

Evaluación de la remoción de la DBO en reactor aeróbico secuencial discontinuo tratando agua residual doméstica (casos Plantas pilotos)

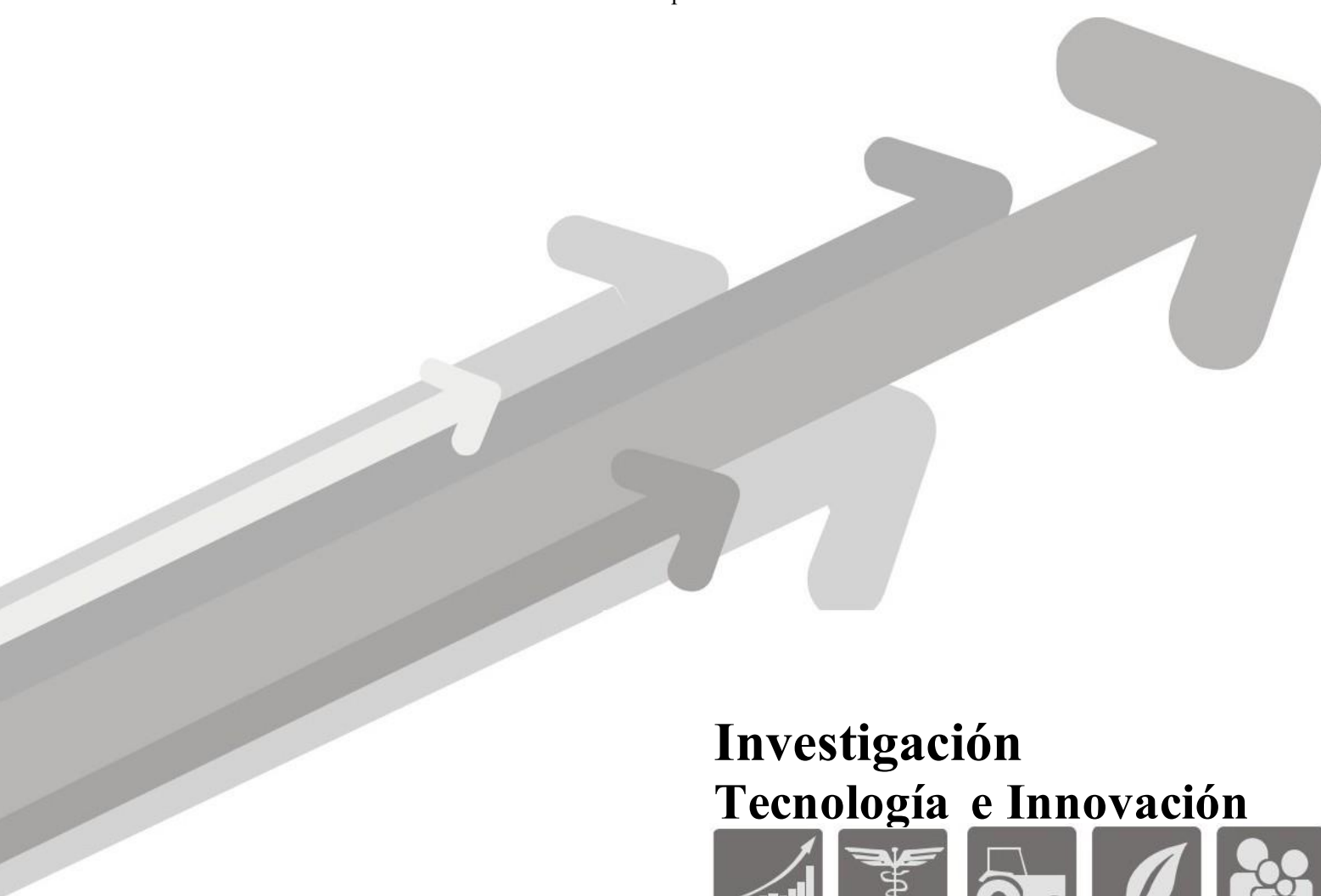
Evaluation of BOD in a discontinual sequential aerobic reactor treating domestic wastewater (pilot plant cases)

Pablo Paredes Ramos

Fernando Sandoval Anzules

Manuel Quinto Yépez

Moisés Yépez Peralta



**Investigación
Tecnología e Innovación**



Evaluación de la remoción de la DBO en reactor aeróbico secuencial discontinuo tratando agua residual doméstica (casos Plantas pilotos)

Evaluation of BOD in a discontinual sequential aerobic reactor treating domestic wastewater (pilot plant cases)

Pablo Mario Paredes Ramos¹, Fernando Sandoval Anzules², Manuel Quinto Yépez³, y Moisés Yépez Peralta⁴

Como citar: Paredes Ramos, P., Sandoval Anzules, F., Quinto Yépez, M., Yépez Peralta, M. (2026). Evaluación de la remoción de la DBO en reactor aeróbico secuencial discontinuo tratando agua residual doméstica (casos Plantas pilotos). *Investigación, Tecnología e Innovación*. 18(25s1), 93-100.
DOI: <https://doi.org/10.53591/iti.v18i25s1.3311>

RESUMEN

Contexto: El tratamiento del agua residual doméstica en base al uso de reactores aeróbicos secuenciales, fue evaluado usando agua residual doméstica provenientes de varias viviendas del sector de la parroquia Camilo Ponce, Barrio el Cafetal de la ciudad de Babahoyo. Se construyó una planta piloto compuesta de un tanque cilíndrico de acrílico de 3 mm de espesor, en el cual se adaptaron diversos accesorios para que se produzcan los procesos típicos de un reactor aeróbico secuencial discontinuo que son: llenado, reacción, sedimentación, y descarga tanto del efluente como de los lodos en el fondo del tanque. **Objetivo:** Evaluar la remoción de la materia orgánica presente en el agua residual doméstica en términos de DBO, con el fin de que el efluente del reactor cumpla con el límite máximo permisible establecido en la normativa ambiental de descarga a un cuerpo de agua dulce. **Método:** Evaluar la remoción de la materia orgánica presente en el agua residual doméstica en términos de DBO, con el fin de que el efluente del reactor cumpla con el límite máximo permisible establecido en la normativa ambiental de descarga a un cuerpo de agua dulce. **Resultados:** El resultado obtenido en la primera investigación fue una remoción máxima de DBO de 36,34 %, ya en la segunda investigación se obtuvo una remoción máxima de DBO de 93,61%. **Conclusiones:** Se concluye que los ajustes realizados en la segunda investigación lograron aumentar la remoción de materia orgánica en términos de DBO, y de esta manera lograr que el efluente del reactor cumpla con el límite máximo permisible de descarga de la normativa ambiental vigente ecuatoriana.

Palabras clave: Tratamiento, DBO, reactor aeróbico secuencial discontinuo, aguas residuales.

Artículo presentado en el 1er Foro Académico del Agua 2025, y seleccionado por el comité científico para su publicación en esta edición especial de la revista ITI.

ABSTRACT

Context: The domestic wastewater treatment from the use of sequencing batch reactors was evaluated using domestic wastewater from different housing of the Camilo Ponce community sector, Barrio el Cafetal of the city of Babahoyo. A pilot plant was built consisting of a 3 mm thick cylindrical acrylic tank, in which various accessories were adapted to produce the typical processes of a discontinuous sequential aerobic reactor, which are: filling, reaction, sedimentation, and discharge of both the effluent and the sludge at the bottom of the tank.

¹ Master en Ingeniería Sanitaria, EMAPAG EP, Ecuador. Correo electrónico: pparedes@emapag-ep.gob.ec

² Ingeniero civil, Universidad Laica Vicente Roca fuerte, Ecuador. Correo electrónico: ffsandoval@hotmail.com

³ Ingeniero civil, Universidad Laica Vicente Roca fuerte, Ecuador. Correo electrónico: mquintoy@ulvr.edu.ec

⁴ Ingeniero civil, Universidad Laica Vicente Roca fuerte, Ecuador. Correo electrónico: myepezp@ulvr.edu.ec



Objective: The objective of the investigations was to remove the organic matter present in domestic wastewater in terms of BOD, in order to comply with the maximum permissible limit established in the environmental regulations for discharge to a body of fresh water. **Method:** A laboratory accredited by the Ecuadorian Accreditation Service was used to carry out the effluent sampling. **Results:** The result obtained in the first investigation was a maximum BOD removal of 36.34%, and in the second investigation it was a maximum BOD removal of 93.61%. **Conclusions:** It is concluded that the adjustments made in the second investigation managed to increase the removal of organic matter in terms of BOD, and in this way comply with the maximum permissible discharge limit of the current Ecuadorian environmental regulations.

Keywords: Treatment, BOD, discontinual sequential aerobic reactor, wastewater

Fecha de recepción: Enero 12, 2026.

Fecha de aceptación: Mayo 15, 2026.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el crecimiento de la población mundial ha aumentado la cantidad y diversidad de aguas residuales, tanto en nutrientes como en materia orgánica, de tal manera que la disposición incontrolada causa daños al medio ambiente, al propiciar el proceso denominado eutrofización. A su vez, la presencia de materia orgánica en los cuerpos de agua receptores disminuye la concentración de oxígeno disuelto ocasionando la muerte de especies acuáticas en el medio.

Ante lo anterior, y preocupada por esta problemática de contaminación existente, el Departamento de Ingeniería civil de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de la ciudad de Guayaquil, aprobó dos temas de investigación enfocados en la remoción de la materia orgánica en términos de DBO, usando la tecnología de tratamiento de agua residual llamada reactor aeróbico secuencial discontinuo.

Las dos investigaciones fueron realizadas en el Laboratorio de aguas y materiales de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, y se determinó que los resultados de la primera investigación sirvan de insumo para la siguiente, y así de esta manera poder conseguir un éxito en la experimentación.

Las aguas residuales domésticas contienen sólidos en suspensión orgánicos e inorgánicos, los inorgánicos como la arcilla, sedimentos principalmente formados por nitrógeno, fósforo, cloruros, carbonatos, sulfatos y otros residuos que se pueden eliminar de manera mecánica y química. (Angulo Cortez, et al, 2010).

Los reactores aeróbicos secuenciales son un sistema de lodos activados, cuyo funcionamiento se basa en la secuencia de llenado y vaciado. Los procesos unitarios que intervienen son similares a los de un proceso convencional de lodos activados. Ambos sistemas intervienen la mezcla, reacción y sedimentación, pero entre ambos existe una diferencia importante, ya que, en las plantas convencionales, los procesos se llevan a cabo simultáneamente en tanques separados, mientras que en un sistema SBR los procesos tienen lugar en el mismo tanque (Muñoz Paredes, 2014).

Cárdenas, et al, 2006, estudiaron la remoción biológica de nutrientes de un agua residual doméstica en un reactor discontinuo secuencial a escala piloto, a partir de un volumen de 2000 litros, y con los siguientes registros de una hora de mezcla anaeróbica, seis horas de mezcla aeróbica y dieciséis horas de mezcla anóxica, valores de remoción promedios de 85% para la DQO, 92% para la DBO, 52% para el nitrógeno total, 65% para el nitrito y 67% para el fósforo total.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio es de tipo experimental con enfoque cuantitativo, y se basó en los resultados de la DBO obtenidos tanto en la primera como en la segunda investigación, con el fin de verificar principalmente el



cumplimiento o no del parámetro DBO con el límite máximo permisible de descarga estipulado en la normativa ambiental vigente.

Los muestreos fueron realizados por el Laboratorio Ingeestudios, el cual es un laboratorio acreditado por la SAE (Servicio de acreditación ecuatoriano).

Se implementó a una cota por encima del reactor aeróbico secuencial discontinuo, un tanque de almacenamiento de PVC con una capacidad de 250 litros con la finalidad de alimentar al reactor aeróbico, tal como se observa en la siguiente figura 1. El reactor aeróbico se fabricó con un cilindro de acrílico de 3 mm de espesor, con dimensiones de 30 cm de diámetro y 1 metro de altura. El reactor fue colocado encima de un soporte cuadrado de 40 cm de lado por 50 cm de altura con un soporte horizontal de platina que sirve de apoyo a la base del reactor, con el fin de asegurar la estabilidad del mismo. En la parte superior del reactor se implementó un motor, el cual accionaba a un agitador (para reproducir el proceso de mezcla) de altura 70 cm.

Es necesario indicar que, en la primera investigación se hicieron las pruebas con una velocidad de rotación del agitador de 97 rpm, para la segunda investigación se ajustó a 82 rpm.



Figura 1. Tanque de almacenamiento de PVC y reactor aeróbico secuencial discontinuo

El agua servida fue tomada de varias viviendas del sector de la parroquia Camilo Ponce, Barrio el Cafetal de la ciudad de Babahoyo en la primera investigación, ya en la segunda se tomó el agua servida de la estación de bombeo de la Planta de tratamiento de la Urbanización Terranostra, ubicada en el km. 14,5 de la vía a la Costa en la ciudad de Guayaquil. El volumen del inóculo fue tomado de la laguna de aireación de la PTAR de la Urb. Terranostra.



Figura 2. Toma de inóculo de lodo activo de la laguna de aireación de la PTAR Terranostra

MATERIALES Y METODOS

En la primera investigación (Yépez y Quinto, 2018), se realizaron 4 pruebas con las siguientes condiciones iniciales.

Tabla 1. Condiciones iniciales usadas en el reactor aeróbico secuencial discontinuo (planta piloto de la primera investigación)

	Tiempo de llenado = 68 segundos
Prueba 1 (sin adición de inóculo)	Tiempo de aireación y mezclado = 20 minutos
	Tiempo de sedimentación = 2 horas
	Tiempo de llenado = 68 segundos
Prueba 2 (sin adición de inóculo)	Tiempo de aireación y mezclado = 30 minutos
	Tiempo de aireación y mezclado = 30 minutos
	Tiempo de llenado = 68 segundos
Prueba 3 (sin adición de inóculo)	Tiempo de aireación y mezclado = 40 minutos
	Tiempo de sedimentación = 4 horas
	Tiempo de llenado = 68 segundos
Prueba 4 (con adición de inóculo 25% del volumen del reactor)	Tiempo de aireación y mezclado = 40 minutos
	Tiempo de sedimentación = 174 horas

Fuente: Quinto Yépez, M., & Yépez Peralta, M. (2018).

Siendo los resultados finales obtenidos en la primera investigación, los siguientes:

Tabla 2. Tiempos de aireación y sedimentación, porcentajes de remoción de DBO en primera investigación

Prueba 1 (sin adición de inóculo)	Tiempo de sedimentación (horas)	% de remoción de DBO
20 (sin adición de inóculo)	2	3,95
30 (sin adición de inóculo)	3	4,46
40 (sin adición de inóculo)	4	4,86
40 (con adición de inóculo)	174	36,34

Fuente: Quinto Yépez, M., & Yépez Peralta, M. (2018).

Como conclusión de esta primera investigación, y que sirvió de insumo para la segunda fue el hecho de la importancia de la adición de inóculo (agua proveniente del reactor aeróbico de una planta de lodos activados en funcionamiento), y del efecto de mejora en la remoción de la DBO el proceso mezcla y aireación.

En la segunda investigación (Sandoval, 2019), se realizaron 9 pruebas y, en todas se adicionó inóculo con un

volumen correspondiente al 25% del volumen de agua en el reactor.

Tabla 3. Condiciones iniciales usadas en el reactor aeróbico secuencial discontinuo (planta piloto de la segunda investigación)

Prueba 1	Tiempo de aireación y mezclado = 1 hora
	Tiempo de sedimentación = 48 horas
Prueba 2	Tiempo de aireación y mezclado = 1 hora
	Tiempo de sedimentación = 72 horas
Prueba 3	Tiempo de aireación y mezclado = 1 hora
	Tiempo de sedimentación = 96 horas
Prueba 4	Tiempo de aireación y mezclado = 2 horas
	Tiempo de sedimentación = 48 horas
Prueba 5	Tiempo de aireación y mezclado = 2 horas
	Tiempo de sedimentación = 72 horas
Prueba 6	Tiempo de aireación y mezclado = 2 horas
	Tiempo de sedimentación = 96 horas
Prueba 7	Tiempo de aireación y mezclado = 3 horas
	Tiempo de sedimentación = 48 horas
Prueba 8	Tiempo de aireación y mezclado = 3 horas
	Tiempo de sedimentación = 72 horas
Prueba 9	Tiempo de aireación y mezclado = 3 horas
	Tiempo de sedimentación = 96 horas

Fuente: Sandoval, F. (2019).



Figura 3. Prueba 1 de inicio con agua residual doméstica.

Siendo los resultados obtenidos en la segunda investigación, los siguientes:

Tabla 4. Tiempos de aireación y sedimentación, porcentajes de remoción de DBO en segunda investigación

Prueba	Tiempo de aireación (horas)	Tiempo de sedimentación (horas)	% de remoción de DBO
1	1	48	51,24

2	1	72	85,70
3	1	96	N.D.
4	2	48	81,97
5	2	72	93,61
6	2	96	83,04
7	3	48	84,81
8	3	72	65,72
9	3	96	49,38

Fuente: Sandoval, F. (2019).



Figura 4. SBR Prueba 6.

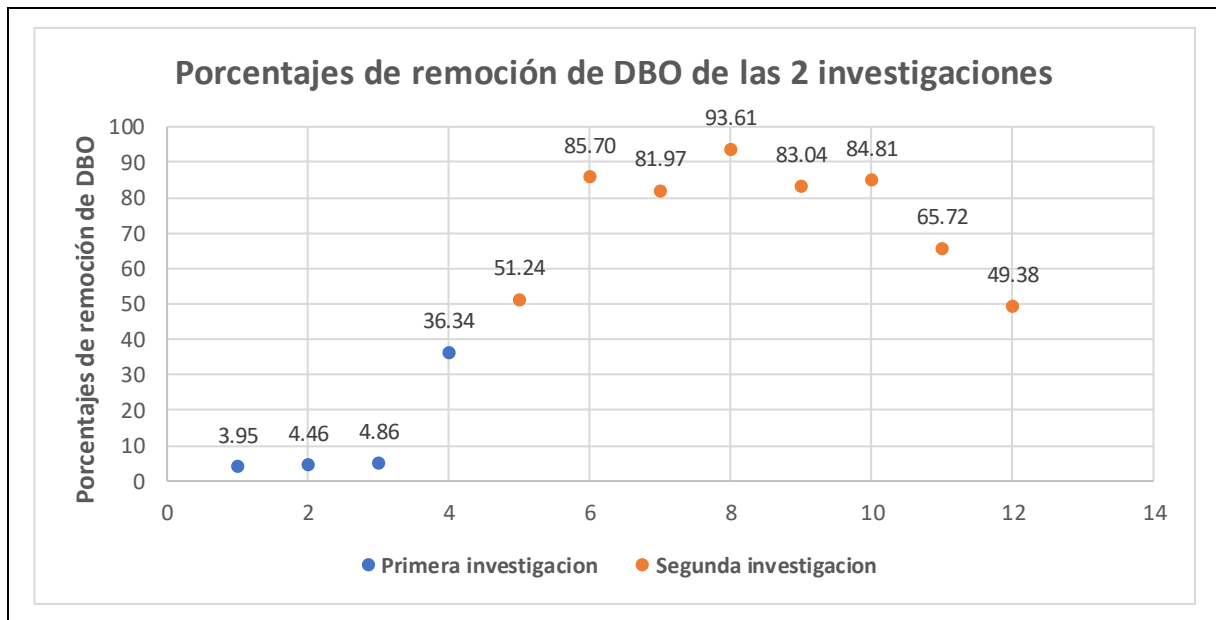


Figura 5. Porcentajes de remoción de DBO de las 2 investigaciones

CONCLUSIONES



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

La primera investigación permitió definir la importancia de los procesos de mezcla y aeración en el tratamiento del agua residual, y que estos debían durar como mínimo 40 minutos, ya que los resultados arrojaron mayor remoción de la materia orgánica en términos de DBO mientras alcanzaba el tiempo antes indicado.

La segunda investigación permitió definir el tiempo adecuado del proceso de mezcla y aeración en 2 horas (120 minutos), siendo el tiempo de sedimentación o reposo que obtuvo mayor porcentaje de remoción de materia orgánica en términos de DBO la de 72 horas (3 días) con 93,61%.

Con el porcentaje de remoción de DBO antes indicado, la calidad del agua residual cumple con el límite máximo permisible de DBO en la descarga a un cuerpo de agua dulce de 100 mg/l, según la normativa ambiental ecuatoriana vigente.

Además, se definió que el volumen de inóculo de lodo activo de aguas residuales igual al 25 % del agua a tratar es adecuado para aumentar los porcentajes de reducción de materia orgánica en términos de DBO.

Se concluye que el reactor aeróbico secuencial discontinuo es una tecnología eficaz para el tratamiento del agua residual, ya que en el mismo reactor (menos área requerida para el tratamiento) se pueden hacer todos los procesos de tratamiento. Este sistema podría ser utilizado por el mismo usuario, sin embargo, el único obstáculo a la vista, es el alto costo necesario para una adecuada automatización de los controles de encendido y apagado de los procesos de mezcla y aeración, sin embargo, en el momento que se consiga de alguna manera bajar estos costos el usuario podrá manejar automáticamente desde cualquier tablero de control o desde sus teléfonos portátiles la operación de su propio reactor aeróbico secuencial discontinuo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, alma mater. Además, se agradece a la EMAPAG EP y la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil por el apoyo incondicional para la ejecución de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo Cortez, I., López Sánchez, A., & Reyes Burgos, J. (2010). Diseño de un reactor biológico aerobio (SBR) piloto para tratamiento de agua residual de una empresa procesadora de maracuyá. Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química
- Muñoz Paredes, J.F., & Ramos Ramos, M. (2014). Reactores discontinuos secuenciales: Una Tecnología versátil en el Tratamiento de aguas residuales. Pasto.
- Cárdenas, C., Perruolo, T., Tarre, Y., Flores, K., Trujillo, A., Saules, L., Araujo, I., & Yabroudi, S. (2006). Remoción de nutrientes en un reactor discontinuo secuencial. Revista Interciencia. ISSN 0378-1844.
- Duarte, V. (2022). Desarrollo de un lodo granular aerobio para el tratamiento de aguas en un reactor discontinuo secuencial (SBR). Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.
- Franca, Rita D.G., Helena M. Pinheiro, Mark C.M. van Loosdrecht, and Nidia D. Lourenço. 2018. "Stability of Aerobic Granules during Long-Term Bioreactor Operation." *Biotechnology Advances* 36(1): 228–46. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.11.005>.
- Quinto Yépez, M., & Yépez Peralta, M. (2018). Evaluación de la Demanda Bioquímica de oxígeno con un reactor aeróbico secuencial discontinuo de aguas residuales domésticas. Tesis de grado. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Facultad de Ingeniería civil. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2303/1/T-ULVR-2100.pdf>



Sandoval, F. (2019). Evaluación de la Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO) en un reactor aeróbico secuencial discontinuo tratando agua residual doméstica en planta piloto – 2da Fase. Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Facultad de Ingeniería civil. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3414/1/T-ULVR-2995.pdf>

Por favor, sugiera posibles revisores/expertos en los temas tratados en este artículo. El tiempo de procesamiento editorial podría reducirse al hacerlo.

Los revisores pares deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Profesionales con una maestría o un doctorado.
- Investigadores activos en el tema de este artículo.
- Índice H en SCOPUS superior a 2.
- La afiliación de autores y revisores debe ser completamente diferente.
- Investigadores que trabajan en Instituciones de Educación Superior o Grupos de Investigación.
- Son deseables los revisores internacionales (un país diferente al de los autores).

Pares revisores sugeridos:

Nombre	Dirección de correo electrónico (activa)	Grado(s) académico	Afiliación
Mario Márquez Gallegos	marquezgalegosmario@gmail.com	Master en Ingeniería Sanitaria	
Andrés Rivera Benítez	agrbpat@yahoo.com	Master en Ingeniería Sanitaria	

