



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL INGENIERÍA AMBIENTAL

“Determinación de la efectividad entre los métodos de Lagunas de Estabilización aerobias y anaerobias para la reducción de Materia Orgánica”

Trabajo de investigación para optar el grado académico de:

BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Presentado por:

Javier Fernando Chavez Jordán (0000-0001-7434-3004)

Asesor:

Fernando Javier Chavez Zegarra (0000-0002-2606-6556)

Lima-Perú

2022



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 088-2022-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 26 de junio de 2022

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **“DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD ENTRE LOS METODOS DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION AEROBIAS Y ANAEROBIAS PARA LA REDUCCIÓN DE MATERIA ORGANICA”**, presentado por:

- **JAVIER FERNANDO CHAVEZ JORDAN**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **“DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD ENTRE LOS METODOS DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION AEROBIAS Y ANAEROBIAS PARA LA REDUCCIÓN DE MATERIA ORGANICA”** con N° de registro de la carrera: **0128-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **FERNANDO JAVIER CHAVEZ ZEGARRA** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,

Dr. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

“Determinación de la efectividad entre los métodos de Lagunas de Estabilización aerobias y anaerobias para la reducción de Materia Orgánica”

Javier Fernando Chavez Jordan y Fernando Javier Chavez Zegarra

Universidad Científica del Sur, Facultad de Ciencias Ambientales, Carrera de Ingeniería Ambiental, Panamerica Sur km 19, Villa el Salvador.

javierfernandochavez1997@gmail.com

ABSTRACT

Treatment plants are not always tailored to what the population needs, we will seek to verify that the anaerobic lagoons method is more efficient for the removal of organic matter with respect to aerobic lagoons. Wastewater treatment plants are essential for the management of domestic and industrial waters. These have properties to remove different components some are better than others in removing each component, one of them is the organic matter that is causing diseases, generates dangerous microorganisms and in the event that the effluent is deposited in a lagoon this can cause eutrophication . The stabilization lagoons are good reducers of organic matter, biochemical demand of oxygen and chemical demand of oxygen two main components for the determination of organic matter, however the anaerobic lagoons have better percentage of removal in the same conditions in which it is presented, thus being more efficient and gives us more easily the number closer to the concentration limits proposed by the current legal framework that are: Water quality standards (ECA) established in Supreme Decree No. 002-2017- MINAM and Supreme Decree No. 003-2017-MINAM, The enforcement of the LMP. The main defect would be mainly maintenance, which for the two treatments should be done in the case of stabilization ponds is cheaper and for anaerobic lagoons becomes more expensive because of the large amount of sludge that must be removed and cleaned It continues that it must be given to the whole process. Anaerobic lagoons tend to produce large amounts of methane, this causes bad odors, which are not a

big problem, since the plants are far from the population and this does not create a nuisance for nearby cities. The result is that the method of anaerobic lagoons is more efficient for the removal of organic matter and this is a benefit to maintain a control of the health of the population, however it becomes more expensive for its maintenance.

RESUMEN

Las plantas de tratamiento no siempre están hechas a la medida de lo que necesita la población, se buscará que comprobar que el método de lagunas anaerobias es más eficiente para la remoción de materia orgánica con respecto a las lagunas aerobias. Las pozas de tratamientos de aguas residuales (PTAR), son esenciales para el manejo de aguas domesticas e industriales. Estas presentan propiedades para remover distintos componentes algunas son mejores que otras en remover cada componente, uno de ellos es la materia orgánica que es causante de enfermedades, genera microorganismos peligrosos y en el caso de que el efluente se deposite en una laguna esta pueda causar eutrofización. Las lagunas con presencia de oxígeno son buenas reductoras de materia orgánica, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno dos principales componentes para la determinación de materia orgánica, sin embargo las lagunas anaerobias tienen mejor porcentaje de remoción en las mismas condiciones en las que se presenta, siendo así más eficiente y nos da de manera más sencilla la un número más acercado a los límites de concentración propuesto por el marco legal vigente que son: Estándares de calidad de agua (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N. ° 002-2017-MINAM y el Decreto Supremo N. °003-2017-MINAM, La fiscalización del cumplimiento de los LMP. El principal defecto seria principalmente el mantenimiento, que por los dos tratamientos se debe hacer en el caso de las lagunas aerobias es más barato y para las lagunas anaerobias llega a ser más caro por la gran cantidad de lodos que se debe remover y la limpieza continua que se le debe dar a todo el proceso. Las lagunas anaerobias tienden a producir grandes cantidades de metano, esto causa malos olores, que no son gran problema, ya que las plantas están alejadas de la población

y esto no genera una molestia para las ciudades cercanas. Se tiene como resultado que el método de lagunas anaerobias es más eficiente para la remoción de materia orgánica y esto es un beneficio para mantener un control de la salud de la población, sin embargo, llega a ser más caro por su mantenimiento.

BASES TEÓRICAS

La Poza de Tratamiento de Aguas Residuales denominada PTAR San Bartolo, que es una de las plantas más grandes implementadas con lagunas aerobias, se realizó tratando de regular el cumplimiento de las normas ambientales correspondientes al proceso de limpieza de aguas residuales (Pro-Inversión, 2016). El proyecto ha tenido varios inconvenientes desde su ejecución hasta su actual puesta en operación (SUNASS, 2008).

Se está descargando al río un efluente con 39 mg/l, probablemente debido a una sobrecarga de materia orgánica respecto a su capacidad real (Moscoso, 2011).

Se encuentra que la eficiencia presentada del PTAR no cumple con más del 50% del manejo de limpieza de sus aguas residuales domésticas por falta de inversión (Sunass, 2015). Por lo que se necesita una propuesta para mejorar la eficiencia para la disminución de costos y contaminantes como la Materia Orgánica (Takahashi, et al., 2011), obteniendo la parte bioquímica (Mairet, Bernard, Ras, Lardon, y Steyer, 2011) y química (Herrera-Robledo, Cid-León, Morgan-Sagastume, y Noyola, 2011) para determinar la concentración de este contaminante.

Para el tratamiento de aguas residuales se sabe de muchas técnicas las cuales se dan para el mejor manejo de estas y ofrecer un beneficio a la población y a la zona de tratamiento. (Gogate y Pandit, 2004), nos presenta en sus dos tomos de tratamientos de aguas residuales métodos imperativos para un mejor funcionamiento. Para las aguas domésticas se pueden usar

los distintos métodos en la reducción de DBO, principal componente para la reducción de materia orgánica (Sonune y Ghate, 2004).

Uno de los problemas principales del mal trato de las aguas residuales es la generación de enfermedades y contaminación se da mucho, en la deposición de los efluentes en cuerpos de agua que son utilizados para consumo y para recreación, además que la gente utiliza los cuerpos de agua para consumo, y tras actividades que serían más por costumbres. Según (O' Shanahan y Vela, 2003) se encuentra un vertimiento de aguas residuales que se descargar a la zona del mar rocosa, estas aparentemente lleva a 800 metros al norte donde se encuentra a los alrededores una zona con eutrofización visible, ella existe una comunidad de clorofita *Ulva*, asentada tanto en los charcos cerca al mar como en la zona eutrofizada alejada. Al detectar la zona eutrofizada y de donde provenían los efluentes causantes de la misma, si los componentes no superan los requisitos legales, se debe tomar en cuenta igual que son un riesgo para la salud humana y una mala práctica para mantener en buen estado la calidad ambiental de la zona (Aranda, 2004)

Las zonas eutrofizadas serán perjudiciales, además de causar enfermedades y se presenta deterioro por la misma carga orgánica que contiene el agua residual depositada en el cuerpo de agua generando malos olores posibles enfermedades y deterioro del medio.

Se presentan tratamientos diversos como biológicos para aguas residuales como los tratamientos de micro algas (Abdel, Al-Homaidan y Ibraheem, 2012), donde se utiliza para la reducción de materia orgánica; además se presenta un tratamiento biológico con flores con el uso de humedales, (Jaramillo, Agudelo y Peñuela, 2016), donde se da la remoción en un 7,1 % en la demanda bioquímica de oxígeno y 4,1% en la reducción en la demanda química de oxígeno. Se debe tener en cuenta que no son muy efectivos, pero también son muy baratos, se pueden tomar para un tratamiento de baja

escala o para tratamientos experimentales en plantas de tratamientos como método complementario para aumentar la eficiencia existente en los métodos ya implementados.

Las eficiencias de remoción de la materia orgánica en el sistema, como demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), se deben principalmente a factores como la relación larga/ancho en las lagunas. Además, el hecho de que la laguna anaerobia (primera laguna) esté cubierta con lirios evita las variaciones de temperatura, manteniendo el calor del agua en la laguna y amortiguando los malos olores del proceso anaerobio (Deloya, 2008). Las implementaciones de métodos complementarios son buenos para aumentar o mantener la eficiencia del tratamiento, el utilizar flores puede mantener la temperatura y entre otras opciones de combinación de tratamientos a implementar para dar un mejor servicio y evitar las contaminaciones. La materia orgánica es también degradada y mantener una buena protección para que los malos olores no afecte el ambiente de trabajo como a los trabajadores.

Como tratamientos físicos hay varios que muestran buenas cualidades como los lodos activados que logra una eficiencia de retiro de materia orgánica en términos de DQO entre 85 y 90 % (Varila y Diaz, 2008), además este es fácil de implementar en una planta, pero es costoso en reactivos y gestión de los lodos en exceso (Charpentier, 2014). (Torres, 2012) Demuestra que las técnicas anaerobias son una tecnología consolidada, con una eficiencia de disminución entre 65 % y 80 % de DQO entre 6 y 10 horas. Estos métodos son mucho más eficientes y se pueden dar para el tratamiento de grandes caudales, estos métodos tienen la particularidad de ser más caros y tanto en su construcción, su operación y su mantenimiento, a costo de su eficiencia y la gran cantidad de componentes que puede remover como la materia orgánica que su porcentaje de remoción es muy alto.

Las técnicas de tratamiento físicas, como son las lagunas anaerobias son buenas para la remoción y está en específico disminuye la carga orgánica en gran porcentaje se demuestra que los tratamientos anaerobios tienen

mejor eficiencia, pero a la vez son más caros por su mantenimiento y generan olores fuertes.

El segundo método con mayor índice de uso nos lleva a utilizar la población bacteriana para reducir la materia orgánica. Este método es conocido como manejo de lodos activados, este solicita el uso de oxígeno para alimentar a los microorganismos de las aguas residuales para ayudar a su metabolismo (Reynolds, 2002). Las lagunas de estabilización y anaerobias, trabajan por medio de microorganismos que ayudan a la desinfección de las aguas por medio de pozas donde se sedimenta los componentes contaminantes o en exceso que pudieran existir en el afluente que llega a la planta de tratamiento para ser tratada. Estos dos tratamiento trabajan los dos con microorganismos anaerobios, la diferencia entre ellos es que las lagunas de estabilización tiene un componente anaerobio en la superficie y en el fondo de la poza tiene microorganismos anaerobios que son los encargados de reducir la materia orgánica, mientras que en las lagunas anaerobias todo el proceso contiene microorganismos anaerobio, lo que causa mayor generación de lodos pero también mayor reducción de materia orgánica existente en el afluente a tratar.

Las lagunas de estabilización cumplen una gran función para remover los sólidos suspendidos y la materia orgánica, se puede hacer de muchos modos y de maneras muy ingeniosas utilizando orificios, rejillas, entre otras formas para reducir la carga de esta manera prevenimos la contaminación por excesos y además se genera un buen control de enfermedades estomacales y propagación de vectores. (Sánenz, 1986).

Esto nos da una idea de que las lagunas de estabilización pueden ser caras y abarcar terrenos muy grandes, pero presentan gran cantidad de formas para disminuir las cargas orgánicas en el afluente.

El tratamiento de aguas residuales se da mejor por métodos anaeróbicos como menciona (Zhang, An y Quan, 2011), en su trabajo, Mejora de la granulación de lodos en un anaeróbico lleno de hierro de valencia cero. Reactor con circulación hidráulica. Se analiza por medio de distintos

compuestos que tiene el agua residual tomada e intenta mantener el pH 8. Lo que se intenta hacer es proponer el mejor método para el tratamiento de aguas residuales.

Determinar la eficiencia económica de los métodos de Lagunas de Estabilización Aerobias y Anaerobias para la reducción de materia orgánica en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (Malovanyy, Yang, Trela, y Plaza, 2015).

La Caracterización del afluente crudo y los efluentes de la laguna de estabilización y el monitoreo, se da en un periodo de tres meses. Se toma muestras diarias y cada hora para su correcto análisis. (Matsumoto y Sanchez, 2016).

Al realizarse un cambio a las lagunas aireadas por lagunas anaerobias, intentado probar cual es la eficiente entre los métodos propuestos, con respecto para la reducción de Materia Orgánica y sus costos. Siendo importante mencionar que las fases anaerobias son necesarias para estabilizar las aguas residuales (Kongjan, O-Thong y Angelidaki, 2012). Este proceso se realiza en casi todas las aguas empozadas con alto contenido de materia orgánica que puede llegar al estado de putrefacción o es biodegradable. Son efectivas para estabilizar la materia orgánica (León, 1995). Esto nos demuestra que agregar la fase de desinfección con lagunas de maduración puede aumentar los monto de inversión en gran escala (Patiño, 2012)

Las mediciones de DBO (demanda bioquímica de oxígeno), (RAJBHANDARI, 2016) y DQO (demanda química de oxígeno), (Jirka y Carter, 1975); se analizan para determinar la materia orgánica por medio de un análisis analítico de DQO (Elmitwalli, Oahn, Zeeman y Lettinga, 2002) y un análisis experimental de DBO dando como resultado la comparación de los sistemas propuestos, para determinar cuál es el tratamiento con mayor eficiencia para la reducción de materia orgánica.

Se presenta que las lagunas anaerobias pueden tratar aguas residuales a un alto nivel, ya sea para la remoción de componentes patógenos o de carga

orgánica, esto se hace con bajos recursos para su diseño, construcción, operación y el mantenimiento de la misma (Oakley, 2005). Ya mencionado antes los costos aumentan por el sistema anaerobio sin embargo se da un mejor trato además se realiza con mayor eficiencia y nos da mayor referencia para implementación de otros tratamientos complementarios si es que en algún momento se llegaran a necesitar.

Los sistemas de tratamiento más utilizados son los estanques de estabilización. (Kivaisi, 2001). Esto se debe a su bajo costo de instalación y mantenimiento, y a las condiciones climáticas óptimas para los estanques que se encuentran en áreas tropicales donde se encuentran muchos países en desarrollo (Von Sperling y Marcos, 1996). Se debe tener en cuenta que se utilizara en grandes espacios, sin embargo como se menciona, son baratas y las lagunas anaerobias tienen un buen funcionamiento por las temperaturas que necesita, y convenientemente es cerrado entonces es más fácil llegar a una temperatura adecuada para la remoción de materia orgánica siendo necesario la participación de microorganismos que son los que se encargaran de degradar materia orgánica; además de la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.

Las lagunas de estabilización muestran buen porcentaje de remoción, así se presenta la idea de que las lagunas de estabilización anaerobias son mejores para la remoción de materia orgánica. Si la carga orgánica es de gran proporción, eso significa que la DBO está excediendo a la generación de oxígeno en las algas, así la laguna se torna anaerobia.

Sera conveniente que las lagunas de estabilización trabajen bajo condiciones totalmente anaerobias, ya que el oxígeno no permitirá que se haga un buen trabajo con las bacterias anaerobias, que son las encargadas de los procesos de degradación de materia orgánica. La temperatura que se dio para el correcto funcionamiento es de 20 °C, para las cargas orgánicas menores a 300 Kg DBO/ha/día esto en lagunas aerobias. En lagunas anaerobias se utiliza para cargas orgánicas mayores 1000 Kg DBO/ha/día,

lo que se presentan malos olores y bacterias que generan sulfuros (Gillermo, 1995).

(Silva, Torres y Madera, 2008) nos indica que en la capacidad de remoción de una laguna anaerobia es del 70 al 90 %. Esto está en función del mantenimiento de la plata y la tecnología, el afluente también será determinante para ellos. Se debe tener en cuenta los porcentajes de remoción y en qué ambiente se tiene además también se puede hacer agregados de otras bacterias reductoras de materia orgánica para que así exista mejor manejo y se obtenga la cantidad de materia orgánica requerida en el efluente final. Se analiza la eficiencia de los dos sistemas y se considera que las lagunas anaerobias removieron más porcentaje de DBO5 con un rango de 50 - 70 % y las lagunas facultativas o aerobias 59 – 62 %. Las lagunas anaerobias muestran mayor porcentaje, pero también su rango es mayor y llega a un porcentaje menor si es que no se da un buen mantenimiento.

Los estanques anaeróbicos están diseñados para eliminar la DBO, principalmente a través de la eliminación y posterior digestión de la materia orgánica en suspensión. El tratamiento es altamente dependiente de la temperatura: por debajo de unos 10 ° C (Mara, Mills, Pearson y Alabaster, 1992). La temperatura es importante para mantener en correcto funcionamiento todo el proceso para la remoción de la materia orgánica, ya que a esa temperatura se tiene el punto más alto de remoción.

En lagunas anaerobias se menciona comúnmente que las tuberías que las conectan se colocan al fondo de las lagunas, con el fin de evitar el paso las espumas y grasas de la superficie. Estos componentes llegan a ser perjudiciales por la carga que tienen, es mejor mantener el efluente libre de esto que ocasiona enfermedades y las espumas que demuestran presencia de sales en altas concentraciones (Martinez, 2007). También nos menciona que en pozas anaerobias como en las aerobias los microorganismos viven en un medio ligeramente básico. En ciudades de clima cálido las pozas anaerobias funcionan con un pH entre 6.8 y 7.2. Al igual que se necesita la temperatura para que el tratamiento sea completamente eficiente tiene que

estar en un medio a gusto para que los microorganismos puedan actuar lo más veloz posible, y de esa manera poder tener el mayor índice de reducción de materia orgánica que se pueda. Además de la temperatura y el pH también se deberá mantener condiciones como conductividad eléctrica baja, esto es para que los minerales no interfieran y además no es recomendable que se presenten muchos minerales en los efluentes, ya que deterioran el ambiente y muchos de esos minerales no son buenos para la salud humana. Las lagunas de estabilización funcionaron bien en términos de alta eliminación de DBO y DQO. Sin embargo, los parámetros de nutrientes variaron con altas eficiencias de eliminación (Khan, Shaukat y Khan, 2009). Esto podría ser un problema si es que se va a utilizar para riego o para agua potable. Las lagunas anaerobias tendrían el mismo problema por la gran cantidad de lodos generados, estos retendrían los nutrientes y no tendrían los nutrientes suficientes.

Los estanques de estabilización de desechos a menudo se consideran efectivos para la reducción de materia orgánica, mientras que los procesos convencionales de tratamiento de aguas residuales no lo son (Amahmid, Asmama y Bouhoum, 2002). Este también menciona que el tratamiento es bueno para la remoción de parásitos intestinales. Se necesita la remoción de componentes patógenos y demás portadores de enfermedades, ya que el cuerpo de agua donde se depositan los efluentes generados, son utilizados como lugares de recreación, para lavar ropa o demás actividades de la zona; incluso hay muchas personas que utilizan esa agua para consumo, ya que no tienen un buen servicio de agua potable y un mal tratamiento puede llevar a que la población tenga enfermedades.

BASES LEGALES

Para el análisis de datos se tendrán en cuenta Valores máximos admisibles (VMA) establecidos en el Decreto Supremo N. ° 021-2009- VIVIENDA y su reglamento aprobado por el Decreto Supremo N. ° 003-2011- VIVIENDA. Estándares de calidad de agua (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N. ° 002-2017- MINAM.

Se toma como referencia la categoría 1, subcategoría A del ECA agua-2017 se dice que:

La demanda química de oxígeno (DQO) no debe sobrepasar los 10 mg/L en aguas potabilizables por tratamientos avanzados y menores a 5 mg/L que se llevan a tratamientos convencionales

En la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), debe de alcanzarse valores menores de 20 mg/L en a que se potabilizan con tratamientos avanzados y deben llegar a ser inferiores a 30 mg/L en tratamientos de potabilización convencionales.

Estos dos puntos son cruciales para la disminución de materia orgánica, siendo importante mantener controlados los materiales flotantes, que según el marco legal no debe existir ningún material flotante de origen antropogénico.

Límites máximos permisibles para reutilizar las agua tratada. Serán aplicados tanto en los afluentes que ingresan a la planta de tratamiento como a los efluentes que serán depositados en un cuerpo receptor como ríos, lagos y lagunas utilizados. Esto nos indica si los datos están en el rango de lo permisible o si el exceso de materia orgánica es inminente y los tratamientos no dan resultado.

Límites Máximos Permisibles (LMP) - Decreto Supremo N.003-2017-MINAM:

Según el Decreto Supremo N. °003-2017-MINAM, La regulación del cumplimiento de los LMP está a cargo de la autoridad competente; el MVCS. El organismo a cargo aún no cuenta con políticas de supervisión, revisión y sanción para cumplir correctamente los LMP. Se utilizarán para los tratamientos de los efluentes que son depositados en un cuerpos de agua loticos y lenticos.

- Demanda química de óxigeno (DQO) = LMP de 100 mg/L
- Demanda bioquímica de óxigeno (DBO5) = LMP de 100 mg/L

Ley N°277 92, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, muestra al presente Ministerio como ente formulador y encargado de aprobar, realizar y supervisar la legislación y su cumplimiento. Es responsabilidad de esta identidad, el promulgar las leyes correspondientes para en tratado de aguas domésticas, para su correcto tratamiento; además tendrá la responsabilidad de fiscalizar todas las actividades correspondientes a saneamiento básico.

La ley N°26338, Ley General de Servicios de Saneamientos, dice que los servicios de saneamiento dados tanto de agua como desagüe son de necesidad pública e interés nacional. Con esta busca que guardar la salud de los pobladores ofreciendo estos servicios de saneamiento. Para esto se analizan todas las tecnologías, como las lagunas de estabilización para una remoción correcta de la materia orgánica, para sus distintos usos.

La Norma OS.90 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales” del Reglamento Nacional de Edificaciones - Ministerio de Vivienda, Perú (DS N° 022-2009), se tiene como objetivo representar los tratamientos para aguas residuales, mejorar su calidad antes de que los efluentes lleguen al cuerpo receptor. Así se podrá cumplir con el marco legal vigente para aguas residuales. Se debe presentar también un método de tratamiento, como las lagunas de estabilización y las lagunas anaerobias las cuales van a ser las principales removedoras de materia orgánica.

En la resolución ministerial n° 273-2013-Vivienda se reconoce el protocolo de monitoreo de la calidad de las aguas residuales de las pozas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales - PTAR. Se presenta monitoreos para la calidad de los afluentes que ingresan a la planta de aguas residuales y los efluentes que son depositados en un cuerpo receptor. Se mantiene un control diario del agua tratada. Para la implementación del tratamiento se debe tener en cuenta todo lo que se obtiene del monitoreo para dar un mejor servicio.

CONCLUSIONES

- En las lagunas de estabilización se da también un proceso anaerobio en la parte más profunda de la poza, donde se da la remoción de materia orgánica, sin embargo, no es tan eficiente como una laguna anaerobia completa donde los índices de remoción de materia orgánica son altos llegando a un 80% de remoción, siendo así más eficiente también para la reducción de demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno
- Los costos de implementación de una laguna de estabilización, no son muy elevados, lo que genera complicidad es el espacio que requiere para que funcione correctamente y el constante mantenimiento, que tampoco llega a ser muy costoso; aunque las lagunas anaerobias presentan los mismos costos y las mismas dimensiones de espacio requerido, el costo que aumenta es el de mantenimiento, ya que se forma mayor cantidad de lodos en estas y se necesita mayor personal y maquinaria para la remoción de estos lodos y limpieza de la poza.
- Es principal de la misma manera la cantidad de enfermedades que pueda causar un mal tratamiento de la materia orgánica, ya que esta trae bacterias y parásitos que deterioran la salud humana, con las lagunas anaerobias no se muestra ese problema por su gran eficiencia para remover la materia orgánica.

Bibliografía

1. Abdel-Raouf, N., Al-Homaidan, A. A. and Ibraheem, I. B. M. (2012) *'Microalgae and wastewater treatment'*, *Saudi Journal of Biological Sciences*.
2. Amahmid, O; Asmama, S; Bouhoum, K. (2002). *Urban wastewater treatment in stabilization ponds: occurrence and removal of pathogens*. *Urban Water*, 4, 255-262.
3. Aranda, N. (2004). *Eutrofización y calidad del agua de una zona costera tropical*. Barcelona: Universidad de Barcelona .
4. Charpentier, J., 2014. *Tratamientos de aguas residuales con lodos activados* , Buenos Aires : Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
5. Deloya, Alma. (2008). Cumplimiento de la normativa en el sistema de tratamiento de aguas residuales del Instituto Tecnológico de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 22, 50-56
6. Elmitwalli, T. A., Oahn, K. L. T., Zeeman, G., y Lettinga, G. (2002). *Treatment of domestic sewage in a two-step anaerobic filter/anaerobic hybrid system at low temperature*. *Water Research*, 36, 2225–2232
7. Gogate, P. R. and Pandit, A. B. (2004) *'A review of imperative technologies for wastewater treatment I: Oxidation technologies at ambient conditions'*, *Advances in Environmental Research*.
8. Gogate, P. R. and Pandit, A. B. (2004) *'A review of imperative technologies for wastewater treatment II: Hybrid methods'*, *Advances in Environmental Research*.
9. Gillermo, L. (1995). *Aspectos generales y principios básicos de los sistemas de lagunas de estabilización*. Santiago de Cali: CEPIS.
10. Herrera-Robledo, M., Cid-León, D. M., Morgan-Sagastume, J. M., y Noyola, A. (2011). *Biofouling in an anaerobic membrane bioreactor treating municipal sewage*. *Separation and Purification Technology*, 81, 49–55.

11. Jaramillo, M., Agudelo, R. y Peñuela, G., (2016). *Optimización del tratamiento de aguas residuales de cultivos de flores usando humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal*. *Fac. Nac. Salud Pública*, 34, pp. 20-29.
12. Jirka A, Carter MJ. (1975). *Micro semi-automated analysis of surface and wastewaters for chemical oxygen demand*. *Analytical Chem*;47:1397–401
13. Khan, Moazzam; Shaukat, Shahid y Khan, Altaf. (2009). *Growth, yield and nutrient content of sunflower (helianthus Annus L.) using treated wastewater from waste stabilization ponds*. *Pak. J. Bot*, 41, 1391-1399.
14. Kivaisi, Amelia. (2001). *the potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review*. *Ecological Engineering*, 16, 545-560.
15. Kongjan, P., O-Thong, S., y Angelidaki, I. (2012). *Hydrogen and methane production from desugared molasses using a two-stage thermophilic anaerobic process*. *Engineering in Life Sciences*, 13, 118–125.
16. León, G., (1995). *Tratamiento de aguas residuales; objetivos y selección de tecnologías en función al tipo de reuso.*, Lima : CEPIS.
17. Leon, G. (1995). *Aspectos generales y principios básicos de los sistemas de lagunas de estabilización*. Santiago de Cali: CEPIS.
18. Malovanyy, A., Yang, J., Trela, J., y Plaza, E. (2015). *Combination of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor and partial nitrification/anammox moving bed biofilm reactor (MBBR) for municipal wastewater treatment*. *Bioresource Technology*, 180, 144–153.
19. Mairet, F., Bernard, O., Ras, M., Lardon, L., y Steyer, J.-P. (2011). *A Dynamic Model for Anaerobic Digestion of Microalgae**. *IFAC Proceedings Volumes*, 44, 5034–5039

20. Mara, D., Mills, S., Pearson, H., y Alabaster, G. (1992). *Waste stabilization ponds: A viable alternative for small community treatment systems*. *Water and Environment journal*, 72-78.
21. Martínez, L. (2007). *Propuesta para la ejecución del programa de ratamiento de aguas residuales con lagunas de estabilización, en el fuertemilitar de Tolemaida aplicando NTC-ISO 14001/2004*. Bogotá: Universidad de la Salle.
22. Matsumoto, T. y Sanchez, I., (2016). *Desempeños de las lagunas anaerobia con baffle divisor y facultativa de la PTAR de Santa Fe do Sul (São Paulo, Brasil)*. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 15, pp. 27-42.
23. Moscoso, J., (2011). *Estudio de opciones de tratamiento y reuso de aguas residuales en Lima Metropolitana*, Lima: University of Stuttgart.
24. Oakley, S. (2005). *Lagunas de estabilización en Honduras*. Estelí : Universidad estatal de California .
25. O' Shanahan, Leopoldo; Vela, Esther. (2003). *Efectos de un vertido de aguas residuales sobre una comunidad bentónica del litoral de Telde, NE de Gran Canaria (islas Canarias)*. *VIERAEA*, 31, 253-266.
26. Patiño, J., (2012). *Costos de inversión inicial, operación, mantenimiento de tratamientos naturales de aguas residuales para pequeñas comunidades en Colombia*. Bogotá: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA .
27. ProInversión , (2016). *"Nueva PTAR San Bartolo para aguas de reúso"*, San Bartolo: Proyectosapp.
28. RAJBHANDARI, B. (2004). *Anaerobic ponds treatment of starch wastewater: case study in Thailand*. *Bioresource Technology*, 95, 135–143.
29. Reynolds, K. (2002). *Tratamiento de aguas residuales*. Arizona: Agua latinoamericana.

30. Sáenz, R. (1986). *Consideraciones en relación con el uso de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales*. Lima: CEPIS.
31. Silva, J., Torres, P., y Madera, C. (2008). *Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura*. *Agronomía Colombia*, 347-359.
32. Sonune, A. y Ghate, R. (2004) '*Developments in wastewater treatment methods*', *Desalination*.
33. SUNASS, (2008). *Diagnostico situacional de los sistema de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución*, Lima: SUNASS.
34. Sunass, (2015). *Diagnostico de las plantas de tratamineto de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. Lima: giz.
35. Takahashi, M., Yamaguchi, T., Kuramoto, Y., Nagano, A., Shimozaki, S., Sumino, H., ... Harada, H. (2011). *Performance of a pilot-scale sewage treatment: An up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) and a down-flow hanging sponge (DHS) reactors combined system by sulfur-redox reaction process under low-temperature conditions*. *Bioresource Technology*, 102, 753–757.
36. Torres, P. (2012). *Perspectivas del tratamiento anaerobiode aguas residuales domesticas en paises en desarrollo*. *EIA*, 115-129.
37. Varila, J. y Diaz, F., (2008). *Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio*. *Journal of Technology*, 7, pp. 21-28.
38. VonSperling, M., (1996). *Comparison among the most frequently used systems for wastewater treatment in developing countries*. *Wat. Sci. Tech.* 33, 59–72.

39. Zhang, Y., An, X., y Quan, X. (2011). *Enhancement of sludge granulation in a zero valence iron packed anaerobic reactor with a hydraulic circulation*. *Process Biochemistry*, 46, 471–476.