

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**Comparación de la eficiencia de tratamientos de aguas residuales  
en lagunas de oxidación, Uchiza y Trujillo – 2020**

Por:

Jian Pier Arevalo Armas

Asesor:

Ing. Carmelino Almestar Villegas

**Tarapoto, agosto de 2020**

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

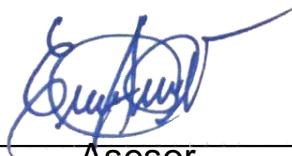
Yo *Carmelino Almestar Villegas* la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN LAGUNAS DE OXIDACIÓN, UCHIZA Y TRUJILLO – 2020** constituye la memoria que presenta(n) el(la)(los) Bachiller(es) Arevalo Armas Jian Pier; para aspirar al Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los 11 días del mes de agosto del año 2020.



---

Asesor

Ing. Carmelino Almestar  
Villegas

Comparación de la eficiencia de tratamientos de aguas residuales en lagunas de oxidación, Uchiza y Trujillo – 2020

## TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental

### JURADO CALIFICADOR



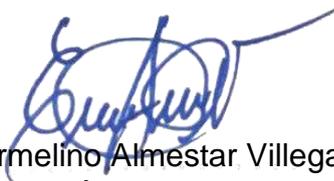
Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo  
Presidente



Ing. Jhon Patrick Rios Bartra



Ing. Kátherin Jina Luz Pinedo Gómez  
Vocal



Ing. Carmelino Almestar Villegas  
Asesor

Tarapoto, agosto de 2020

## Resumen

El presente trabajo de investigación contiene un análisis de datos que relaciona la temperatura, sólidos totales y la demanda bioquímica de oxígeno de la carga orgánica presente en las lagunas de oxidación de las plantas de tratamiento de los distritos de Covicorti, Uchiza. La metodología utilizada para la respectiva recolección de la muestra de oxígenos disueltos fue la técnica de Winkler. Las muestras tomadas fueron analizadas con el equipo multiparámetro y llevados al laboratorio ambiental para su correcto análisis. Dentro de los resultados se recopiló datos de la eficiencia individual de los tratamientos que generan ambas lagunas, las cuales fueron comparados con los LMP de efluentes para vertimientos en cuerpos de agua. De acuerdo con las características del sistema empleado en el tratamiento de las aguas residuales, se determinó cuál proceso genera mayor aporte para el tratamiento de la carga orgánica, teniendo en cuenta el estado actual de cada planta.

**Palabras claves:** tratamiento de aguas residuales, lagunas de oxidación, DBO

## **Abstract**

The present research work contains a data analysis that relates the temperature, total solids and the biochemical oxygen demand of the organic load present in the oxidation lagoons of the treatment plants in the districts of Covicorti and Uchiza. The methodology used to take the dissolved oxygen sample was the Winkler technique. The samples taken were analyzed with the multi-parameter equipment and taken to the environmental laboratory for correct analysis. Within the results, data are collected on the individual efficiency of the treatments recorded by the lagoons, which were compared with the LMP of effluents for discharges into bodies of water. According to the characteristics of the system used in the treatment of wastewater, it is determined which process the mayor generates for the treatment of organic cargo, taking into account the current state of each plant.

**Keywords:** wastewater treatment, oxidation ponds, DBO

## 1. Introducción

En los últimos tiempos, la falta de agua fresca es un problema hoy en día que se ve en diferentes partes del mundo, sobre todo en los países con más pobreza, esto se debe a la necesidad de cuidar y proteger nuestro medio ambiente y para así poder aprovechar económicamente las aguas residuales ha promovido internacionalmente el reusó controlado de efluentes (Rodrigues, 2005)

La contaminación de las fuentes hídricas ha ido aumentando de manera significativa en casi todos los países de África, Asia y América Latina. El avance demográfico, la industrialización, la urbanización y una mala gestión por parte del estado, son las principales causas de este mal que acecha a la población mundial (Unesco, 2017)

(OEFA, Aguas Residuales , 2013) menciona que “En el Perú existe alrededor de 143 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en las cuales solamente el 14% de ella se rige a la normativa vigente y el que el resto de aguas residuales no están siendo tratadas de manera adecuada, el 70% de las aguas residuales en el Perú están siendo vertidas a los ríos, lagunas, mares entre otros cuerpos de agua natural sin ningún tratamiento respectivo; de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento 2006- 2015, existe un déficit de 948 millones de dólares americanos, la inversión ejecutada hasta el 2005 por las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) alcanzó el importe de 369 millones de dólares americanos”.

Las aguas residuales generalmente son vertidas a cuerpo receptor la cual pasa por medio centros poblados, generando malos olores y presencia de vectores. Dichas aguas contienen en su composición sólidos disueltos en suspensión en concentraciones elevadas y que normalmente no pasan los límites admisibles (Borja, 2010)

Para el presente estudio se estima, según la información obtenida ante la autoridad ambiental, que los municipios ubicados en cercanías a la cuenca del río cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales que vierten sus líquidos sobre el cuerpo de agua en mención. Por tanto, la operación de estas PTAR repercute en las emisiones de gases efecto invernadero. Con base en los tipos de 81 sistemas de tratamiento de aguas

residuales empleados en las PTAR que vierten a la cuenca del río Bogotá, se identificaron los gases efecto invernadero que se generan en mayor proporción.

## **2. Materiales y Métodos**

### **2.1. Materiales**

- Cuaderno de campo
- Laptop
- Software (Excel)

### **2.2. Métodos**

Para la comparación de los resultados se consideró dos trabajos de investigación de pre-grado. La primera fue desarrollada por (Quispe, 2013), cuyo objetivo fue formular una propuesta metodológica para la evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante lagunas de estabilización; y la segunda investigación fue desarrollada por (Satalaya, 2015), cuyo objetivo fue evaluar la eficiencia de las aguas residuales de las lagunas de estabilización de la Ciudad de Uchiza. Además, se realizó fichas de recolección de datos, para la comparación de las dos investigaciones que se están consultando, para comparar las metodologías y los resultados importantes. Asimismo, se desarrolló una revisión sistemática artículos científicos de bases de datos como Redalyc, Scielo, DOAJ, Dialnet y LatinDex Scopus, Google académico y repositorio de la UPeU, Asimismo, para el desarrollo de la investigación se utilizó la técnica documental, la cual nos permitió analizar las publicaciones más actualizadas con respecto a fechas de las investigaciones, sobre la línea de investigación en estudio.

### **3. Resultados y Discusión**

#### **3.1. Comparación de las metodologías utilizadas**

Las metodologías utilizadas en la investigación de Kiara Satalaya Vicente (2015) se tomaron 3 muestras en diferentes horarios de 7:00 am, 12:00 pm y 7:00 pm con una frecuencia de una vez por mes durante 5 meses (setiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero de los años 2014 – 2015 la recolección de la muestra fue en frascos de 100 ml con la técnica Winkler para la toma de muestras de oxígenos disueltos, fue etiquetado y acondicionado para ser transportado al laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional de la Selva, a comparación de la metodología utilizada en la investigación de Jorge Luis Quispe Humire (2013) se recopiló información teórica y conceptual de trabajos y prácticas realizadas en la región, la frecuencia de muestreo se dio por un tiempo de 05 días para los parámetros operacionales como (caudal, pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica), iniciando con la toma de muestras de 6:00 am. y finalizando a las 5:00 pm. Los días 26, 27, 28, 29 y 30 del mes de noviembre del año 2012 y para los parámetros entre (DBO5, DQO, coliformes totales) la frecuencia de monitoreo fue por un periodo de tres semanas consecutivas. Las investigaciones fueron evaluados y comparados con los LMP (D.S. N°003-2010-MINAM).

#### **3.2. Comparación de la calidad del efluente**

En el cuadro 1 se muestra la calidad del agua residual municipal, antes y después del tratamiento con lagunas de estabilización. Se observa que la DBO del efluente no cumplió el límite máximo permisible para la descarga de efluentes del D.S. N° 003-2010-MINAM, mientras que los parámetros pH y temperatura cumplen la mencionada norma (Quispe, 2013; Satalaya, 2015).

Tabla I.  
CALIDAD DEL EFLUENTE TRATADO

N°	Parámetros	Quispe (2013)		Satalaya (2015)		LMP
		Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
1	pH	7.65	8.10	6.61	6.71	6.5-8.5
2	Temperatura (°C)	14.00	18.00	30.66	28.33	<35
3	DBO (mg/L)	410.87	258.67	149.65	118.59	100.00

Fuente: Adaptado de Quispe (2013) y Satalaya (2015)

### 3.3. Comparación de la eficiencia de remoción de DBO

En la figura 2 se muestra las eficiencias de remoción de la DBO del agua residual municipal, mediante lagunas de estabilización. Quispe (2013) encontró una eficiencia del 37.04%; mientras que Satalaya (2015) obtuvo una eficiencia de 20.76%.

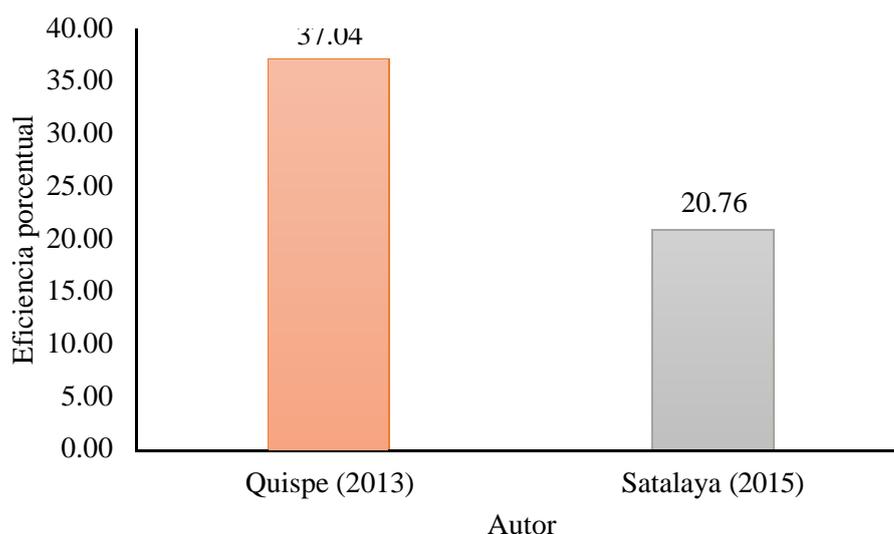


Figura 2. Comparación de la eficiencia de remoción de DBO

Fuente: Adaptado de Quispe (2013) y Satalaya (2015)

## 4. DISCUSIONES

Este artículo investigó y analizó la influencia de la carga orgánica en la eliminación de DBO (da Silva, de Souza, & Araújo, 2010) en diferentes lagunas de oxidación para el tratamiento de aguas residuales a nivel nacional y mundial. Para el estudio se consideró 12 plantas de tratamiento. Las actividades de agua doméstica y agrícola conducen a la contaminación orgánica e inorgánica. Los procesos normales de tratamiento primario y

secundario de estas aguas residuales se han introducido en un número creciente de lugares, para eliminar los materiales fácilmente sedimentables y oxidar el material orgánico presente en aguas residuales. El resultado final es un efluente claro, aparentemente limpio, que se descarga en cuerpos de agua naturales **(Abdel-Raouf, Al-Homaidan, & Ibraheem, 2012)**.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en la investigación de Quispe (2013) se encontró con una eficiencia del 37.04%; mientras que Satalaya (2015) obtuvo una eficiencia de 20.76%. Pese a que la remoción en ambas investigaciones es de un rango considerablemente alto, no se logró remover toda la carga orgánica existente en el las aguas residuales, esto se debe a que en ambas investigaciones tanto de Quispe (2013) y Satalaya (2015) no hay un retención hidráulica suficiente para la remoción de la materia orgánica y los factores externos como el clima, la ubicación de las lagunas de estabilización, el tiempo y entre otros factores como el aumento de la población en la zona de estudio **(Satalaya, 2015)**. Eso dificulta y hacen imposible la remoción de la carga orgánica en su totalidad ya que el DBO es el parámetro que mejor indica la contaminación de las aguas residuales **(Quispe, 2013)**

Para la mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales es necesario construir una infraestructura secundaria o aumentar el tiempo de retención hidráulica para que permita que los microorganismos descompongan la materia orgánica existentes en las aguas residuales, para el mejor manejo y cuidado del sistema de lagunas y la planta de tratamiento en general, teniendo en cuenta los factores ambientales y humanos para que este acorde y se mantenga dentro de los rangos permitidos. Así finalmente puedan considerarse un método sostenible para el tratamiento de aguas residuales **(Butler, y otros, 2015)**

Por otro lado, el estudio también permitió verificar que el efecto económico de las lagunas es favorable por ser un sistema cómodo, barato y fácil de construir, las municipalidades pequeñas acceden por este sistema de tratamiento de sus aguas residuales que se generan en su jurisdicción. Para esta investigación realizado en la ciudad

de São Paulo, Brazil se tomaron en cuenta tres etapas de monitoreo las cuales fueron tomadas en el afluente crudo y los efluentes de las lagunas facultativas, la duración de las tomas de muestra fue de tres meses para cada una de las lagunas. El porcentaje de remoción de la DBO fue del 78,6 %, menor que lo que exigida la legislación brasilera. La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) requiere de un mantenimiento en su sistema de operación y en la TRH la cuales significativo para la remoción de la materia orgánica existente en el agua, y la construcción de un sistema de postratamiento que podría ser la aplicación de cloro por goteo para que permita garantizar la remoción de la DBO del efluente final **(Matsumoto & Sánchez, 2016)**

Por lo tanto, independientemente el sistema empleado debería tener un tratamiento extra aparte de las lagunas para disminuir la materia orgánica existente en ellas y poder ser vertidos a un cuerpo receptor de agua o poder ser reutilizadas, para que de esta manera evitemos una contaminación al medio ambiente y evitar que sea perjudicial para la salud de las personas y vecinos al redor de las plantas de tratamiento **(Jimenez, 2014)**

Para la mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales es necesario construir una infraestructura secundaria o aumentar el tiempo de retención hidráulica para que permita que los microorganismos descompongan la materia orgánica existentes en las aguas residuales, para el mejor manejo y cuidado del sistema de lagunas y la planta de tratamiento en general, teniendo en cuenta los factores ambientales y humanos para que este acorde y se mantenga dentro de los rangos permitidos. Así finalmente puedan considerarse un método sostenible para el tratamiento de aguas residuales **(Butler, y otros, 2015)**

Vale la pena señalar que tales sistemas de lagunas comúnmente no son monitoreados apropiadamente para verificar sus eficiencias y obtener datos para proyectos futuros. Este trabajo tiene como objetivo hacer un diagnóstico de eficiencia de dos trabajos de investigación y ver la eficiencia de la remoción en la demanda bioquímica de oxígeno. Considerando toda la serie, las mayores remociones de materia orgánica ocurrieron en el Sistema Beira Rio (84 y 78% de DBO y DQO, respectivamente), que presentó un TRH de

89 días, mientras que los sistemas Jardim Lola 1 y 2 fueron de 36 días y 18 días respectivamente, se determinaron eliminaciones de DBO similares (76%) y DQO alrededor del 60%. El sistema Beira Rio también fue el más eficiente en eliminación de sólidos y nitrógeno amoniacal, lo que demuestra la gran influencia **(Bezerra, 2006)**

De acuerdo a los LMP (D.S. N°003-2010-MINAM). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) debería estar entre los 100 mg/l para poder ser vertido a un cuerpo de agua **(OEFA, Aguas residuales, 2013)**

## **5. Conclusiones y Recomendaciones**

### **5.1. Conclusiones**

Las lagunas de oxidación son importantes para remover la materia orgánica del agua residual, estas lagunas son eficientes principalmente porque remueve la demanda bioquímica de oxígeno para cumplir con los requisitos de calidad de vertimiento a un cuerpo de agua.

Por último, para promover el desarrollo de sistemas de saneamiento más sostenibles que impliquen un costo mayor para el usuario y cumplan con la reglamentación vigente por el Ministerio del Ambiente (MINAM) es necesario reforzar la investigación en el país en opciones de alternativas de sistemas, de modo a generar conocimientos autóctonos que puedan ser transferidos hacia la comunidad y para los prestadores de servicio de saneamiento, orientados hacia una toma de decisiones sobre los sistemas alternativos para el tratamiento de aguas residuales más sostenibles en nuestro país y América Latina y promover el cuidado del medio ambiente.

### **5.2. Recomendaciones**

Las conclusiones obtenidas en este artículo de revisión nos indica la importancia de las lagunas de oxidación para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno y la importante función de los tratamientos adecuados de las aguas residuales municipales, para que puedan estar dentro del rango permitido por los LMP y poder ser vertidas a un cuerpo receptor de agua

## 6. Referencias

- Abdel-Raouf, N., Al-Homaidan, A., & Ibraheem, I. (2012). Microalgae and wastewater treatment. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 19(3), 257-275. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.04.005>
- Bezerra, M. (2006). Avaliação da eficiência da remoção de matéria orgânica e microbiológica de três sistemas de lagoas de estabilização em série na grande natal-rn: beira rio, jardim lola i e jardim lola ii. Tesis, Rio Grande. Obtenido de <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/16016/1/MiltonBV.pdf>
- Borja, J. S. (2010). Evaluacion del sistema de lagunas de oxidacion .
- Butler, E., Hung, Y.-T., Al Ahmad, M., Yu-Li, R., Lian-Huey, •. R., & Fu, Y.-P. (2015). Oxidation pond for municipal wastewater treatment. *Appl Water Sci*, 7(1), 31-51. doi:DOI 10.1007/s13201-015-0285-z
- da Silva, F. J., de Souza, ,. R., & Araújo, A. L. (2010). Revisiting the influence of loading on organic material removal in primary facultative ponds. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 27(01), 63-69. doi:<https://doi.org/10.1590/S0104-66322010000100005>
- Jimenez, A. (2014). Calidad del agua de las lagunas de oxidación de Covicorti, Trujillo - La Libertad. Universidad Nacional de Trujillo , Trujillo. Obtenido de <file:///C:/Users/hp/Desktop/Ing%20Ambiental/Ciclo%20X/Investigaci%C3%B3n%20III/Tesis%20comparativas/Antecedentes%20DBO%202.pdf>
- Lermann, B., & Gilli, M. (2013). Demanda Bioquímica de Oxígeno. Univerisdad Nacional de Lima . Obtenido de [http://www.fiq.unl.edu.ar/gir/archivos\\_pdf/GIR-TecnicasAnaliticas-DemandaBiologicadeOxigeno.pdf](http://www.fiq.unl.edu.ar/gir/archivos_pdf/GIR-TecnicasAnaliticas-DemandaBiologicadeOxigeno.pdf)
- Matsumoto, T., & Sánchez, I. (2016). Desempeño de las lagunas anaerobia con baffle divisor y facultativa de la PTAR de Santa Fe do Sul (São Paulo, Brasil)\*. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 15(29), 27-42. doi:DOI: 10.22395/rium.v15n29a2
- OEFA. (2013). Aguas residuales. Ministerio del Ambiente, Lima . Obtenido de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- Quispe, J. (2013). "Propuesta metodológica para la evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante lagunas de estabilización - Azángaro. Universidad Nacional del Altiplano , Puno. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5485/Quispe\\_Humire\\_Jorge\\_Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5485/Quispe_Humire_Jorge_Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodrigues, M. (2005). Desempenho de um Sistema de Lagoas de Estabilização na Redução da Carga Orgânica do Percolado Gerado no Aterro da Muribeca (PE). UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Brazil. Obtenido de [https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5721/1/arquivo6384\\_1.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5721/1/arquivo6384_1.pdf)

- Satalaya, K. (2015). Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas en las lagunas de estabilización de la ciudad de Uchiza. Universidad Nacional Agraria de la Selva , Puno. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1042/CSA2015003.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Unesco. (2017). Aguas residuales. Obtenido de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2017-wastewater-the-untapped-resource/>
- Vicente, K. S. (2015). Evaluacion de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales .
- Almeida, P. G. S., Chernicharo, C. A. L. y Souza, C. L. (2009). Development of Compact UASB/Trickling Filter Systems for Treating Domestic Wastewater in Small Communities in Brazil. *Water Science and Technology*, 59(7), 1431–1439. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.094>
- AYA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados), MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía) y MINSA (Ministerio de Salud). Política Nacional de Saneamiento en Aguas Residuales (2016). San José.
- Cubillo Paniagua, M. F. y Gómez Solís, W. (2017). Biojardineras como alternativas para el tratamiento de aguas residuales: experiencia en cinco biojardineras en las comunidades de Barra Honda y La Vigía de Nicoya, Guanacaste 1. *Universidad En Diálogo: Revista de Extensión*, 7(1), 69. <https://doi.org/10.15359/udre.7-1.4>
- Metcalf y Eddy. (2003). *Wastewater engineering : treatment and reuse* (4th ed.). New York: McGrawHill
- Metcalf y Eddy. (2014). *Wastewater engineering : treatment and resource recovery* (5th ed.). New York: McGrawHill.
- VAN HAANDEL, A. y LETTINGA, G. 1998. Tratamiento anaeróbico de esgotos – Um Manual para Regioes de Clima Quente. EpGraf, Campina Grande – PB, Brasil. 60 p.