño de los diques se debe tener en cuenta las siguientes disposiciones:
- Se debe efectuar el número de sondajes necesarios para determinar el tipo de suelo y de los estratos a cortarse en el movimiento de tierras. En esta etapa se efectuarán las pruebas de mecánica de suelos que se requieran (se debe incluir la permeabilidad en el sitio) para un adecuado diseño de los diques y formas de impermeabilización. Para determinar el número de calicatas se tendrá en consideración la topografía y

geología del terreno, observándose como mínimo las siguientes criterios:

- El número mínimo de calicatas es de 4 por hectárea.
- Para los sistemas de varias celdas el número mínimo de calicatas estará determinado por el número de cortes de los ejes de los diques más una perforación en el centro de cada unidad. Para terrenos de topografía accidentada en los que se requieren cortes pronunciados se incrementarán los sondeos cuando sean necesarios.
- Los diques deben diseñarse comprobando que no se produzca volcamiento y que exista estabilidad en las condiciones más desfavorables de operación, incluido un vaciado rápido y sismo.
- Se deben calcular las subpresiones en los lados exteriores de los taludes para comprobar si la pendiente exterior de los diques es adecuada y determinar la necesidad de controles como: impermeabilización, recubrimientos o filtros de drenaje.
- En general los taludes interiores de los diques deben tener una inclinación entre 1:1,5 y 1:2. Los taludes exteriores son menos inclinados, entre 1:2 y 1:3 (vertical: horizontal).
- De los datos de los sondeos se debe especificar el tipo de material a usarse en la compactación de los diques y capa de impermeabilización, determinándose además las canteras de los diferentes materiales que se requieren.
- La diferencia de cotas del fondo de las lagunas y el nivel freático deberá determinarse considerando las restricciones constructivas y de contaminación de las aguas subterráneas de acuerdo a la vulnerabilidad del acuífero.
- Se deberá diseñar, si fuera necesario, el sistema de impermeabilización del fondo y taludes, debiendo justificar la solución adoptada.

f) Se deben considerar las siguientes instalaciones adicionales:

- Casa del operador y almacén de materiales y herramientas.
- Laboratorio de análisis de aguas residuales para el control de los procesos de tratamiento, para ciudades con más de 75000 habitantes y otras de menor tamaño que el organismo competente considere necesario.
- Para las lagunas aeradas se debe considerar adicionalmente la construcción de una caseta de operación, con área de oficina, taller y espacio para los controles mecánico-eléctricos, en la cual debe instalarse un tablero de operación de los motores y demás controles que sean necesarios.
- Una estación meteorológica básica que permita la

medición de la temperatura ambiental, dirección y velocidad de viento, precipitación y evaporación.

- Para las lagunas aeradas se debe considerar la iluminación y asegurar el abastecimiento de energía en forma continua. Para el efecto se debe estudiar la conveniencia de instalar un grupo electrógeno.
- El sistema de lagunas debe protegerse contra daños por efecto de la escorrentía, diseñándose cunetas de intercepción de aguas de lluvia en caso de que la topografía del terreno así lo requiera.
- La planta debe contar con cerco perimétrico de protección y letreros adecuados.

5.5.3 TRATAMIENTO CON LODOS ACTIVADOS

5.5.3.1 Aspectos generales

- a) A continuación se norman aspectos comunes tanto del proceso convencional con lodos activados como de todas sus variaciones.
- b) Para efectos de las presentes normas se consideran como opciones aquellas que tengan una eficiencia de remoción de 75 a 95% de la DBO. Entre las posibles variaciones se podrá seleccionar la aeración prolongada por zanjas de oxidación, en razón a su bajo costo. La selección del tipo de proceso se justificará mediante un estudio técnico económico, el que considerará por lo menos los siguientes aspectos:
 - calidad del efluente;
 - requerimientos y costos de tratamientos preliminares y primarios;
 - requerimientos y costos de tanques de aeración y sedimentadores secundarios;
 - requerimientos y costos del terreno para las instalaciones (incluye unidades de tratamiento de agua residual y lodo, áreas libres, etc.);
 - costo del tratamiento de lodos, incluida la cantidad de lodo generado en cada uno de los procesos;
 - costo y vida útil de los equipos de la planta;
 - costos operacionales de cada alternativa (incluido el monitoreo de control de los procesos y de la calidad de los efluentes);
 - dificultad de la operación y requerimiento de personal calificado.
- c) Para el diseño de cualquier variante del proceso de lodos activados, se tendrán en consideración las siguientes disposiciones generales:
 - Los criterios fundamentales del proceso como: edad del lodo, requisitos de oxígeno, producción de lodo, eficiencia y densidad de la biomasa deben ser

determinados en forma experimental de acuerdo a lo indicado en el artículo 4.4.4.

- En donde no sea requisito desarrollar estos estudios, se podrán usar criterios de diseño.
- Para determinar la eficiencia se considera al proceso de lodos activados conjuntamente con el sedimentador secundario o efluente líquido separado de la biomasa.
- El diseño del tanque de aeración se efectúa para las condiciones de caudal medio. El proceso deberá estar en capacidad de entregar la calidad establecida para el efluente en las condiciones del mes más frío.

d) Para el tanque de aeración se comprobará los valores de los siguientes parámetros:

- período de retención en horas;
- edad de lodos en días;
- carga volumétrica en kg DBO/m³;
- remoción de DBO en %;
- concentración de sólidos en suspensión volátiles en el tanque de aeración (SSVTA), en kg SSVTA/m³ (este parámetro también se conoce como sólidos en suspensión volátiles del licor mezclado - SSVLM);
- carga de la masa en kg DBO/Kg SSVTA. día;
- tasa de recirculación o tasa de retorno en %.

e) En caso de no requerirse los ensayos de tratabilidad, podrán utilizarse los siguientes valores referenciales:

TIPO DE PROCESO	Período de Retención (h)	Edad del lodo (d)	Carga Volumétrica kg (DBO/m ³ .día).
Convencional	4 - 8	4 - 15	0,3 - 0,6
Aeración	3 - 6	5 - 15	0,6 - 0,9
escalonada	2 - 4	2 - 4	1,1 - 3,0
Alta carga	16 - 48	20 - 60	0,2 - 0,3
Aeración prolongada	3 - 5	5 - 15	0,8 - 2,0
Mezcla completa	20 - 36	30 - 40	0,2 - 0,3
Zanja de oxidación			

Adicionalmente se deberá tener en consideración los siguientes parámetros:

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

NOTA: La selección de otro proceso deberá justificarse convenientemente.

f) Para la determinación de la capacidad de oxigenación del proceso se deberán tener en cuenta las siguientes disposiciones:

- Los requisitos de oxígeno del proceso deben calcularse para las condiciones de operación de temperatura promedio mensual más alta y deben ser suficientes para abastecer oxígeno para la síntesis de la materia orgánica (remoción de DBO), para la respiración endógena y para la nitrificación
- Estos requisitos están dados en condiciones de campo y deben ser corregidos a condiciones estándar de cero por ciento de saturación, temperatura estándar de 20°C y una atmósfera de presión, con el uso de las siguientes relaciones:

$$N_{20} = N_c / F$$

$$F = \alpha \times Q^{T-20} (C_{sc} \times \beta - C_i) / 9.02$$

$$C_{sc} = C_s (P - p) / (760 - p)$$

$$p = \exp (1,52673 + 0,07174 T - 0,000246 T^2)$$

$$P = 760 \exp (- E / 8005)$$

$$C_s = 14,652 - 0,41022T + 0,007991T^2 - 0,000077774 T^3$$

En donde:

N_{20} = requisitos de oxígeno en condiciones estándares kg O₂/d

N_c = requisitos de oxígeno en condiciones de campo, kg O₂/d

F = factor de corrección

α = factor de corrección que relaciona los coeficientes de transferencia de oxígeno del desecho y el agua. Su valor será debidamente justificado según el tipo de aeración. Generalmente este valor se encuentra en el rango de 0,8 a 0,9.

Q = factor de dependencia de temperatura cuyo valor se toma como 1,02 para aire comprimido y 1,024 por aeración mecánica.

C_{sc} = concentración de saturación de oxígeno en condiciones de campo (presión P y temperatura T).

β = factor de corrección que relaciona las

concentraciones de saturación del desecho y el agua (en condiciones de campo). Su valor será debidamente justificado según el tipo de sistema de aeración. Normalmente se asume un valor de 0,95 para la aeración mecánica.

C_i = nivel de oxígeno en el tanque de aeración. Normalmente se asume entre 1 y 2 mg/l. Bajo ninguna circunstancia de operación se permitirá un nivel de oxígeno menor de 0,5 mg/l.

C_S = concentración de saturación de oxígeno en condiciones al nivel del mar y temperatura T.

P = Presión atmosférica de campo (a la elevación del lugar), mm Hg.

p = presión de vapor del agua a la temperatura T, mm Hg.

E = Elevación del sitio en metros sobre el nivel del mar.

- El uso de otras relaciones debe justificarse debidamente ante el organismo competente.
- La corrección a condiciones estándares para los sistemas de aeración con aire comprimido será similar a lo anterior, pero además debe tener en cuenta las características del difusor, el flujo de aire y las dimensiones del tanque.

g) La selección del tipo de aereador deberá justificarse debidamente técnica y económicamente.

h) Para los sistemas de aeración mecánica se observarán las siguientes disposiciones:

- La capacidad instalada de energía para la aeración se determinará relacionando los requerimientos de oxígeno del proceso (kg O₂/d) y el rendimiento del aereador seleccionado (kg O₂/Kwh) ambos en condiciones estándar, con la respectiva corrección por eficiencia en el motor y reductor. El número de equipos de aeración será como mínimo dos y preferentemente de igual capacidad teniendo en cuenta las capacidades de fabricación estandarizadas.
- El rendimiento de los aereadores debe determinarse en un tanque con agua limpia y una densidad de energía entre 30 y 50 W/m³. Los rendimientos deberán expresarse en kg O₂/Kwh y en las siguientes condiciones:
 - una atmósfera de presión;
 - cero por ciento de saturación;
 - temperatura de 20 °C.
- El conjunto motor-reductor debe ser seleccionado para un régimen de funcionamiento de 24 horas. Se recomienda un factor de servicio de 1,0 para el motor.
- La capacidad instalada del equipo será la anteriormente

determinada, pero sin las eficiencias del motor y reductor de velocidad.

- El rotor de aeración debe ser de acero inoxidable u otro material resistente a la corrosión y aprobado por la autoridad competente.
- La densidad de energía (W/m³) se determinará relacionando la capacidad del equipo con el volumen de cada tanque de aeración. La densidad de energía debe permitir una velocidad de circulación del licor mezclado, de modo que no se produzca la sedimentación de sólidos.
- La ubicación de los aeradores debe ser tal que exista una interacción de sus áreas de influencia.

i) Para sistemas con difusión de aire comprimido se procederá en forma similar, pero teniendo en cuenta los siguientes factores:

- el tipo de difusor (burbuja fina o gruesa);
- las constantes características de cada difusor;
- el rendimiento de cada unidad de aeración;
- el flujo de aire en condiciones estándares;
- la localización del difusor respecto a la profundidad del líquido, y el ancho del tanque
- altura sobre el nivel del mar.

La potencia requerida se determinará considerando la carga sobre el difusor más la pérdida de carga por el flujo del aire a través de las tuberías y accesorios. La capacidad de diseño será 1,2 veces la capacidad nominal.

5.5.3.2 Sedimentador Secundario

a) Los criterios de diseño para los sedimentadores secundarios deben determinarse experimentalmente.

b) En ausencia de pruebas de sedimentación, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- el diseño se debe efectuar para caudales máximos horarios;
- para todas las variaciones del proceso de lodos activados (excluyendo aeración prolongada) se recomienda los siguientes parámetros:

TIPO DE TRATAMIENTO	CARGA DE SUPERFICIE m ³ /m ² .d		CARGA kg/m ² .h		PROFUNDIDA D (m)
	Media	Máx.	Media	Máx.	

Sedimentación a continuación de lodos activados (excluida la aeración prolongada)	16-32	40-48	3,0-6,0	9,0	3,5-5
Sedimentación a continuación de aeración prolongada	8-16	24-32	1,0-5,0	7,0	3,5-5

Las cargas hidráulicas anteriormente indicadas están basadas en el caudal del agua residual sin considerar la recirculación, puesto que la misma es retirada del fondo al mismo tiempo y no tiene influencia en la velocidad ascensional del sedimentador.

c) Para decantadores secundarios circulares se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Los decantadores con capacidades de hasta 300 m³ pueden ser diseñados sin mecanismo de barrido de lodos, debiendo ser de tipo cónico o piramidal, con una inclinación mínima de las paredes de la tolva de 60 grados (tipo Dormund). Para estos casos la remoción de lodos debe ser hecha a través de tuberías con un diámetro mínimo de 200 mm.
- Los decantadores circulares con mecanismo de barrido de lodos deben diseñarse con una tolva central para acumulación de lodos de por lo menos 0,6 m de diámetro y profundidad máxima de 4 m. Las paredes de la tolva deben tener una inclinación de por lo menos 60 grados.
- El fondo de los decantadores circulares debe tener una inclinación de alrededor de 1:12 (vertical: horizontal).
- El diámetro de la zona de entrada en el centro del tanque debe ser aproximadamente 15 a 20% del diámetro del decantador. Las paredes del pozo de ingreso no deben profundizarse más de 1 m por debajo de la superficie para evitar el arrastre de los lodos.
- La velocidad periférica del barredor de lodos debe estar comprendida entre 1,5 a 2,5 m/min y no mayor de 3 revoluciones por hora.

d) Los decantadores secundarios rectangulares serán la segunda opción después de los circulares. Para estos casos se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La relación largo/ancho debe ser 4/1 como mínimo.
- La relación ancho/profundidad debe estar comprendida

- entre 1 y 2.
- Para las instalaciones pequeñas (hasta 300 m³) se podrá diseñar sedimentadores rectangulares sin mecanismos de barrido de lodos, en cuyo caso se diseñarán pirámides invertidas con ángulos mínimos de 60° respecto a la horizontal.
- e) Para zanjas de oxidación se admite el diseño de la zanja con sedimentador secundario incorporado, para lo cual el proyectista deberá justificar debidamente los criterios de diseño.
- f) Para facilitar el retorno de lodos, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:
- Para decantadores circulares, el retorno del lodo será continuo y se podrá usar bombas centrífugas o de desplazamiento positivo. La capacidad instalada de la estación de bombeo de lodos de retorno será por lo menos 100% por encima de la capacidad operativa. La capacidad de bombeo será suficientemente flexible (con motores de velocidad variable o número de bombas) de modo que se pueda operar la planta en todas las condiciones a lo largo de la vida de la planta.
 - Para decantadores rectangulares con mecanismo de barrido de movimiento longitudinal, se considerará la remoción de lodos en forma intermitente, entre períodos de viajes del mecanismo.
 - El lodo de retorno debe ser bombeado a una cámara de repartición con compuertas manuales y vertederos para separar el lodo de exceso.
 - Alternativamente se puede controlar el proceso descargando el lodo de exceso directamente del tanque de aeración, usando la edad de lodo como parámetro de control. Por ejemplo si la edad del lodo es de 20 días, se deberá desechar 1/20 del volumen del tanque de aeración cada día. Esta es la única forma de operación en el caso de zanjas de oxidación con sedimentador incorporado. En este caso el licor mezclado debe ser retirado en forma intermitente (de 6 a 8 retiros) a un tanque de concentración (en el caso de zanja de oxidación) o a un espesador, en el caso de otros sistemas de baja edad del lodo.

5.5.3.3 Zanjas de oxidación

- a) Las zanjas de oxidación son adecuadas para pequeñas y

grandes comunidades y constituyen una forma especial de aeración prolongada con bajos costos de instalación por cuanto no es necesario el uso de decantación primaria y el lodo estabilizado en el proceso puede ser desaguado directamente en lechos de secado. Este tipo de tratamiento es además de simple operación y capaz de absorber variaciones bruscas de carga.

- b) Los criterios de diseño para las zanjas de oxidación son los mismos que se ha enunciado en el capítulo anterior (lodos activados) en lo que se refiere a parámetros de diseño del reactor y sedimentador secundario y requisitos de oxígeno. En el presente capítulo se dan recomendaciones adicionales propias de este proceso.
- c) Para las poblaciones de hasta 10000 habitantes se pueden diseñar zanjas de tipo convencional, con rotores horizontales. Para este caso se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:
- La forma de la zanja convencional es ovalada, con un simple tabique de nivel soportante en la mitad. Para una adecuada distribución de las líneas de flujo, se recomienda la instalación de por lo menos dos tabiques semicirculares localizados en los extremos, a $1/3$ del ancho del canal.
 - La entrada puede ser un simple tubo con descarga libre, localizado preferiblemente antes del rotor. Si se tiene más de dos zanjas se deberá considerar una caja de repartición de caudales.
 - El rotor horizontal a seleccionarse debe ser de tal característica que permita la circulación del líquido con una velocidad de por lo menos 25 cm/seg. En este caso la profundidad de la zanja no deberá ser mayor de 1.50 m para una adecuada transferencia de momento. No es necesario la profundización del canal debajo de la zona de aeración
 - Los rotores son cuerpos cilíndricos de varios tipos, apoyados en cajas de rodamiento en sus extremos, por lo cual su longitud depende de la estructura y estabilidad de cada modelo. Para rotores de longitud mayor de 3,0 m se recomienda el uso de apoyos intermedios. Los apoyos en los extremos deben tener obligatoriamente cajas de rodetes autoalineantes, capaces de absorber las deflexiones del rotor sin causar problemas mecánicos.
 - La determinación de las características del rotor como diámetro, longitud, velocidad de rotación y profundidad de inmersión, debe efectuarse de modo que se puedan suministrar los requisitos de oxígeno al proceso en todas las condiciones operativas posibles. Para el efecto se debe disponer de las curvas características del

rendimiento del modelo considerado en condiciones estándar. Los rendimientos estándares de rotores horizontales son del orden de 1,8 a 2,8 kg O₂/Kwh.

- El procedimiento normal es diseñar primero el vertedero de salida de la zanja, el mismo que puede ser de altura fija o regulable y determinar el intervalo de inmersiones del rotor para las diferentes condiciones de operación.
 - Para instalaciones de hasta 20 l/s se puede considerar el uso de zanjas de operación intermitente, sin sedimentadores secundarios. En este caso se debe proveer almacenamiento del desecho por un período de hasta 2 horas, ya sea en el interceptor o en una zanja accesoria.
 - El conjunto motor-reductor debe ser escogido de tal manera que la velocidad de rotación sea entre 60 y 110 RPM y que la velocidad periférica del rotor sea alrededor de 2,5 m/s.
- d) Para poblaciones mayores de 10000 habitantes se deberá considerar obligatoriamente la zanja de oxidación profunda (reactor de flujo orbital) con aeradores de eje vertical y de baja velocidad de rotación. Estos aereadores tienen la característica de transferir a la masa líquida en forma eficiente de modo que imparten una velocidad adecuada y un flujo de tipo helicoidal. Para este caso se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:
- La profundidad de la zanja será de 5 m y el ancho de 10 m como máximo. La densidad de energía deberá ser superior a 10 W/m³
 - Los reactores pueden tener formas variadas, siempre que se localicen los aeradores en los extremos y en forma tangencial a los tabiques de separación. Se dan como guía los siguientes anchos y profundidades de los canales:

Habitantes Equivalentes	Ancho (m)	Profundidad (m)
10000	5.00	1.50
25000	6.25	2.00
50000	8.00	3.50
75000	8.00	4.00
100000	9.00	4.50
200000	10.00	5.00

Con relación a la forma de los canales se dan las siguientes recomendaciones:

- la profundidad del canal debe ser entre 0,8 y 1,4 veces el diámetro del rotor seleccionado;
- el ancho de los canales debe ser entre 2 y 3 veces el diámetro del rotor seleccionado;
- la longitud desarrollada del canal no debe sobrepasar 250 m;

Para los aereadores de eje vertical se dan las siguientes recomendaciones:

- La velocidad de rotación para los aereadores pequeños debe ser de 36 a 40 RPM y para los aereadores grandes de 25 a 40 RPM.
- La distancia entre el fin del tabique divisorio y los extremos de las paletas del rotor debe ser alrededor de 1,5% del diámetro total del rotor (incluidas las paletas).
- La profundidad de inmersión del rotor debe ser de 0,15 a 0,20 m.
- La densidad de energía en la zona de mezcla total debe ser de 20 a 60 W/m³.

Se pueden considerar zanjas de oxidación de funcionamiento continuo con zonas de denitrificación antes de una zona de aeración. Para el efecto hay que considerar los siguientes aspectos:

- En el diseño de sedimentadores secundarios, para zanjas con denitrificación se debe asegurar un rápido retiro del lodo, para impedir la flotación del mismo.
- El vertedero de salida debe estar localizado al final de la zona de denitrificación.

5.5.4 FILTROS PERCOLADORES

5.5.4.1 Los filtros percoladores deberán diseñarse de modo que se reduzca al mínimo la utilización de equipo mecánico. Para ello se preferirá las siguientes opciones: lechos de piedra, distribución del efluente primario (tratado en tanques Imhoff) por medio de boquillas o mecanismos de brazo giratorios autopropulsados, sedimentadores secundarios sin mecanismos de barrido (con tolvas de lodos) y retorno del lodo secundario al tratamiento primario.

5.5.4.2 El tratamiento previo a los filtros percoladores será: cribas, desarenadores y sedimentación primaria.

5.5.4.3 Los filtros podrán ser de alta o baja carga, para lo cual se tendrán en consideración los siguientes parámetros de diseño:

PARAMETRO	TIPO DE CARGA	
	BAJA	ALTA
Carga hidráulica, m ³ /m ² /d	1,00 - 4,00	8,00 -
Carga orgánica, kg DBO/m ³ /d	0,08 - 0,40	40,00
Profundidad (lecho de piedra), m	1,50 - 3,00	0,40 - 4,80
(medio plástico), m	Hasta 12 m.	1,00 - 2,00
Razón de recirculación	0	1,00 - 2,00

5.5.4.4 En los filtros de baja carga la dosificación debe efectuarse por medio de sifones, con un intervalo de 5 minutos. Para los filtros de alta carga la dosificación es continua por efecto de la

recirculación y en caso de usarse sifones, el intervalo de dosificación será inferior de 15 segundos.

- 5.5.4.5** Se utilizará cualquier sistema de distribución que garantice la repartición uniforme del efluente primario sobre la superficie del medio de contacto.
- 5.5.4.6** Cuando se usen boquillas fijas, se las ubicará en los vértices de triángulos equiláteros que cubran toda la superficie del filtro. El dimensionamiento de las tuberías dependerá de la distribución, la que puede ser intermitente o continua.
- 5.5.4.7** Se permitirá cualquier medio de contacto que promueva el desarrollo de la mayor cantidad de biopelícula y que permita la libre circulación del líquido y del aire, sin producir obstrucciones. Cuando se utilicen piedras pequeñas, el tamaño mínimo será de 25 mm y el máximo de 75 mm. Para piedras grandes, su tamaño oscilará entre 10 y 12 cm.
- 5.5.4.8** Se diseñará un sistema de ventilación de modo que exista una circulación natural del aire, por diferencia de temperatura, a través del sistema de drenaje y a través del lecho de contacto.
- 5.5.4.9** El sistema de drenaje debe cumplir con los siguientes objetivos:
- proveer un soporte físico al medio de contacto;
 - recolectar el líquido, para lo cual el fondo debe tener una pendiente entre 1 y 2%;
 - permitir una recirculación adecuada de aire.
- 5.5.4.10** El sistema de drenaje deberá cumplir con las siguientes recomendaciones:
- Los canales de recolección de agua deberán trabajar con un tirante máximo de 50% con relación a su máxima capacidad de conducción, y para tirantes mínimos deberá asegurar velocidades de arrastre.
 - Deben ubicarse pozos de ventilación en los extremos del canal central de ventilación.
 - En caso de filtros de gran superficie deben diseñarse pozos de ventilación en la periferia de la unidad. La superficie abierta de estos pozos será de 1 m² por cada 250 m² de superficie de lecho.
 - El falso fondo del sistema de drenaje tendrá un área de orificios no menor a 15% del área total del filtro.
 - En filtros de baja carga sin recirculación, el sistema de drenaje deberá diseñarse de modo que se pueda inundar el lecho para controlar el desarrollo de insectos.
- 5.5.4.11** Se deben diseñar instalaciones de sedimentación secundaria. El propósito de estas unidades es separar la biomasa en exceso producida en el filtro. El diseño podrá ser similar al de los sedimentadores primarios con la condición de que la carga de diseño se base en el flujo de la planta más el flujo de recirculación. La carga superficial no debe

exceder de $48 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ basada en el caudal máximo.

5.5.5 SISTEMAS BIOLÓGICOS ROTATIVOS DE CONTACTO

5.5.5.1 Son unidades que tienen un medio de contacto colocado en módulos discos o módulos cilíndricos que rotan alrededor de su eje. Los módulos discos o cilíndricos generalmente están sumergidos hasta 40% de su diámetro, de modo que al rotar permiten que la biopelícula se ponga en contacto alternadamente con el efluente primario y con el aire. Las condiciones de aplicación de este proceso son similares a las de los filtros biológicos en lo que se refiere a eficiencia

5.5.5.2 Necesariamente el tratamiento previo a los sistemas biológicos de contacto será: cribas, desarenadores y sedimentador primario.

5.5.5.3 Los módulos rotatorios pueden tener los siguientes medios de contacto:

- discos de madera, material plástico o metal ubicados en forma paralela de modo que provean una alta superficie de contacto para el desarrollo de la biopelícula;
- mallas cilíndricas rellenas de material liviano

5.5.5.4 Para el diseño de estas unidades se observará las siguientes recomendaciones:

- carga hidráulica entre 0.03 y $0.16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$.
- la velocidad periférica de rotación para aguas residuales municipales debe mantenerse alrededor de 0.3 m/s .
- el volumen mínimo de las unidades deben ser de $4,88$ litros por cada m^2 de superficie de medio de contacto.
- para módulos en serie se utilizará un mínimo de cuatro unidades.

5.5.5.5 El efluente de estos sistemas debe tratarse en un sedimentador secundario para separar la biomasa proveniente del reactor biológico. Los criterios de diseño de esta unidad son similares a los del sedimentador secundario de filtros biológicos.

5.6 OTROS TIPOS DE TRATAMIENTO

5.6.1 Aplicación sobre el terreno y reuso agrícola

5.6.1.1 La aplicación en el terreno de aguas residuales pretratadas es un tipo de tratamiento que puede o no producir un efluente final. Si existe reuso agrícola se deberá cumplir con los requisitos de la legislación vigente.

5.6.1.2 El estudio de factibilidad de estos sistemas debe incluir los aspectos agrícola y de suelos considerando por lo menos lo siguiente:

- evaluación de suelos: problemas de salinidad, infiltración, drenaje, aguas subterráneas, etc.;
- evaluación de la calidad del agua: posibles problemas de toxicidad, tolerancia de cultivos, etc.;
- tipos de cultivos, formas de irrigación, necesidades de almacenamiento, obras de infraestructura, costos y rentabilidad.

5.6.1.3 Los tres principales procesos de aplicación en el terreno son: riego a tasa lenta, infiltración rápida y flujo superficial.

5.6.1.4 Para sistemas de riego de tasa lenta se sugieren los siguientes parámetros de diseño:

- a) Se escogerán suelos que tengan un buen drenaje y una permeabilidad no mayor de 5 cm/d.
- b) Pendiente del terreno: para cultivos 20% como máximo y para bosques hasta 40%.
- c) Profundidad de la napa freática: mínimo 1,5 m y preferiblemente más de 3 m.
- d) Pretratamiento requerido: según los lineamientos del numeral anterior.
- e) Requisitos de almacenamiento: se debe analizar cuidadosamente efectuando un balance hídrico. Las variables a considerarse son por lo menos:
 - capacidad de infiltración
 - régimen de lluvias
 - tipo de suelo y de cultivo
 - evapotranspiración y evaporación
 - carga hidráulica aplicable
 - períodos de descanso
 - tratamiento adicional que se produce en el almacenamiento.
- f) La carga de nitrógeno se comprobará de modo que al efectuar el balance hídrico, la concentración calculada de nitratos en las aguas subterráneas sea inferior de 10 mg/l (como nitrógeno).
- g) La carga orgánica será entre 11 y 28 kg DBO / (ha.d), para impedir el desarrollo exagerado de biomasa. Las cargas bajas se utilizarán con efluentes secundarios y las cargas altas con efluentes primarios.
- h) Los períodos de descanso usualmente varía entre 1 y 2 semanas.
- i) Para defensa de la calidad del agua subterránea se preferirán los cultivos con alta utilización de nitrógeno.

5.6.1.5 Para los sistemas de infiltración rápida se recomiendan los

siguientes parámetros:

- a) Se requieren suelos capaces de infiltrar de 10 a 60 cm/d, como arena, limos arenosos, arenas limosas y grava fina. Se requiere también un adecuado conocimiento de las variaciones del nivel freático.
- b) El pretratamiento requerido es primario como mínimo.
- c) La capa freática debe estar entre 3 y 4,5 m de profundidad como mínimo.
- d) La carga hidráulica puede variar entre 2 y 10 cm por semana, dependiendo de varios factores.
- e) Se debe determinar el almacenamiento necesario considerando las variables indicadas en el numeral anterior. Se debe mantener períodos de descanso entre 5 y 20 días para mantener condiciones aerobias en el suelo. Los períodos de aplicación se escogerán manteniendo una relación entre 2:1 a 7:1 entre el descanso y la aplicación.
- f) La carga orgánica recomendada debe mantenerse entre 10 y 60 kg DBO/(ha.d).

5.6.1.6 Para los sistemas de flujo superficial se recomiendan los siguientes parámetros:

- a) Se requieren suelos arcillosos de baja permeabilidad.
- b) La pendiente del terreno debe estar entre 2 y 8% (preferiblemente 6%). Se requiere una superficie uniforme sin quebradas o cauces naturales, de modo que las aguas residuales puedan distribuirse en una capa de espesor uniforme en toda el área de aplicación. La superficie deberá cubrirse con pasto o cualquier otro tipo de vegetación similar que sea resistente a las condiciones de inundación y que provea un ambiente adecuado para el desarrollo de bacterias.
- c) El nivel freático debe estar 0,6 m por debajo como mínimo, para permitir una adecuada aeración de la zona de raíces.
- d) El pretratamiento requerido es primario como mínimo.
- e) Se pueden usar cargas orgánicas de hasta 76 kg DBO / (ha.d).
El sistema de aplicación debe ser intermitente, con una relación de 2:1 entre los períodos de descanso y de aplicación. Antes del corte o utilización de la vegetación para alimento de animales se debe permitir un período de descanso de 2 semanas como mínimo.

5.6.2 FILTROS INTERMITENTES DE ARENA

5.6.2.1 Son unidades utilizadas para la remoción de sólidos, DBO y algunos tipos de microorganismos.

5.6.2.2 En caso de utilizarse este proceso, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) Pretratamiento: primario como mínimo y recomendable

secundario.

- b) Carga hidráulica: de 0,08 a 0,2 m³/m²/d para efluente primario y de 0,2 a 0,4 m³/m²/d para efluente secundario.
- c) Lecho filtrante: material granular lavado con menos 1% por peso de materia orgánica. La arena tendrá un tamaño efectivo de 0,35 a 1,0 mm y un coeficiente de uniformidad menor que 4 (preferiblemente 3,5). La profundidad del lecho podrá variar entre 0,60 y 0,90 m.
- d) El sistema de drenaje consiste en tubos con juntas abiertas o con perforaciones y un tubo de ventilación al extremo aguas arriba. La pendiente de los tubos será de 0,5 y 1%. Bajo las tuberías se colocará un lecho de soporte constituido por grava o piedra triturada de 0,6 a 3,8 cm de diámetro.
- e) La distribución del afluente se efectuará por medio de canaletas o por aspersion. Se deben colocar placas protectoras de hormigón para impedir la erosión del medio filtrante.
- f) El afluente debe dosificarse con una frecuencia mínima de 2 veces al día, inundando el filtro hasta 5 cm de profundidad.
- g) El número mínimo de unidades es dos. Para operación continua, una de las unidades debe ser capaz de tratar todo el caudal, mientras la otra unidad está en mantenimiento o alternativamente se debe proveer almacenamiento del desecho durante el período de mantenimiento.

5.6.3 TRATAMIENTOS ANAEROBIOS DE FLUJO DE ASCENDENTE

5.6.3.1 El tratamiento anaerobio de flujo ascendente es una modificación del proceso de contacto anaerobio desarrollado hace varias décadas y consiste en un reactor en el cual el efluente es introducido a través de un sistema de distribución localizado en el fondo y que fluye hacia arriba atravesando un medio de contacto anaerobio. En la parte superior existe una zona de separación de fase líquida y gaseosa y el efluente clarificado sale por la parte superior. Los tiempos de permanencia de estos procesos son relativamente cortos. Existen básicamente diversos tipos de reactores, los más usuales son:

- a) El de lecho fluidizado, en el cual el medio de contacto es un material granular (normalmente arena). El efluente se aplica en el fondo a una tasa controlada (generalmente se requiere de recirculación) para producir la fluidización del medio de contacto y la biomasa se desarrolla alrededor de los granos del medio.
- b) El reactor de flujo ascendente con manto de lodos (conocido como RAFA o UASB por las siglas en inglés) en el cual el desecho fluye en forma ascendente a través de

una zona de manto de lodos.

5.6.3.2 Para determinar las condiciones de aplicación se requiere analizar las ventajas y desventajas del proceso. Las principales ventajas del proceso son:

- eliminación del proceso de sedimentación;
 - relativamente corto período de retención;
 - producción de biogas; y
 - aplicabilidad a desechos de alta concentración.
- Las principales desventajas del proceso son:
- control operacional especializado y de alto costo;
 - muy limitada remoción de bacterias y aparentemente nula remoción de parásitos;
 - sensibilidad de los sistemas anaerobios a cambios bruscos de carga y temperatura;
 - difícil aplicación del proceso a desechos de baja concentración;
-
- problemas operativos que implican la necesidad de operación calificada para el control del proceso;
 - deterioro de la estructura por efecto de la corrosión;
 - necesidad de tratamiento posterior, principalmente porque el proceso transforma el nitrógeno orgánico a amoníaco, lo cual impone una demanda de oxígeno adicional y presenta la posibilidad de toxicidad;
 - insuficiente información para aguas residuales de baja carga.

Luego de un análisis realista de gran cantidad de información sobre el proceso se establecen las siguientes condiciones de aplicación:

- a) La práctica de estos procesos en el tratamiento de aguas residuales de ciudades de varios tamaños no tiene un historial suficientemente largo como para considerarlos como una tecnología establecida. La variante de lechos fluidizados presenta menor experiencia que la variante de flujo ascendente con manto de lodos.
- b) Sin embargo, el uso de los mismos para el tratamiento de desechos industriales concentrados parece aceptable actualmente.
- c) Previo al diseño definitivo es recomendable que los criterios de diseño sean determinados experimentalmente mediante el uso de plantas piloto.

5.6.3.3 Dado que los sistemas de lechos anaerobios fluidizados requieren de un mayor grado de mecanización y operación especializada, su uso deberá ser justificado ante la autoridad competente. Los criterios de diseño se determinarán a través de plantas piloto.

5.6.3.4 Para orientar el diseño de reactores anaerobios de flujo

ascendente se dan los siguientes parámetros referenciales:

a) El tratamiento previo debe ser cribas y desarenadores.

b) Cargas del diseño.

- 1,5 a 2,0 kg DQO / (m³.día) para aguas residuales domésticas.
- 15 a 20 kg DQO / (m³.día) para desechos orgánicos concentrados (desechos industriales).

c) Sedimentador

- Carga superficial 1,2 a 1,5 m³/(m².h), calculada en base al caudal medio.

Altura:

- 1,5 m para aguas residuales domésticas.
- 1,5 a 2,0 m para desechos de alta carga orgánica.

Inclinación de paredes: 50 a 60 °

- Deflectores de gas: en la arista central de los sedimentadores se dejará una abertura para el paso de sólidos de 0,15 a 0,20 m uno de los lados deberá prolongarse de modo que impida el paso de gases hacia el sedimentador; esta prolongación deberá tener una proyección horizontal de 0,15 a 0,20 m.

• Velocidad de paso por las aberturas:

3 m³/(m².h) para desechos de alta carga orgánica, calculado en base al caudal máximo horario.
5 m³/(m².h) para aguas residuales domésticas, calculado en base al caudal máximo horario.

d) Reactor anaerobio

- Velocidad ascensional: 1,0 m³/(m².h), calculado en base al caudal máximo horario.
- Altura del reactor:
5 a 7 m para desechos de alta carga orgánica
3 a 5 m para aguas residuales domésticas.

e) Sistema de alimentación:

Se deberá lograr una distribución uniforme del agua residual en el fondo del reactor. Para tal efecto deberá proveerse de una cantidad mínima de puntos de alimentación:

- 2 a 5 m²/punto de alimentación, para efluentes de alta

carga orgánica.

- 0,5 a 2 m²/punto de alimentación, para aguas residuales domésticas.

Las tuberías de alimentación deben estar a una altura de 0,20 m sobre la base del reactor.

f) Colectores de gas

En la parte superior del sistema debe existir un área para liberar el gas producido. Esta área podrá estar localizada alrededor del sedimentador en la dirección transversal o longitudinal. La velocidad del gas en esta área debe ser lo suficientemente alta para evitar la acumulación de espumas y la turbulencia excesiva que provoque el arrastre de sólidos.

La velocidad de salida del gas se encontrará entre los siguientes valores:

- 3 a 5 m³ de gas/(m².h), para desechos de alta carga orgánica.
- 1 m³ de gas/(m².h), para aguas residuales domésticas.

De no lograrse estas velocidades se deberá proveer al reactor de sistemas de dispersión y retiro de espumas.

g) La altura total del reactor anaerobio (RAFA) de flujo ascendente será la suma de la altura del sedimentador, la altura del reactor anaerobio y un borde libre.

h) Volumen del RAFA: para aguas residuales domésticas se recomienda diseñar un sistema modular con unidades en paralelo. Se recomienda módulos con un volumen máximo de 400 m³. En ningún caso deberá proyectarse módulos de más de 1500 m³ para favorecer la operación y mantenimiento de los mismos.

5.6.3.5 Para el diseño de estas unidades el proyectista deberá justificar la determinación de valores para los siguientes aspectos:

- a) Eficiencias de remoción de la materia orgánica, de coliformes y nematodos intestinales.
- b) La cantidad de lodo biológico producido y la forma de disposición final.
- c) Distribución uniforme de la descarga.
- d) La cantidad de gas producida y los dispositivos para control y manejo.
- e) Los requisitos mínimos de postratamiento.
- f) Para este tipo de proceso se deberá presentar el manual de operación y mantenimiento, con indicación de los parámetros de control del proceso, el dimensionamiento del personal y las calificaciones mínimas del personal de

operación y mantenimiento.

5.7 DESINFECCIÓN

5.7.1 La reducción de bacterias se efectuará a través de procesos de tratamiento. Solamente en el caso que el cuerpo receptor demande una alta calidad bacteriológica, se considerará la desinfección de efluentes secundarios o terciarios, en forma intermitente o continua. La desinfección de desechos crudos o efluentes primarios no se considera una opción técnicamente aceptable.

5.7.2 Para el diseño de instalaciones de cloración el proyectista deberá sustentar los diferentes aspectos:

- la dosis de cloro;
- el tiempo de contacto y el diseño de la correspondiente cámara;
- los detalles de las instalaciones de dosificación, inyección, almacenamiento y dispositivos de seguridad.

5.7.3 La utilización de otras técnicas de desinfección (radiación ultravioleta, ozono y otros) deberán sustentarse en el estudio de factibilidad.

5.8 TRATAMIENTO TERCIARIO DE AGUAS RESIDUALES

Cuando el grado del tratamiento fijado de acuerdo con las condiciones del cuerpo receptor o de aprovechamiento sea mayor que el que se pueda obtener mediante el tratamiento secundario, se deberán utilizar métodos de tratamiento terciario o avanzado.

La técnica a emplear deberá estar sustentada en el estudio de factibilidad. El proyectista deberá sustentar sus criterios de diseño a través de ensayos de tratabilidad

Entre estos métodos se incluyen los siguientes:

- a) Ósmosis Inversa
- b) Electrodialisis
- c) Destilación
- d) Coagulación
- e) Adsorción
- f) Remoción por espuma
- g) Filtración
- h) Extracción por solvente
- i) Intercambio iónico
- j) Oxidación química
- k) Precipitación
- l) Nitrificación – Denitrificación

5.9 TRATAMIENTO DE LODOS

5.9.1 Generalidades

5.9.1.1 Para proceder al diseño de instalaciones de tratamiento de lodos, se realizará un cálculo de la producción de lodos en los procesos de tratamiento de la planta, debiéndose tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El cálculo se realizará para caudales y concentraciones medias y temperaturas correspondientes al mes más frío.
- Para lodos primarios se determinará el volumen y masa de sólidos en suspensión totales y volátiles teniendo en consideración los porcentajes de remoción, contenido de sólidos y densidades.
- Para procesos de tratamiento biológico como los de lodos activados y filtros biológicos se determinará la masa de lodos biológicos producido por síntesis de la materia orgánica menos la cantidad destruida por respiración endógena.
- En los procesos de lodos activados con descarga de lodos directamente desde el tanque de aeración, se determinará el volumen de lodo producido a partir del parámetro de edad del lodo. En este caso la concentración del lodo de exceso es la misma que la del tanque de aeración.
- En los procesos de lodos activados con descarga del lodo de exceso antes del tanque de aeración, se determinará el volumen de lodo producido a partir de la concentración de lodo recirculado del fondo del sedimentador secundario.

5.9.1.2 Se tendrá en consideración además las cantidades de lodos de fuentes exteriores, como tanques sépticos.

5.9.1.3 Los lodos de zanjas de oxidación y aeración prolongada no requieren otro proceso de tratamiento que el de deshidratación, generalmente en lechos de secado.

5.9.1.4 Los lodos de otros sistemas de tratamiento de lodos activados y filtros biológicos necesitan ser estabilizados. Para el efecto se escogerán procesos que sean de bajo costo y de operación y mantenimiento sencillos.

5.9.1.5 La estabilización de lodos biológicos se sustentará con un estudio técnico económico.

5.9.1.6 Para la digestión anaerobia se considerará las siguientes alternativas:

- digestión anaerobia en dos etapas con recuperación de gas.
- sistemas de digestión anaerobia abiertos (sin recuperación de gas), como: digestores convencionales abiertos y lagunas de lodos.

5.9.1.7 Para la disposición de lodos estabilizados se considerarán las siguientes opciones:

- lechos de secado;
- lagunas de secado de lodos;
- disposición en el terreno del lodo sin deshidratar; y
- otros con previa justificación técnica.

5.9.1.8 El proyectista deberá justificar técnica y económicamente el sistema de almacenamiento, disposición final y utilización de lodos deshidratados.

5.9.2 DIGESTIÓN ANAEROBIA

5.9.2.1 La digestión anaerobia es un proceso de tratamiento de lodos que tiene por objeto la estabilización, reducción del volumen e inactivación de organismos patógenos de los lodos. El lodo ya estabilizado puede ser procesado sin problemas de malos olores. Se evaluará cuidadosamente la aplicación de este proceso cuando la temperatura sea menor de 15°C o cuando exista presencia de tóxicos o inhibidores biológicos.

5.9.2.2 Se deberá considerar el proceso de digestión anaerobia para los siguientes casos:

- para lodos de plantas primarias;
- para lodo primario y secundario de plantas de tratamiento con filtros biológicos;
- para lodo primario y secundario de plantas de lodos activados, exceptuando los casos de plantas de aeración prolongada.

5.9.2.3 Cuando desea recuperar el gas del proceso, se puede diseñar un proceso de digestión de dos etapas, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El volumen de digestión de la primera etapa se determinará adoptando una carga de 1,6 a 8,0 kg SSV/(m³.d), las mismas que corresponden a valores de tasas altas. En climas cálidos se usarán cargas más altas y en climas templados se usarán cargas más bajas.
- El contenido de sólidos en el lodo tiene gran influencia en el tiempo de retención de sólidos. Se comprobará el tiempo de retención de sólidos de la primera etapa, de acuerdo con los valores que se indican y si es necesario se procederá a reajustar la carga:

Temperatura, °C Promedio del mes más frío	Tiempo de Retención (días)
18	28
24	20
30	14
35 (*)	10
40 (*)	10

- Los digestores abiertos pueden ser tanques circulares cuadrados o lagunas de lodos y en ningún caso deberá proponerse sistemas con calentamiento.
- No es recomendable la aplicación de estos sistemas para temperaturas promedio mensuales menores de 15°C.

5.9.3 LAGUNAS DE LODOS

5.9.3.1 Las lagunas de lodos pueden emplearse como digestores o para almacenamiento de lodos digeridos. Su profundidad está comprendida entre 3 y 5 m y su superficie se determinará con el uso de una carga superficial entre 0,1 y 0,25 kg SSV / (m².d). Para evitar la presencia de malos olores se deben usar cargas hacia el lado bajo.

5.9.3.2 Los parámetros de dimensionamiento de una laguna de digestión de lodos son los de digestores de baja carga.

5.9.3.3 Las lagunas de lodos deben diseñarse teniendo en cuenta lo siguiente:

- los diques y fondos de estas lagunas tendrán preferiblemente recubrimiento impermeabilizante;
- los taludes de los diques pueden ser más inclinados que los de lagunas de estabilización;
- se deben incluir dispositivos para la remoción del lodo digerido en el fondo y del sobrenadante, en por lo menos tres niveles superiores;
- se deberán incluir dispositivos de limpieza y facilidades de circulación de vehículos, rampas de acceso, etc.

5.9.4 Aplicación de lodos sobre el terreno

5.9.4.1 Los lodos estabilizados contienen nutrientes que pueden ser aprovechados como acondicionador de suelos.

5.9.4.2 Los lodos estabilizados pueden ser aplicados en estado líquido directamente sobre el terreno, siempre que se haya removido por lo menos 55% de los sólidos volátiles suspendidos.

5.9.4.3 Los terrenos donde se apliquen lodos deberán estar ubicados por lo menos a 500 m de la vivienda más cercana. El terreno

deberá estar protegido contra la escorrentía de aguas de lluvias y no deberá tener acceso del público.

5.9.4.4 El terreno deberá tener una pendiente inferior de 6% y su suelo deberá tener una tasa de infiltración entre 1 a 6 cm/h con buen drenaje, de composición química alcalina o neutra, debe ser profundo y de textura fina. El nivel freático debe estar ubicado por lo menos a 10 m de profundidad.

5.9.4.5 Deberá tenerse en cuenta por lo menos los siguientes aspectos:

- concentración de metales pesados en los lodos y compatibilidad con los niveles máximos permisibles;
- cantidad de cationes en los lodos y capacidad de intercambio iónico;
- tipos de cultivo y formas de riego, etc.

5.9.5 REMOCIÓN DE LODOS DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

5.9.5.1 Para la remoción de lodos de las lagunas primarias, se procederá al drenaje mediante el uso de sifones u otro dispositivo. Las lagunas deberán drenarse hasta alcanzar un nivel que permita la exposición del lodo al ambiente. La operación de secado debe efectuarse en la estación seca. Durante esta operación el agua residual debe idealmente tratarse sobrecargando otras unidades en paralelo.

5.9.5.2 El lodo del fondo debe dejarse secar a la intemperie. El mecanismo de secado es exclusivamente por evaporación y su duración depende de las condiciones ambientales, principalmente de la temperatura.

5.9.5.3 El lodo seco puede ser removido en forma manual o con la ayuda de equipo mecánico. En el diseño de lagunas deberá considerarse las rampas de acceso de equipo pesado para la remoción de lodos.

5.9.5.4 El lodo seco debe almacenarse en pilas de hasta 2 m por un tiempo mínimo de 6 meses, previo a su uso como acondicionador de suelos. De no usarse deberá disponerse en un relleno sanitario

5.9.5.5 Alternativamente se podrá remover el lodo de lagunas primarias por dragado o bombeo a una laguna de secado de lodos.

5.9.5.6 El proyectista deberá especificar la frecuencia del período de remoción de lodos, este valor deberá estar consignado en el manual de operación de la planta.

5.9.6 LECHOS DE SECADO

5.9.6.1 Los lechos de secado son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados.

5.9.6.2 Previo al dimensionamiento de los lechos se calculará la masa y volumen de los lodos estabilizados.

En el caso de zanjas de oxidación el contenido de sólidos en el lodo es conocido. En el caso de lodos digeridos anaerobiamente, se determinará la masa de lodos considerando una reducción de 50 a 55% de sólidos volátiles. La gravedad específica de los lodos digeridos varía entre 1,03 y 1,04. Si bien el contenido de sólidos en el lodo digerido depende del tipo de lodo, los siguientes valores se dan como guía:

- para el lodo primario digerido: de 8 a 12% de sólidos.
- para el lodo digerido de procesos biológicos, incluido el lodo primario: de 6 a 10% de sólidos.

5.9.6.3 Los requisitos de área de los lechos de secado se determinan adoptando una profundidad de aplicación entre 20 y 40 cm y calculando el número de aplicaciones por año. Para el efecto se debe tener en cuenta los siguientes períodos de operación:

- período de aplicación: 4 a 6 horas;
- período de secado: entre 3 y 4 semanas para climas cálidos y entre 4 y 8 semanas para climas más fríos;
- período de remoción del lodo seco: entre 1 y 2 semanas para instalaciones con limpieza manual (dependiendo de la forma de los lechos) y entre 1 y 2 días para instalaciones pavimentadas en las cuales se pueden remover el lodo seco, con equipo.

5.9.6.4 Adicionalmente se comprobarán los requisitos de área teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

Tipo de Lodo Digerido	(Kg sólidos/(m².año))
Primario	120 - 200
Primario y filtros percoladores	100 - 160
Primario y lodos activados	60 - 100
Zanjas de oxidación	110 – 200

5.9.6.5 Para el diseño de lechos de secado se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Pueden ser construidos de mampostería, de concreto o de tierra (con diques), con profundidad total útil de 50 a 60 cm. El ancho de los lechos es generalmente de 3 a 6 m., pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m.

- El medio de drenaje es generalmente de 0.3 de espesor y debe tener los siguientes componentes:

El medio de soporte recomendado está constituido por una capa de 15 cm. formada por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 2 a 3cm. llena de arena. La arena es el medio filtrante y debe tener un tamaño efectivo de 0,3 a 1,3mm., y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5. Debajo de la arena se debe colocar un estrato de grava graduada entre 1,6 y 51mm.(1/6" y 2"), de 0.20m. de espesor.

Los drenes deben estar constituidos por tubos de 100mm. de diámetro instalados debajo de la grava.

Alternativamente, se puede diseñar lechos pavimentados con losas de concreto o losas prefabricadas, con una pendiente de 1,5% hacia el canal central de drenaje. Las dimensiones de estos lechos son: de 5 a 15m. de ancho, por 20 a 45m. de largo.

Para cada lecho se debe proveer una tubería de descarga con su respectiva válvula de compuerta y losa en el fondo, para impedir la destrucción del lecho.