

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**



**ESTUDIO SOBRE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS EXISTENTES  
EN LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**ANITA MERCEDES PALACIOS OBLITAS**

**ASESOR**

**HÉCTOR AUGUSTO GAMARRA UCEDA**

<https://orcid.org/0000-0002-3653-1394>

**Chiclayo, noviembre 2019**

## ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
I. INTRODUCCIÓN	5
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA:	7
2.1 Antecedentes Del Problema	7
2.2. Definición De Términos Básicos	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Tipo De Estudio Y Diseño De Contrastación De Hipótesis	16
3.2 Hipótesis	16
3.3. Variables – Operacionalización	16
3.4. Población, Muestra De Estudio Y Muestreo	16
3.4.1 Población	16
3.4.2. Muestra	17
3.5. Métodos, Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos	17
3.6. Procesamiento Para Análisis De Datos	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1. Principales causas de la ineficiencia de las lagunas	17
4.1.1. Estado de conocimiento acerca del tratamiento de aguas residuales.	17
4.1.2. Mal diseño y falta de mantenimiento y operación.	19
4.1.3. otros	21
4.2. La calidad del agua trata de las lagunas.	21
V. CONCLUSIONES.	29
VI. RECOMENDACIONES	30
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

## RESUMEN

En el presente informe de investigación se estudian las principales causas que originan el mal funcionamiento de las lagunas de estabilización, el cual es un método de tratamiento de aguas residuales muy utilizado en el país. El objetivo principal de esta investigación es el de determinar el estado de arte con respecto a los problemas existentes en la laguna y así mismo, mencionar cuales son las posibles alternativas propuestas por diversos autores para mejorar el sistema de tratamiento.

La idea planteada contribuye al estado de conocimiento sobre el conocimiento del tratamiento de aguas residuales a nivel local y nacional e internacional. Para el desarrollo de esta investigación se ha recurrido al análisis de contenido de fuentes confiables de naturaleza reciente para tener una base teórica. Como resultado final se obtiene que el desconocimiento del sistema de tratamiento es un factor muy importante; asimismo se determinó que la mayor parte de lagunas tienen deficiencias por la falta de mantenimiento que se les da. Por otro lado, se verificó que las causas ya mencionadas si afectan al sistema puesto que ninguna de las lagunas analizadas cumple con los LMP por la normativa actual.

**Palabras clave:** lagunas de estabilización, contaminantes, mantenimiento y operación  
diseño

## ABSTRACT

In this research report, the main causes that cause the malfunction of the stabilization lagoons are studied, which is a method of wastewater treatment widely used in the country. The main objective of this research is to determine the state of the art with respect to the problems existing in the lagoon and also, mention which are the possible alternatives proposed by various authors to improve the treatment system.

The idea raised contributes to the state of knowledge about the knowledge of wastewater treatment at local and national and international levels. For the development of this research, content analysis from reliable sources of recent nature has been used to have a theoretical basis. As a final result it is obtained that the ignorance of the treatment system is a very important factor; It was also determined that most of the gaps are deficient due to the lack of maintenance given to them. On the other hand, it was verified that the aforementioned causes do affect the system since none of the gaps analyzed comply with the LMP by current regulations.

**Keywords:** stabilization gaps, pollutants, maintenance and operation design

## **PRINCIPALES PROBLEMAS EN LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN**

### **I. INTRODUCCIÓN**

Actualmente existe un gran problema por la escasez de agua dulce, la cual es causada por la excesiva demanda del recurso hídrico, el calentamiento global, así como también la contaminación ambiental. Por ello, se plantea de manera necesaria la reutilización y el correcto uso de las aguas residuales para mitigar la contaminación y abastecer la demanda de agua.

Según la ONU (2017): “Un estudio reciente mostró que, de 181 países, únicamente 55 contaban con información en materia de generación, tratamiento y utilización de aguas residuales; los países restantes no contaban con información o sólo tenían datos parciales. En la mayoría de los países que contaban con información, esta se encontraba desactualizada”. Como se observa el problema del mal uso de las PTAR no solo radica en el descuido de las autoridades si no el desconocimiento de información básica del tratamiento.

La falta de tratamiento de las aguas residuales es un problema de suma importancia en todo el mundo, más de 1000 millones de toneladas de aguas residuales son vertidas a diferentes tipos de efluentes o es destinada para distintos usos sin ningún tratamiento previo. En los países industrializados es donde se resalta más el problema; un claro ejemplo es China, pues se estima que dos de cada cinco ríos se encuentran demasiado contaminados, tanto así que los habitantes no pueden usar esa agua ni para beber y ni siquiera para bañarse y lavar (Pimentel 2017).

Asimismo, “se estima que en el mundo más del 80 por ciento de las aguas residuales (más del 95 por ciento en algunos países en desarrollo) se vierte al medio ambiente sin tratamiento alguno. Las consecuencias son inquietantes. La contaminación del agua en la mayoría de los ríos de África, Asia y América Latina es cada vez peor. En 2012, se registraron más de 800.000 muertes en el mundo a causa del consumo de agua potable contaminada e instalaciones para el lavado de manos y servicios de saneamiento inadecuados. Cada vez son más las zonas muertas desoxigenadas en mares y océanos a causa del vertido de aguas residuales sin tratar, lo cual afecta a los ecosistemas marinos en una superficie de 245.000 km<sup>2</sup>, con repercusiones en la industria pesquera, medios de subsistencia y cadenas alimenticias”. (ONU 2017)

Perú no queda libre de esto, de acuerdo al estudio realizado por la SUNASS (2015) existen

89 localidades que están que bajo el ámbito de las EPS sin tratamiento de aguas residuales; de estas se vertieron en el año 2013 un total de 298 000 metros cúbicos por día sin ningún tratamiento. Dicho de otra manera, esa cantidad de aguas negras son vertidas directamente a lagos, ríos o destinadas a reutilización en la agricultura provocando un gran impacto negativo para los suelos y también para el medio acuático. (SUNASS 2015)

En nuestro ámbito regional, todo el sistema de tratamiento de aguas residuales es mediante la técnica de las lagunas de estabilización; es necesario mencionar que casi todas las lagunas existentes se encuentran en mal estado. Producto de ello, nos planteamos la siguiente interrogante ¿Cuál es el principal problema que causa que las lagunas de estabilización no sean eficientes?

Se planteó como objetivo determinar la principal causa de la ineficiencia de las lagunas de estabilización. Asimismo, en un sentido más amplio, se establecieron los siguientes objetivos específicos: determinar cuáles son los principales problemas que presentan las lagunas de estabilización existente, verificar si las lagunas a estudiar cumplen con los LMP presentes en la norma.

La justificación de este trabajo viene enmarcada en los siguientes puntos: en el aspecto económico, con el uso de las lagunas como sistema de tratamiento de aguas residuales se genera un proyecto mucho menos costoso ya que lo único que se necesita es la disponibilidad de grandes áreas de terreno para el mantenimiento y la operación no necesita mano de obra especializada.

En el contexto social, el uso de las lagunas de estabilización presenta diferentes alternativas de uso; asimismo contribuirá con generar mayores puestos de trabajo para la población, ya que el mantenimiento y la operación de la planta no necesita ser dirigida por personal especializado. Además, reduce en gran medida los problemas de salud para las personas que captan aguas de fuentes en las cuales llega el agua residual sin ser tratada.

Por último, en lo ambiental, los estudios que se han realizado en el ámbito internacional, nacional y local permiten concluir que la falta de tratamiento de las Aguas residuales genera un impacto completamente negativo para el medio ambiente, contribuye al calentamiento global y pone en peligro la salud de las personas. Por ello surge la necesidad de optar por mejores soluciones que permitan utilizar métodos y técnicas para tratar el agua. Más aún en nuestro departamento de Lambayeque, que a pesar de que cuenta con las lagunas no le brinda

la importancia debida y la descuida.

## **II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA:**

### **2.1 Antecedentes Del Problema**

(Manchego 2018) Medina, Gerardo (2018) en su investigación “*Evaluación y rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de las lagunas de estabilización del sector Río Seco, distrito de la Joya, provincia de Arequipa*” realizada en la universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, plantea que la deficiencia del tratamiento de aguas compromete la calidad de los cultivos. Su investigación se basa en evaluar física y operativamente la PTAR existente y la calidad del agua del efluente; asimismo, plantea un rediseño del sistema de la PTAR para mejorar la calidad del agua. Para cumplir con los objetivos planteados realiza una evaluación del sistema físico y operativo utilizando como sustento la norma OS 090; asimismo, para determinar la calidad del agua proveniente de las lagunas y también las del afluente utiliza muestras las cuales son llevadas a determinados laboratorios para luego ser analizados y calculados el porcentaje de contaminantes existente. Por otro lado, en base a los resultados obtenidos plantea el rediseño de PTAR existente. Después de realizar cada uno de los ensayos respectivos se tuvo como resultado, que la PAR existente hace uso de lagunas de estabilización para tratar el agua; sin embargo, estas ya cuentan con una antigüedad aproximada de 35 años o más, las cuales no cuentan con ningún sistema de pretratamiento, como escribas o desarenadores, tampoco se aprecia la presencia de un medidor del caudal y en cuanto al diseño estas superan la relación entre largo y ancho de su geometría. Por otro lado, sobrepasa los LMP de tratamiento de aguas residuales, el agua tratada es derivada a terreno de cultivo y no cumple con los ECA. Por ello, hacen 3 propuestas de rediseño, las cuales son: zanjas de oxidación; lagunas de oxidación y por último, usar la tecnología de filtros percoladores como tratamiento secundario.

(Enríquez 2017) Vilca, Enrique (2017) en su investigación “*Evaluación y propuesta de mejoramiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la localidad del distrito de Taraco, provincia de Huancané-Puno*” realizada en la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, nos plantea como problema saber cuál es la calidad del agua residual tratada en los sistemas de tratamiento existente en la localidad mencionada. Dicha investigación se basa principalmente en evaluar la calidad del agua tanto del efluente como del afluente; asimismo, plantear estrategias y alternativas para mejorar el sistema de tratamiento del agua

residual. Para poder cumplir con los objetivos planteados, el autor hace uso de toda la normativa peruana existente, por ejemplo: la OS090 del RNE. Asimismo, hace visitas de campo y obtiene muestras de afluente y efluente, para calcular sus contaminantes en el laboratorio. Por consiguiente, una vez realizado los ensayos se puede concluir, que en el ámbito físico la laguna no cuenta con un pretratamiento, un tratamiento primario, solo cuenta con una sola laguna la cual se encuentra inmersa de sólidos y a punto de colapsar. En cuanto a los LMP Y ECA, se encuentran por encima de los valores permisibles. Además, el autor identificó que las principales causas del problema son las siguientes: la mala operación y mantenimiento que recibe la laguna; la degradación de algunas estructuras, es decir, las lagunas están colapsadas por eso no son eficientes; por último, un tren de tratamiento incompleto. Por lo mencionado, plantea como solución, adicionar un tratamiento preliminar el cual cuente con: desbaste, desarenador, medidor de caudal; dentro del tratamiento primario se debe contar con: un tanque inhoff, lechos de secado de lodos y en el tratamiento secundario usar: humedales de flujo superficial.

(Martinez Guillen y Guzman Saenz 2003) Martines & Guzmán (2003) en su investigación “ *Estudio y evaluación de las lagunas de estabilización de aguas residuales domésticas en la Base Militar N°10 de Jutiapa, Colonia militar de Jutiapa, Base aérea del sur de Retalhuleu y Escuela politécnica en San Juan Sacatepéquez*” realizada en la universidad de San Carlos de Guatemala” nos plantea como objetivo general estudiar y evaluar las lagunas de estabilización de las zonas ya mencionadas, y como puntos secundarios determinar las cantidades y calidad de los efluentes y afluentes de las lagunas determinar los factores que influyen en la calidad de los efluentes y por último determinar los parámetros físico, químicos y biológicos de las lagunas; asimismo el grado y cantidad de contaminantes existentes. Para cumplir con los objetivos se hace uso de la normativa vigente en Guatemala; además, se hace obtención de muestras de cada laguna para calcular los contaminantes; por otro lado, pero no menos importante, se realiza un análisis visual sobre la infraestructura y condiciones de talud basándose en la norma existente. Después de realizar un análisis exhaustivo en cada una se concluye que de las lagunas a evaluar solo dos cuentan con un tratamiento primario los cuales se encuentran en perfecto estado, las otras dos no tienen y se encuentran inmersas de vegetación en los taludes; para solucionar problemas en eficiencia, se recomienda realizar un mantenimiento periódico cada 6 meses, promover la existencia de diques. En cuanto a la

calidad del agua, se determinó lo siguiente: verificando su eficiencia en la remoción de bacterias y cumple con los parámetros; sin embargo, ninguna de las lagunas trabaja de manera eficiente, no suelen realizar una correcta remoción de bacterias como debería; así mismo, se menciona que solo uno cumple tan solo con el parámetro de DBO5 exigido en la norma vigente. Además, ya para culminar presenta las siguientes recomendaciones: incluir un by pass para permitir la limpieza de los lodos, mejorar los accesos a las lagunas, utilizar el manual de operación y mantenimiento y por último hace un llamado a las autoridades para que hagan un control continuo de cada una de las lagunas existentes para mejorar la calidad del agua.

(Yapurasi 2017) Mamani, Yhony en su investigación “*Evaluación de la operatividad y rediseño de la laguna de estabilización del distrito de Ilave, provincia de Collao*” realizada en la Universidad Nacional del Altiplano, nos plantea como objetivo general la evaluación a la operatividad de las lagunas de estabilización existentes en la localidad de Ilave; asimismo, como puntos secundarios evaluar todo el diseño de las lagunas, plantear un rediseño y calcular las exigencias requeridas por la norma peruana. Para ello, hace uso de toda la normativa peruana vigente, así mismo para calcular la calidad del agua se saca un cierto volumen de agua para poder utilizarlas como muestras en el laboratorio. Después de realizar cada ensayo respectivo se concluye que la PTAR de la localidad de Ilave vierte un efluente parcialmente tratado que no cumple con la norma vigente que son LMP y ECA. Por otro lado, en cuanto al rediseño se plantea la implementación con el tren de tratamiento el cual contará con una eficacia que varía entre 80 y 99% en remoción de DBO5 y coliformes fecales; además, se concluye que en los sistemas de tratamiento el principal problema es la falta de operación y mantenimiento a las diferentes estructuras. De manera adicional, el autor plantea algunas recomendaciones para mejorar el sistema de tratamiento existente, tales como: mantener un control y así proporcionar un producto de calidad, contar con un registro y control de los diferentes parámetros que permitan evaluar la eficiencia de la operación.

(Burga 2004)Silva, Javier (2004) en se investigación “*Evaluación y rediseño del sistema de lagunas de estabilización de la universidad de Piura*” realizada en la universidad de Piura, nos plantea como objetivo realizar una evaluación a las lagunas de estabilización existentes. Dichas lagunas, cuentan con 30 años de funcionamiento y presentan algunas fallas en la remoción de materia orgánica y microorganismos. Este documento tiene como iniciativa

fomentar el monitoreo y evaluación de las plantas de tratamiento mostrando el estado actual de la PTAR por la falta de mantenimiento. Asimismo, priorizar también el diseño de las PTAR que es el paso inicial para garantizar un buen funcionamiento y por consiguiente cumplir con los requisitos claves de operación y mantenimiento. En el estudio se analizaron todas las lagunas mencionadas, verificando su eficiencia en la remoción de bacterias y si cumple con los parámetros. Después de haber realizado ensayos al agua se concluye que ninguna de las lagunas trabaja de manera eficiente, no suelen realizar una correcta remoción de bacterias como debería; así mismo, se menciona que solo uno cumple tan solo con el parámetro de DBO5 exigido en la norma vigente.

(Ruesta 2008) García Ruesta, Carlos Enrique (2008) en su investigación "*Evaluación, optimización de las lagunas de estabilización El Cucho, Sullana*" realizada en la universidad de Piura para optar el título de ingeniero civil nos plantea un grave problema existente en la zona mencionada. En el presente trabajo se ha realizado un diagnóstico inicial a las lagunas existentes con la intención de demostrar que no están aptas para tratar el agua residual y para ello propone un rediseño a las lagunas. La primera parte de la investigación se realiza la evaluación de las lagunas existentes, con lo cual se determinan problemas que empiezan en el diseño: la población de diseño no fue proyectada a 20 años, se usaron datos de población de años anteriores, el caudal del diseño es menor al caudal existente; también presenta problemas causados por la falta de mantenimiento y operación, cuenta con malos olores, una sobrecarga, no tiene tratamiento primario y ya cuenta con un color rosado. Posteriormente, en la parte del rediseño se plantea ubicar unas nuevas lagunas en una zona más alejada para que no cause problemas a los pobladores con la existencia de malos olores; además, considerar un tratamiento primario y medición de caudales y por supuesto en el diseño corregir la población del diseño futura y que el caudal sea proporcional a la población. Asimismo, se hace mención al presupuesto el cual equivale a 15 millones de soles entre ambas etapas de construcción.

(Santos 2017) Gama Santos, Edna Yiseth (2017) en su investigación "*Rediseño a las lagunas de estabilización existentes en empresa BIOH2O S.A.S.*" realizada en la universidad de Cundinamarca para optar un grado, pasantía nos plantea el rediseño de las lagunas mencionadas producto de que las existentes no se encuentran en buen estado. El presente trabajo se ha realizado un diagnóstico inicial a las lagunas existentes con la intención de

demostrar que no están aptas para tratar el agua residual y para ello propone un rediseño a las lagunas. Con el estudio realizado a la parte física se determinó que las cinco lagunas de estabilización presentan deficiencias en el diseño ya sea profundidades muy altas y dimensiones erróneas.

(Olvera 2016) Contreras Olvera, Diego Marcel (2016) en su investigación *“Propuesta de rehabilitación del sistema de lagunaje para el tratamiento de aguas residuales de la cabecera cantonal de Palestina”* realizado en la universidad de Guayaquil en el cual presenta una problemática causada por las lagunas existentes ya que estas no cumplen con las expectativas de depuración de aguas residuales ya que la dimensión de las lagunas actuales es mayor en comparación al caudal que ingresa diariamente a ellas, lo que genera un problema ambiental en el cantón. El presente trabajo tiene como objetivo presentar una alternativa que solucione las falencias que presenta el actual sistema de tratamiento de tratamiento de lagunas de estabilización. Después de realizar un análisis a la parte física de las dos lagunas se concluye que ambas están sobredimensionadas, el agua en la primera laguna se encuentra estancada y no se realiza el tratamiento del agua, la segunda laguna se encuentra vacía ya que no recibe agua y está llena de vegetación. Como propuesta de rediseño es básicamente el mejoramiento de las lagunas ya existentes, para la laguna anaerobia se calculó que se debería reducir un 45% del área de trabajo; sin embargo, para la laguna facultativa se determinó que se debe incrementar el área en un 25% tomando en cuenta la carga superficial y la temperatura de la cabecera cantonal de Palestina.

(Vicente 2015) Satalaya Vicente, Kiara (2015) en su investigación *“Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas en las lagunas de estabilización de la ciudad de Uchiza”* realizada en la universidad nacional agraria de la selva, tiene por determinar si las lagunas de estabilización de Uchiza cumplen con la eficiencia y los límites máximos permisibles. Para la obtención de los datos se ha hecho uso de muestras obtenidas del efluente y del afluente las cuales son llevadas al laboratorio para su posterior análisis de los contaminantes. Después de realizar los ensayos, se concluye que el agua del efluente tiene un comportamiento dentro de lo típico para las descargas de agua domésticas sin tratar; por otro lado, en el caso del efluente la temperatura y el pH estuvieron dentro de los LMP para las aguas residuales domésticas y municipales, mientras que la DQO se encontró por debajo es decir si cumple, pero en DBO5 y STS están por encima del LMP. Por otro lado, la

eficiencia de remoción de DBO5 y STS es demasiado baja ya que se encuentra entre el 20 y 30% y lo recomendado por la norma está entre 70 y 80%.

(García Nuñez y Garrido Aljure 1994) Alberto García & Jorge Garrillo (1994) en su artículo "*Evaluación de lagunas de estabilización en la planta extractora de Monterrey*" publicado en la revista Palma en la Ciudad de Colombia, tiene como objetivo principal realizar una evaluación al sistema de tratamiento de aguas residuales en esta planta, mediante lagunas de estabilización para obtener parámetros de la carga orgánica admisible que puedan optimizar futuros diseños de sistemas. El sistema de tratamiento existente consta de 4 lagunas anaerobias y también con 10 lagunas de recuperación de aceite como sistema de pretratamiento, se tiene conocimiento que las lagunas tienen exactamente 7 años de vida útil. Para el estudio realizado se toma en cuenta distintos parámetros de los cuales se obtiene los siguiente: en cuanto al pH las cuatro lagunas tienen un pH menor a 6.5 lo cual indica que cumple una función intermedia además absorbe la acidez presente en el medio; la norma del país indica que la remoción de la carga de DBO debe ser mayor a 80% la cual, si es cumplida, ya que actualmente las lagunas remueven hasta el 99.55 de DBO; la remoción de grasas y sólidos en suspensión se encuentra en un 99.9 y 99.6% respectivamente; con respecto a los nutrientes: nitrógeno y fósforo, el sistema tiene déficit; además, tiene un buen sistema de reutilización de grasas y aceites. Como conclusión final de la investigación, el autor recomienda tener más controles en el sistema de tratamiento y hacer una purga de los lodos de las lagunas 3 y 4; asimismo, se hace mención que la eficiencia de estas lagunas pueden ser originadas por el tratamiento preliminar que en este caso son las lagunas aceitado y para aumentar la alcalinidad en la primera laguna sería conveniente recircular el agua de las lagunas 2 ó 3, durante horas en el día.

(Montes 1993) Jesús García (1993) en su investigación "*Estado actual del manejo de efluentes en Colombia*" publicada en las revistas Palmas, número especial, volumen 14; nos muestra el manejo del efluente en las plantas extractoras del país, el cual se basa en 30 plantas de las 53 existentes. En el documento se realiza una breve descripción sobre la historia de las plantas extractoras, en las cuales uno de los principales objetivos es la obtención del aceite en las primeras lagunas; por ejemplo, para producir una tonelada de aceite se necesitan 4.12m<sup>3</sup> de agua residual. Por otro lado, en cuanto al manejo de las aguas residuales que son provenientes de los principales puntos de producción de aguas lodosas provenientes de la

clarificación, los condensados de esterilización y los efluentes de los hidrociclones; son tratadas en lagunas de estabilización. Sin embargo, se determina que, por falta de diseño apropiado, el desconocimiento de los procesos de degradación y el deficiente mantenimiento de estos, han hecho que en la mayoría de los casos los sistemas se saturen rápidamente y no cumplan con los objetivos deseados, de las 30 extractoras tan solo 16 poseen algunas de las cuales solo el 5 de ellas funcionan correctamente. Por último, el autor presenta las entidades que supervisan estos procesos y muestra las exigencias requeridas en el vertimiento de aguas del efluente, que varias de las plantas extractoras tienen una descarga directa de los efluentes al cuerpo receptor.

(Ortiz 2012) Iván A. Sánchez (2012) en su investigación “*Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de ILHA Solteira (SP) por lagunas facultativas primarias*” publicada en la revista INGENIERÍA en Colombia, tiene como objetivo realizar una evaluación a las lagunas ya mencionadas en diferentes épocas climáticas del año. Para obtención de datos de la laguna se realiza un levantamiento batimétrico de las lagunas facultativas primarias, en un monitoreo constante durante 24 horas en tres etapas de colectas de 3 meses de duración. Como resultados de la batimetría se obtuvo que la planta tiene 106 m de ancho 457 m de longitud y una profundidad media de 1.14 m, los sedimentos representan la tercera parte de su porción de entrada tomando por el lodo sedimentado, el volumen de lodo acumulado es de orden de 20.044 m<sup>3</sup> equivalente a 20851.374kg de lodo húmedo. En cuanto a la caracterización del afluente y el efluente, se tomaron 25 muestras para determinar 14 parámetros, como resultado de ello se obtuvo que contiene una cantidad de DBO próxima a la permitida; asimismo, los coliformes fecales tienen un porcentaje elevado para su vertimiento o disposición final en comparación recomendada por la norma brasileña. Por otro lado, se realizó un monitoreo de la PTAR para determinar la temperatura en las lagunas la cual varía entre 22 y 27 °C, su pH el cual llega hasta 10.8 en una de ellas, la cantidad de oxígeno disuelto se encuentra por encima del valor mínimo. Por lo mencionado, se concluye que las lagunas necesitan la remoción de los lodos acumulados en las lagunas para homogeneizar las condiciones hidráulicas de funcionamiento y se recomienda realizar una implementación de un sistema adicional de tratamiento que sirva de pulimento de los resultados obtenidos por las lagunas facultativas primarias.

(Febles-Patrón 2010) Flebes-Patrón (2010) en su investigación “*Evaluación preliminar de la eficiencia de las lagunas de oxidación de la ciudad de Mérida Yucatán*” realizada en la universidad autónoma de Yucatán México, nos plantea como objetivos evaluar la cantidad del agua de las lagunas de oxidación de la localidad mencionada, a través de un análisis realizado de 2002 a 2008 por diferentes laboratorios. Según el diagnóstico realizado a la localidad, existen demasiados puntos de contaminación iniciando desde los bancos de materiales pétreos hasta la mala disposición de aguas residuales industriales. El área analizada, contiene 11 lagunas, dos lagunas primarias, dos lagunas secundarias y seis lagunas nuevas en fase de prueba. Para obtener los resultados se consideraron los siguientes parámetros: coliformes fecales, DQO, el fósforo, el nitrógeno, grasas y aceites, los sólidos suspendidos totales, el pH, temperatura y la materia flotante. Para ello, se tomó muestras de agua y posteriormente fueron llevadas al laboratorio de las cuales se puede concluir, que el porcentaje de remoción considerado son altos en comparación con los límites máximos permisibles establecidos en a la norma nacional; asimismo, se registraron altos porcentajes de remoción de contaminantes, pero concentraciones en el efluente superior a los límites establecidos en la norma. Por otro lado, se afirma que las lagunas de oxidación no están funcionando adecuadamente y representan una fuente de contaminación al ambiente.

## **2.2. Definición De Términos Básicos**

**Caudal de diseño:** “Relación entre caudal y concentración de un parámetro específico que se usa para dimensionar un proceso de tratamiento” (Ministerio de vivienda 2018)

**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)” (Ministerio de vivienda 2018)

**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 oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio” (Ministerio de vivienda 2018)

**Efluente:** “Líquido que sale de un proceso de tratamiento” (Ministerio de vivienda 2018)

**Lagunas de estabilización:** “Estanque en el cual se descarga aguas residuales y en donde se produce la estabilización de materia orgánica y la reducción bacteriana” (Ministerio de vivienda 2018)

**Laguna aerobia:** “Laguna con alta producción de biomasa” (Ministerio de vivienda 2018)

**Lagunas de enaerobia:** “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” (Ministerio de vivienda 2018)

**Laguna Facultativa:** “Estanque cuyo contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y la 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” (Ministerio de vivienda 2018)

**Laguna de maduración:** “Estanque de estabilización para tratar el efluente secundario o aguas residuales previamente tratadas por sistema de lagunas, en donde se produce una reducción adicional de bacterias” (Ministerio de vivienda 2018)

**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” (Ministerio de vivienda 2018)

**PH:** “Logaritmo con signo negativo de la concentración de iones hidrógeno, expresado en moles por litro” (Ministerio de vivienda 2018)

**Planta de tratamiento:** “Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales” (Ministerio de vivienda 2018)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Tipo De Estudio Y Diseño De Contrastación De Hipótesis

En el presente proyecto de investigación científica descriptiva, se pretende describir la calidad del agua tratada mediante el uso de lagunas de estabilización y los principales problemas que causan la ineficiencia de estas, identificando la relación entre sus variables. Por tal motivo este estudio es de tipo “descriptiva”.

#### 3.2 Hipótesis

Por la naturaleza de la investigación no es posible formular una hipótesis.

#### 3.3.Variables – Operacionalización

VARIABLE	INDICADOR
CONTAMINANTES	DQO Y DBO5
	GRASAS Y ACEITES
	COLIFORMES FECALES
	NUTRIENTES Y SST
	PH Y TEMPERATURA

VARIABLE	INDICADOR
PROBLEMAS DE LAGUNAS	MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN
	DISEÑO
	DESCONOCIMIENTO DEL TEMA

#### 3.4.Población, Muestra De Estudio Y Muestreo

##### 3.4.1 Población

Todas aquellas fuentes de información de procedencia confiable, como artículos de revistas o periódicos y tesis de cualquier tipo, que hablen sobre la evaluación de las lagunas de estabilización.

### 3.4.2. Muestra

El tipo de muestra es no probabilístico, ya que la elección de los elementos se ha realizado de acuerdo con el criterio del investigador. Para la muestra se tomó solamente 13 documentos representativos, tomando en cuenta entre tesis, artículos y revistas

### 3.5. Métodos, Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos

<b>TÉCNICA:</b>	<b>INSTRUMENTO:</b>	<b>APLICACIÓN:</b>
Análisis de documentos	Fichas de registro o control	Fuentes primarias y secundarias de información

### 3.6. Procesamiento Para Análisis De Datos

Para el procesamiento de los datos obtenidos del análisis documental, sean cuantitativos o cualitativos, se usó como herramienta principal el programa de hojas de cálculo Excel, que permite sintetizar la información y presentarla en forma de gráficos de barras, de dispersión, etc.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Principales causas de la ineficiencia de las lagunas

#### 4.1.1. Estado de conocimiento acerca del tratamiento de aguas residuales.

De acuerdo con las fuentes bibliográficas analizadas del tipo nacional e internacional, el conocimiento del tratamiento de las aguas residuales es muy poco, lo cual significa que esta es una situación preocupante por la poca importancia que se le da al impacto negativo que causa. En el estudio realizado por la ONU en el 2017 se obtiene lo siguiente:

<b>Tabla n°1: Países con conocimiento sobre tratamiento de aguas residuales</b>			
	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>	
Países con información	55	30%	
Países sin información	126	70%	
	181		



Como se observa en la tabla de los 181 países tan solo el 30 % cuenta con la información actualizada sobre el tratamiento de las aguas residuales, el resto de los países cuentan con una mínima información o con información desactualizada y existen algunos que no tienen conocimiento alguno. Como se observa el desconocimiento del tratamiento produce que el tratamiento de aguas sea ineficiente y también que haya mucha más información.

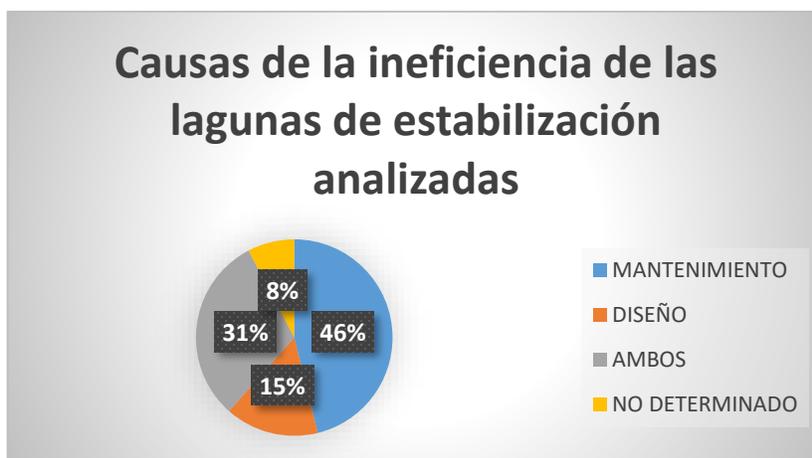
#### 4.1.2. Mal diseño y falta de mantenimiento y operación.

TABLA N° 01: CUADRO RESUMEN DE LOS PRINCIPALES CAUSA DE LOS PROBLEMAS EN LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN						
N°	PROCEDENCIA	AUTOR	TÍTULO	AÑO	CAUSA	
					MANTENIMIENTO	DIS EÑO
1	AREQUIPA	Medina, Gerardo	Evaluación y rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de las lagunas de estabilización del sector Río Seco, distrito de la Joya, provincia de Arequipa"	2018	SI	NO
2	PUNO	Vilca, Enrique	"Evaluación y propuesta de mejoramiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la localidad del distrito de Taraco, provincia de Huancané-Puno	2017	SI	SI
3	GUATEMALA	Martines & Guzmán	" Estudio y evaluación de las lagunas de estabilización de aguas residuales domésticas en la Base Militar N°10 de Jutiapa, Colonia militar de Jutiapa, Base aérea del sur de Retalhuleu y Escuela politécnica en San Juan Sacatepéquez"	2003	SI	NO
4	PUNO	Mamani, Yhony	"Evaluación de la operatividad y rediseño de la laguna de estabilización del distrito de llave, provincia de Collao"	2017	SI	NO
5	PIURA	Silva, Javier ,	"Evaluación y rediseño del sistema de lagunas de estabilización de la universidad de Piura"	2004	SI	NO
6	PURA	García Ruesta,	"Evaluación, optimización de las lagunas de estabilización El Cucho, Sullana"	2008	SI	SI
7	COLOMBIA	Gama Santos, Echa Yiseth Contreras	" Rediseño a las lagunas de estabilización existentes en empresa BIOH2O S.A.S"	2017	NO	SI
8	ECUADOR	Olvera, Diego	"Propuesta de rehabilitación del sistema de lagunaje para el tratamiento de aguas residuales de la cabecera cantonal de Palestina"	2016	SI	SI
9	SAN MARTIN	Satalaya Vicente, Kiara	"Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas en las lagunas de estabilización de la ciudad de Uchiza"	2015	SI	NO
10	COLOMBIA	Alberto García & Jorge Garrillo	"Evaluación de lagunas de estabilización en la planta extractora de Monterrey"	1994	NO	SI
11	COLOMBIA	Jesús García	" Estado actual del manejo de efluentes en Colombia"	1993	SI	NO
12	COLOMBIA	Iván Sanchez	Iván A. Sánchez Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de ILHA Solteira (SP) por lagunas facultativas primarias"	2012	-	-
13	MEXICO	Flebes-Patrón	Evaluación preliminar de la eficiencia de las lagunas de oxidación de la ciudad de Mérida Yucatán"	2010	SI	SI

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las lagunas de estabilización existen problemas de mantenimiento y diseño los cuales pueden ser los principales causantes de la ineficiencia de las lagunas.

*Gráfica 1: Causas de la ineficiencia de las lagunas analizadas*



Fuente: Elaboración propia

Con los datos mostrados en el gráfico se puede afirmar que casi la mitad de las lagunas analizadas tienen como causa principal falta de mantenimiento y operación por parte de las entidades encargadas de estas PTAR; asimismo, los problemas con diseño y falta de mantenimiento y problemas con diseño representan la segunda causa con más incidencia en las lagunas analizadas.

Según la SUNASS (2016) estos son los principales problemas de diseño y construcción que se presentan en el Perú.

*Tabla 1: Observaciones respecto a diseño de PTAR- SUNASS*

**TABLA 31. OBSERVACIONES FRECUENTES RESPECTO A LA CONSTRUCCIÓN DE LAS PTAR**

OBSERVACIONES	N.º DE PTAR
EXISTENCIA DE REJAS CON BARRAS HORIZONTALES	2
EXISTENCIA DE TAMICES DE LIMPIEZA MANUAL	1
INSUFICIENTE COMPACTACIÓN E IMPERMEABILIZACIÓN DE DIQUES	4
INSUFICIENTE PROTECCIÓN DE LOS DIQUES CONTRA LA EROSIÓN PLUVIAL	2
DIFÍCIL ACCESO A EQUIPOS DE OPERACIÓN MANUAL, COMO TABIQUES Y REJAS	4
TECNOLOGÍA INADECUADA (TRATAMIENTO QUÍMICO, FILTRO PERCOLADOR DE ARENA)	3
DISEÑO DE REACTORES DE TIPO RAFA SIN SEPARADOR DE FASES	2
OTROS: FALTA DE CONEXIÓN ENTRE DOS LAGUNAS EN SERIE	1

Fuente: SUNASS

Como se observa, los problemas de diseño son muchos, en la bibliografía analizada existen también problemas relacionados a la geometría de las lagunas, existen algunas que se encuentran sobredimensionadas y otras no soportan la carga hidráulica aplicada.

#### 4.1.3. otros

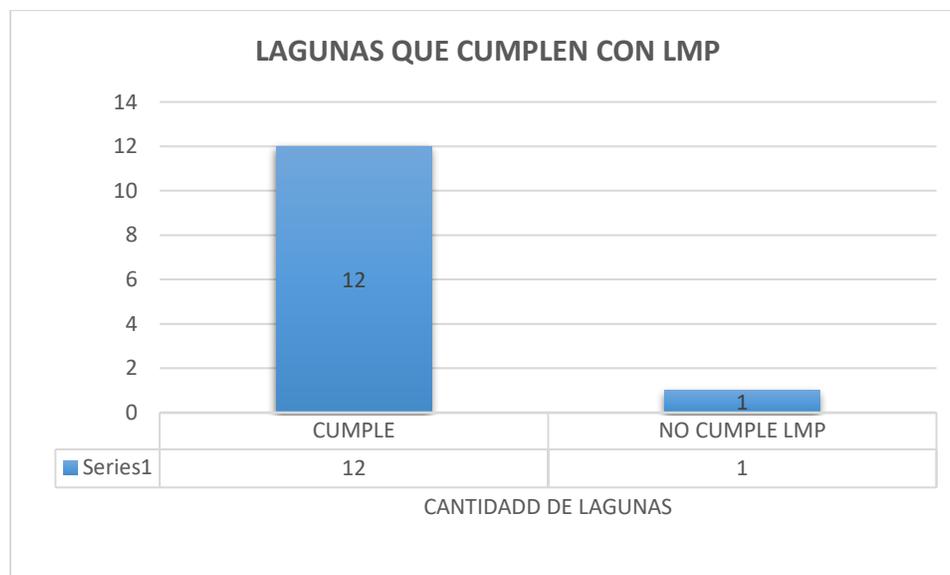
Después de analizar todas las fuentes científicas utilizadas para la investigación se ha determinado que los problemas de mantenimiento, operación y diseño no son los únicos problemas existentes. Puesto que, en la mayor parte de estas se ve presente la falta de un pretratamiento de aguas residuales antes de llevar al tratamiento primario y secundario, así mismo, no se cuenta con los implementos necesarios requeridos por la norma.

Los principales implementos son: desarenadores, cribas, medidores de caudal, cerco perimétrico, entre otros.

#### 4.2. La calidad del agua trata de las lagunas.

De las fuentes bibliográficas consideradas solo se ha tomado en cuenta el porcentaje de contaminantes existentes en agua tratada del efluente. Para poder hacer la comparación se ha tenido que recurrir a la normativa de cada país para poder hacer la comparación respectiva.

*Gráfica 2: Lagunas Que Cumplen Los Lmp*



Fuente: Elaboración propia

En la presente tabla se observa que de las lagunas analizadas solo uno cumple con la mayor parte de LMP, lo cual es una situación preocupante ya que muestra que la mayor parte de PTAR existentes no se encuentran en buenas condiciones y no tratan el agua en la medida

que se debe. Se tiene conocimiento de la norma peruana que las calidades de los efluentes deben estar dentro de los siguientes parámetros:

*Ilustración 1: Límites máximos permisibles en Perú*

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

Fuente: El peruano

*Ilustración 2: Límites máximos permisibles en México*

**Tabla 2.** Límites máximos permisibles establecidos para parámetros de calidad de agua en la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996

Parámetro	Límites máximos*
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1000 a 2000
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	60
Fósforo total (mg/L)	10
Nitrógeno total (mg/L)	25
Grasas y aceites (mg/L)	25
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	60
Sólidos sedimentables (mg/L)	2
Temperatura (°C)	40
pH	5 a 10
Materia flotante	Ausente

\* Promedio diario para uso público urbano, embalses naturales y artificiales.

Fuente: semarnat-1996

- **DBO5**

*Tabla 2: Análisis de cantidad de DBO5 en los efluentes.*

N° De tesis	BDO 5	NORMA	PROCEDENCIA
1	247.51mg/L	100 mg/L	AREQUIPA
2	13.09%	100mg/L	PUNO
4	240 mg/L	100mg/L	PUNO
5	-	100mg/L	PIURA
6	34.8mg/L	100mg/L	PURA
7	136.1	60mg/L	COLOMBIA
8	150 mg/l	100mg/L	ECUADOR
9	23.56%	100mg/L	SAN MARTIN
10	17.25mg/L	60mg/L	COLOMBIA
11	653mg/L	60mg/L	COLOMBIA
12	46.4 mg/L	60mg/L	COLOMBIA
13	37 veces el permitido por la	60mg/L	MEXICO

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se presenta una comparación entre el contenido de DBO5 en los efluentes analizados. Se puede afirmar que sólo dos de las lagunas analizadas cumple con el LMP del especificado en la norma del país, esta es la laguna de la planta extractora ubicada en Colombia y la ubicada en Piura-Sullana. Por otro lado, se aprecia que los valores de DBO5 máximos encontrados se entran por 663mg/L; El cual es aproximadamente 11 veces el permitido en la norma y la laguna ubicada en México un valor de 37 veces el valor permitido.

- **DQO**

*Tabla 3: Análisis de cantidad de DQO en los efluentes*

N° De tesis	DQO	NORMA	PROCEDENCIA
1	1170mg/L	200 mg/L	AREQUIPA
2	12.95%	200 mg/L	PUNO
4	560 mg/L	200 mg/L	PUNO
5	-	200 mg/L	PIURA
6	-	200 mg/L	PURA
7	102.6	180 mg/L	COLOMBIA
8	256 mg/l	250 mg/L	ECUADOR
9	23.56%	200 mg/L	SAN MARTIN
10	14mg/L	180 mg/L	COLOMBIA
11	630 mg/L	180 mg/L	COLOMBIA
12	61.60%	180 mg/L	COLOMBIA
13	-	-	MEXICO

Fuente: Elaboración propia

Los porcentajes de DQO presentes son relativamente altos en comparación con los parámetros especificados por la normativa existente, el más alto viene hacer el encontrado en las lagunas de estabilización ubicadas en la ciudad de Arequipa con un aproximado de 1170 mg/L. Se puede afirmar, que las lagunas tienen un gran déficit en cuanto a este parámetro.

- **COLIFORMES FECALES**

*Tabla 4: Análisis de cantidad de coliformes fecales en los efluentes*

N° De tesis	COLIFORMES FECALES	NORMA	PROCEDENCIA
1	-	10000NMP/100ml	AREQUIPA
2	46.67%	10000NMP/100ml	PUNO
3	PÉSIMA REMOCIÓN		GUATEMALA
4	$1.55 \cdot 10^7$	10000NMP/100ml	PUNO
5	-	10000NMP/100ml	PIURA
6	20000NMP/100ml	100mg/L	PURA
7	-		COLOMBIA
8	-	Remoción 90%	ECUADOR
9	-	10000NMP/100ml	SAN MARTIN
10	-		COLOMBIA
11	-		COLOMBIA
12	SUPERA LOS		COLOMBIA
13	-	1000 a 2000NMP/100ml	MEXICO

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los datos de la tabla mostrada, se afirma que las lagunas tienen un pésimo funcionamiento en cuanto a la eliminación de coliformes fecales, ninguna de las lagunas analizadas cumple con el parámetro especificado, tanto es el problema que una de ellas tiene  $1.55 \cdot 10^7$  el cual es un valor bastante alejado a 10000 que es el recomendado.

- **SOLIDOS EN SUSPENSION**

*Tabla 5: Análisis de cantidad de SST en los efluentes*

N° De tesis	SST	NORMA	PROCEDENCIA
1	1421 mg/L	150 mg/L	AREQUIPA
2	66.18%	150 mg/L	PUNO
3	SATURADO		GUATEMALA
4	-	150 mg/L	PUNO
5	-	150 mg/L	PIURA
6	-	150 mg/L	PURA
7	85%	40mg/L	COLOMBIA
8	490	100mg/L	ECUADOR
9	210.13 mg/l	150 mg/L	SAN MARTIN
10	-	40mg/L	COLOMBIA
11	720mg/L	40mg/L	COLOMBIA
12	Existen valores altos por	40mg/L	COLOMBIA
13	Existen valores altos por	60 mg/L	MEXICO

Fuente: Elaboración propia

El contenido de SST existente en la mayoría de los efluentes no cumplen con ningún parámetro esperado. La falta de tratamiento de este contaminante es el causante de la turbidez

del agua tratada y de la retención de bacterias dentro de los sólidos, por lo cual la contaminación no disminuye.

- **PH**

*Tabla 6. Análisis de pH en los efluentes*

N° De tesis	Ph	NORMA	PROCEDENCIA
1	7.67	6.5-8.5	AREQUIPA
2	OPTIMA	6.5-8.5	PUNO
3	Varía entre 6 y 8	-	GUATEMALA
4	8	6.5-8.5	PUNO
5	-	6.5-8.5	PIURA
6	8.13	6.5-8.5	PURA
7	-	6 a 9	COLOMBIA
8	-	5 a 9	ECUADOR
9	OPTIMO	6.5-8.5	SAN MARTIN
10	varía de 6 a 7	6 a 9	COLOMBIA
11	ESTAN EN EL RANGO DE	6 a 9	COLOMBIA
12	ESTA EN EL RANGO	6 a 9	COLOMBIA
13	OPTIMA	5 a 10	MEXICO

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que el Ph es uno de los pocos parámetros de los cuales las lagunas de estabilización si mantienen los parámetros exigidos se encuentran que se encuentran entre 5 10 y los obtenidos en los ensayos varían entre 6 a 10. Tan solo dos lagunas no se encuentran en buenas condiciones, una de ellas está alejada dentro del rango alcalino y la otra dentro del rango de ácidos.

- **TEMPERATURA.**

*Tabla 7: Análisis de la temperatura en las lagunas de los efluentes*

N° De tesis	Temperatura	NORMA	PROCEDENCIA
1	OPTIMA	< 35	AREQUIPA
2	OPTIMA	< 35	PUNO
3	-		GUATEMALA
4	VARÍA ENTRE 9 Y 10°C	< 35	PUNO
5	-	< 35	PIURA
6	SUPERA LOS 30°C	< 35	PURA
7	-	<35	COLOMBIA
8	-	< 35	ECUADOR
9	varía entre 29.31%	< 35	SAN MARTIN
10	-	< 35	COLOMBIA
11	-	< 35	COLOMBIA
12	-	< 35	COLOMBIA
13	OPTIMA	40	MEXICO

Fuente: Elaboración propia

La temperatura optima esperada se encuentra presente en la mayor parte de lagunas.

- **NUTRIENTES.**

*Tabla 8: Análisis de cantidad de nutrientes en el efluente.*

Nº De tesis	NUTRIENTES	NORMA	PROCEDENCIA
1	-	25mg/L	AREQUIPA
2	-	25mg/L	PUNO
3	-		GUATEMALA
4	-	25mg/L	PUNO
5	-	25mg/L	PIURA
6	-	25mg/L	PURA
7	-	20 mg/L	COLOMBIA
8	25.6	10mg/L	ECUADOR
9	la remoción es muy baja	25mg/L	SAN MARTIN
10	TIENE DEFICIT	20 mg/L	COLOMBIA
11	-	20 mg/L	COLOMBIA
12	Remueve entre 76 a 97.1%	20 mg/L	COLOMBIA
13	CONTIENEN HASTA	25 mg/l	MEXICO

Fuente: Elaboración propia

La remoción de nutrientes en las lagunas de estabilización es demasiado baja, así mismo, se aprecia que no todos los autores toman tanta importancia a este parámetro por lo cual no ha sido tomado en cuenta en sus investigaciones.

### **Aceites y grasas**

*Tabla 9: Análisis de cantidad de aceites y grasas en los efluentes*

Nº De tesis	ACEITES Y GRASA	NORMA	PROCEDENCIA
1	205 mg/l	20 mg/L	AREQUIPA
2	OPTIMO	20 mg/L	PUNO
3	-		GUATEMALA
4	-	20 mg/L	PUNO
5	-	20 mg/L	PIURA
6	-	20 mg/L	PURA
7	70%	15mg/L	COLOMBIA
8	-	15mg/L	ECUADOR
9	-	20 mg/L	SAN MARTIN
10	CUMPLE CON LOS	15mg/L	COLOMBIA
11	649mg/L	15mg/L	COLOMBIA
12	-	15mg/L	COLOMBIA
13	25mg/L	25 mg/L	MEXICO

Fuente: Elaboración propia

En la tabla mostrada se encuentra que solo 3 de las lagunas analizadas cumplen con una remoción correcta de aceites y grasas. Es necesario mencionar, que no todas las investigaciones contaron con el análisis del parámetro, por lo que no se puede sacar un porcentaje promedio del contaminante eliminado.

### 4.3. Propuestas de rediseño sugeridas.

Tabla 10: Propuesta de rediseño de mejoramientos

Tabla 2: PROPUESTAS DE REDISEÑO Y MEJORAMIENTO			
Nº	PROCEDENCIA	AUTOR	PROPUESTAS DE REDISEÑO
1	AREQUIPA	Medina, Gerardo	Se hacen 3 propuestas de rediseño, las cuales son: zanjas de oxidación; lagunas de oxidación y por último, usar la tecnología de filtros percoladores como tratamiento secundario.
2	PUNO	Vilca, Enrique	Añadir un tratamiento preliminar el cual cuenta con: desbaste, desarenado, medidor de caudal; dentro del tratamiento primario se debe contar con: un tanque inhoff, lechos de secado de lodos y en el tratamiento secundario usar: humedales de flujo superficial.
3	GUATEMALA	Martines & Guzmán	Incluir un by pass para permitir la limpieza de los lodos, mejorar los accesos a las lagunas, utilizar el manual de operación y mantenimiento.
4	PUNO	Mamani, Yhony	Mejorar el sistema de tratamiento existente, tales como: mantener un control y así proporcionar un producto de calidad, contar con un registro y control de los diferentes parámetros que permitan evaluar la eficiencia de la operación.
5	PIURA	Silva, Javier ,	Mejorar el tren de tratamiento
6	PURA	García Ruesta, Carlos	Recomienda la reubicación de las lagunas
7	COLOMBIA	Gama Santos, Edna Yiseth	Diseñar las lagunas de estabilización con sus respectivas profundidades requeridas en la norma.
8	ECUADOR	Contreras Olvera, Diego Marcel	Se recomienda disminuir el área de las lagunas anaerobias y incrementar en la laguna facultativa.
9	SAN MARTIN	Satalaya Vicente, Kiara	Se recomienda realizar una purga a las lagunas 3 y 4
10	COLOMBIA	Alberto García & Jorge Garrillo	Se recomienda una purga de lodos en 2 lagunas, y brindar un seguimiento a las lodos para ver su capacidad de almacenamiento.
11	COLOMBIA	Jesús García	Tomar en cuenta los parámetros normativos.
12	COLOMBIA	Iván Sanchez	Se recomienda implementar un sistema de tratamiento adicional para eliminar coliformes y materia orgánica.
13	MEXICO	Flebes-Patrón	Reubicación, el diseño y construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales y lodos.

Fuente: Elaboración propia

Las fuentes de investigación analizadas presentan distintas formas de mejorar el sistema de tratamiento de las aguas residuales, desde la realización de un rediseño completo de la PTAR o simplemente recomendando la implementación de ciertos complementos indispensables para el correcto funcionamiento de las PTAR. Como recomendación final, todas mencionan realizar un mantenimiento constante a las estructuras de la PTAR y un monitoreo periódico del agua del afluente y el efluente para asegurar la calidad del agua tratada y mitigar la contaminación.

## V. CONCLUSIONES.

Posterior al análisis de las fuentes bibliográficas se determina que las principales causas de la ineficiencia de las lagunas de estabilización en cuanto a remoción de contaminantes, las cuales las siguientes: el desconocimiento del sistema de tratamiento de estas aguas, como afirma la ONU tan sólo el 30 % de los países cuentan con la información actualizada y completa; la falta de mantenimiento y operación se ve reflejada en la mayor parte de lagunas de estabilización analizadas y en menor medida encontramos problemas por la falta de diseño e implementación de sistema de pretratamiento o preliminar para el tratado de las aguas.

Después de analizar cada uno de los parámetros existentes dentro de LMP exigidos por la norma vigente, se determina que ninguna de las lagunas cuenta con una correcta remoción de contaminantes, algunas de las lagunas cumplen con algunos, pero ninguna de ellas cumple con la totalidad. Dentro de lo analizado se determinó que los únicos parámetros cumplidos en casi su totalidad son la temperatura y el Ph. El contenido de DBO5 está entre 27 y 653 mg/L el cual supera a la cantidad especificada en los LMP, el contenido de DQO está entre 14 y 1170 mg/L el cual es un valor considerablemente alto en comparación el permitido, la remoción de coliformes fecales y nutrientes cuenta con un significativo déficit ninguna laguna logra cumplir con los parámetros.

En cuanto a propuesta de rediseño se tiene como más sugerida la implementación de un sistema de pretratamiento, con la adición de desarenadores, cribas, medidores de caudal entre otros; asimismo, tenemos recomendaciones en cuanto a los parámetros de diseño, en ciertos casos recomienda la reubicación completa de las lagunas o también la reducción o ampliación de determinadas lagunas. Por otro lado, tenemos otras propuestas tales como: la utilización de zanjas de oxidación, usar el tratamiento de filtros percoladores, usar humedales en el tratamiento secundario, incluir un by pass para mejorar la limpieza de lodos y por último, pero no menos importante la implementación del tren de tratamiento con el que se incluya las fases de tratamiento (pretratamiento, primario, secundario y si fuera posible un terciario).

## **VI. RECOMENDACIONES**

En la situación actual que nos encontramos se recomienda recopilar un poco más de información sobre el impacto negativo que tiene el agua residual; tomando en cuenta este gran sistema de tratamiento de agua que es muy amigable con el ambiente y de bajo coste económico para una determinada localidad.

Regirse a los parámetros normativos en cuanto al diseño de las lagunas de estabilización, considerando todos los implementos necesarios para mejorar el sistema de tratamiento y obtener una mejor calidad de a tratada.

Brindar un adecuado mantenimiento a las estructuras de las plantas de tratamiento, este debe realizarse de manera periódica para mejorar los sistemas de tratamiento y mejorar las condiciones del agua; así mismo, no descuidar la operabilidad, y ubicar un personal responsable en la zona de estudio.

Se recomienda que las investigaciones que se utilicen como antecedentes de investigación tengan carácter científico y sean de naturaleza reciente, para que los resultados del análisis descriptivo sean lo más actualizados posible.

Sería conveniente un estudio puramente cuantitativo respecto a las posibles mejoras en las lagunas de estabilización analizadas y verificar su condición actual para comprobar si ha tenido un posible mejoramiento.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Burga, Javier Alejandro Silva. «Evaluación y rediseño del sistema de lagunas de estabilización de la universidad de Piura.» Tesis para optar por el título de ingeniero Civil, Piura, 2004.
- Enríquez, Elwer Vilca. «Evaluación y propuesta de mejoramiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la localidad del distrito de Taraco, provincia de Huancané-Puno.» Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Puno, 2017.
- Febles-Patrón. «Evaluación preliminar de la eficiencia de las lagunas de oxidación de la ciudad de Mérida Yucatán.» *Ingeniería* 14, n° 2 (2010): 127-137.
- García Nuñez, Jesus Alberto, y Jorgue Garrido Aljure. «Evaluación de lagunas de estabiñización Planta extractora de Monterrey.» *Palmas* 15, n° 2 (1994): 39-53.
- García Nuñez, Jesus Alberto, y Jorge Garrido Aljure. «Evaluación de lagunas de estabailización de la Planta extractora de Monterrey.» *Palma* 15, n° 2 (1994): 39-53.
- Manchego, Mauricio Gerardo Madina. «Evaluación y rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de las lagunas de estabilización del sector "río seco", distrito de la Joya, provincia de Arequipa.» Tesis para optar al título profesional de ingeniero sanitario, Arequipa, 2018.
- Martinez Guillen, Alvaro Alberto, y Nicolas De Jesús Guzman Saenz. «“Estudio y evaluación de las lagunas de estabilización como tratamiento de las aguas residuales en la base militar N° 10 de Jutiapa, colonia militar de Jutiapa, base aérea del sur en Retalhuleu y escuela Politécnica en San Juan Sacatepéquez”.» Requisito previo para optar el grado académico de maestro en ingeniería sanitaria, Guatemala, 2003.
- Ministerio de vivienda. «Norma OS. 090. Plantas de tratamiento de aguas residuales.» Lima, 2018.
- Ministerio del Ambiente. «EL FENÓMENO EL NIÑO.» 2014: 36.
- Montes, Jesús A. García. «Estado actual del manejo de efluentes en Colombia.» *Palmas* 14, n° Especial (1993): 141-148.
- Olvera, Diego Marcel Contrers. «Propuesta de rehabilitación del sistema de lagunaje para el tratamiento de aguas residuales de la cabecera cantonal de Palestina.» Trabajo para la obtención del grado de magíster en gestión ambiental, Ecuador, 2016.

- ONU. *Aguas residuales el recurso desaprovechado*. Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2017, París: Un Water, 2017.
- Ortiz, Iván Andrés Sánchez. «Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de ILHA Solteira (SP) por lagunas facultativas primarias.» *INGENIERÍA* 30, n° 2 (2012).
- Pimentel, Héctor Rodríguez. «iagua.» 13 de marzo de 2017. <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes> (último acceso: 18 de octubre de 2019).
- Ruesta, Carlos Enrique García. «Evaluación, optimización y rediseño de las lagunas de estabilización El Caucho, Sullana.» Tesis para optar a un título, Piura, 2008.
- Santos, Edna Yiseth Gama. «Rediseño a las lagunas de estabilización existentes en la empresa BIOH20 S.A.S.» Trabajo de grado, pasantía, Colombia, 2017.
- SUNASS. *DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIO DE SANEAMIENTO*. Lima: Cooperación alemana, 2015.
- SUNASS. *LEY N° 26338 Y LEY N° 30045*. Decreto Legislativo, Lima: El Peruano, 2015.
- SUNASS. *LEY N° 29338*. Decreto Legislativo, Lima: El Peruano, 2016.
- Vicente, Kiara Satalaya. «Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas en las lagunas de estabilización de la ciudad de Uchiza.» tesis para optar el título profesional de ingeniero en recursos naturales renovables, Tingo María, 2015.
- Yapurasi, Yhony Mamani. «Evaluación de la operatividad y rediseño de la laguna de estabilización del distrito de Ilave, provincia de El Collao.» Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Puno, 2017.