



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Eficiencia de medios de soporte en un reactor biológico secuencial (SBR) para la
remoción de nitratos y fosfatos de aguas residuales, Villa el Salvador, 2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Br. Briceño Tacunan, Richard Manuel (ORCID: 0000-0002-6619-2629)

ASESOR:

Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo (ORCID: 0000-0003-3536-881X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad Y Gestión De Los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria

A todos los investigadores de hoy y mañana, para que puedan tener un aporte en la ciencia y descubrir nuevos conocimientos.

A mi padre Yony por su ejemplo de perseverancia. A mi madre Lucila por su ejemplo de motivación. A mi hermano Sergio por sus consejos y apoyo moral.

A toda mi familia por su entendimiento y motivación.

Agradecimiento

Mis más sinceros agradecimientos al Dr. Jave Nakayo por su paciencia y brindarme su extenso conocimiento profesional. Al Dr. Horacio Acosta por su orientación en la realización del presente.

Mi agradecimiento a todos los profesores e ingenieros que he conocido en mi etapa estudiantil por brindarme el conocimiento que hoy poseo.

Un agradecimiento extenso a la familia Coronel - Casafranca.

A mis amigos (a), compañeros (a), por sus constantes ánimos.

De igual modo mis agradecimientos especial a las personas encargadas de la PTAR.

Acta de aprobación de tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a):

Briceño Tacunan, Richard Manuel

Cuyo título es:

"Eficiencia de medios de soporte en un reactor biológico secuencial (SBR) para la remoción de nitratos y fosfatos de aguas residuales, Villa el Salvador, 2019"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

..... 17 (número) *Practicante* (letras).

Lugar y fecha *Los Olivos* 15/07/2019


.....
PRESIDENTE
Dr. *CARRERA CAROLINA CAROLINA F.*
(Grado Apellidos, Nombre)


.....
SECRETARIO
Dr. *BENITES ALFARO ELIABETH*
(Grado Apellidos, Nombre)


.....
VOCAL
Dr. *JAVE NAKAYO TORRE LEONARDO*
(Grado Apellidos, Nombre)

NOTA: En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Declaratoria de autenticidad

Yo Richard Manuel Briceño Tacunan con DNI N.º 48029338 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo

Lima, 15 de julio del 2019



Richard Manuel Briceño Tacunan

D.N.I.: 48029338

Índice

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento	ii
Declaratoria de autenticidad	iv
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCION	1
II. MÉTODO	24
2.1. Tipo y diseño de investigación	24
2.2. Metodología del desarrollo de la investigación	26
2.2.1. Elaboración del RBS con medio de soporte (SBR-MS).....	27
2.2.2. Implementación del reactor biológico secuencial SBR.....	31
2.2.3. Operación de los reactores.....	34
2.2.4. Toma de muestras del afluente y efluente	35
2.2.5. Determinación de la concentración de nitratos y fosfatos.....	38
2.2.6. Procedimiento de la investigación.....	39
2.3. Operacionalización de variables	40
2.4. Población y muestra.....	41
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	41
2.5.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
2.5.2. Validez.....	44
2.5.3. Confiabilidad	44
2.6. Método de análisis de datos	45
2.7. Aspectos éticos	46
III. RESULTADOS	46
IV. DISCUSIÓN.....	77
V. CONCLUSIONES.....	77
VI. RECOMENDACIONES	78
REFERENCIAS	79
ANEXOS	87

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismo de adsorción con sus descripciones por partes.	15
Figura 2. Mecanismo de absorción en un material inerte.	15
Figura 3. Esquema de un proceso cíclico de reactores secuenciales para eliminación del nitrógeno.	19
Figura 4. Ubicación de Área de estudio.	26
Figura 5. Esquema del reactor SBR con medios de soporte, sistema de aireación y de agitación.	27
Figura 6. Bomba de aire modelo SB-348A	28
Figura 7. Sistema de agitación en un reactor SBR	29
Figura 8. Barilla metálico con 2 hélices.	29
Figura 9. Válvulas de plástico de y tuberías de salida de ½” con abrazaderas.	30
Figura 10. Reactor con salidas para toma de muestra y eliminación de lodos.	30
Figura 11. Captación de lodos activados.	32
Figura 12. Toma de la muestra de agua residual	32
Figura 13. Lodos activados con los medios de soporte añadidos.	33
Figura 14. Inicio del primer tratamiento co 4 horas.	35
Figura 15. Multiparametro Modelo MQ40d, utilizado para la medición de parámetros fisicoquímicos.	37
Figura 16. Procedimiento de medición de parámetros fisicoquímicos.	37
Figura 17. Toma de muestra del primer tratamiento con 4 horas.	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño experimental bifactorial	25
Tabla 2. Descripción de las etapas para cada tiempo de ciclo operacional.	35
Tabla 3. Matriz de operacionalización	40
Tabla 4. Tabla de técnicas e instrumentos de la investigación.	43
Tabla 5. Resultados de análisis preliminar al tratamiento.	46
Tabla 6. Resultados generales con repeticiones de los medios de soporte en distintos tiempos.	47
Tabla 7. Resultado de los principales parámetros fisicoquímicos.	48
Tabla 8. Promedio de resultados del primer tratamiento con piedra pómez	49
Tabla 9. Promedio de resultados del segundo tratamiento con arcilla expandida.	54

Tabla 10. Promedio de resultados del tercer tratamiento (arcilla expandida y piedra pómez)	60
Tabla 11. Eficiencias de la operación con los dos factores de operación	66
Tabla 12. Tabla de las pruebas de normalidad con significancia	67
Tabla 13. Rangos de los promedios en medios de soporte para remoción de nitrato	68
Tabla 14. Estadístico de prueba de Kruskal-Wallis	68
Tabla 15.- Tabla de emparejada de dos muestras	69
Tabla 16. Tablas de prueba de normalidad para remoción de fosfatos	70
Tabla 17. Promedios con prueba anova	71
Tabla 18. Anova de los porcentajes de remoción de fosfatos con su significancia	72
Tabla 19. Prueba tukey para medios de soporte	73
Tabla 20. Prueba de normalidad de distintas horas de operación	75
Tabla 21. Rangos promedio en porcentaje de nutrientes removidos	76
Tabla 22. Estadístico prueba Kruskal Wallis para remoción de nutrientes	76

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama de flujo de metodología para remover nitratos y fosfatos	39
Gráfico 2. Resultados de pre y post tratamiento con piedra pómez de Nitratos	49
Gráfico 3. Resultados de pre y post tratamiento con piedra pómez de Fosfatos	50
Gráfico 4. Resultados de pre y post tratamiento de pH	52
Gráfico 5. Resultado pre y post tratamiento de Temperatura	52
Gráfico 6. Resultados pre y post tratamiento de la Conductividad eléctrica	53
Gráfico 7. Resultado pre y post tratamiento del oxígeno disuelto	53
Gráfico 8. Resultado pre y post tratamiento de O.R.P.	54
Gráfico 9. Gráfico de pre y post tratamiento con arcilla expandida de Nitratos	55
Gráfico 10. Gráfico de pre y post tratamiento con arcilla expandida de Fosfatos	56
Gráfico 11. Grafico del pre y post tratamiento con arcilla expandida de pH	57
Gráfico 12. Gráfico del pre y post tratamiento con arcilla expandida de Temperatura	58
Gráfico 13. Gráfico del pre y post tratamiento con arcilla expandida de la conductividad eléctrica	58
Gráfico 14. Gráfico del pre y post tratamiento con arcilla expandida del oxígeno disuelto	59

Gráfico 15. Grafico del pre y post tratamiento con arcilla expandida del potencial de óxido-reducción	59
Gráfico 16. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de Nitratos.	60
Gráfico 17. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de Fosfatos	61
Gráfico 18. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de pH	63
Gráfico 19. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de Temperatura.	63
Gráfico 20. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de Conductividad eléctrica	64
Gráfico 21. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de Oxígeno Disuelto.....	64
Gráfico 22. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de O.R.P.	65

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1	87
Anexo 2	88
Anexo 3	89
Anexo 4	90
Anexo 5. -Matriz de consistencia	91
Anexo 6 Instrumentos validados	93
Anexo 7 Cadena de custodia externa.....	109
Anexo 8 Informe de ensayo composición química de la piedra pómez	110
<i>Anexo 9 Ficha Técnica de la arcilla expandida (ARLITA)</i>	<i>111</i>
Anexo 10. Informe de ensayo de laboratorio para el análisis de nitratos y fosfatos. ...	112
Anexo 11. Acta de aprobación de originalidad de tesis.	116
Anexo 12. Turnitin	117
Anexo 13. Autorización para la publicación de la tesis en el repositorio de la UCV.	118

RESUMEN

La investigación presente ha tenido el objetivo general de determinar la eficiencia de los medios de soporte bajo condiciones de 3 reactores biológico-secuenciales que contenían piedra pómez (pumita), arcilla expandida (arlita), y la suma de ambos, con tres tiempos distintos para la remoción de nitratos y fosfatos en aguas residuales municipales de la PTAR de Velasco, en Villa el Salvador. Como paso preliminar se tomó nota de los parámetros fisicoquímicos para conocer los factores de la naturaleza. El valor inicial de Nitrato en las aguas residuales fue 228.442 mg/L, y para Fosfatos fue de 45,508 mg/L. En el primer tratamiento se obtuvo reducciones para el ciclo operacional de 8 horas tanto para nitrato y fosfatos, con 202,130 mg/L y 21,691 mg/L respectivamente. En el segundo tratamiento con la arcilla expandida se obtuvo para nitratos y fosfatos reducciones a 186,825 mg/L y 25,580 mg/L respectivamente. Y para el tercer tratamiento con los dos medios de soporte se obtuvieron concentraciones de 202,368 mg/L y 27,300 mg/L para nitratos y fosfatos respectivamente. También se verifica que existe un proceso de químico de reducción en los procesos propios de la desnitrificación guardando relación con el aumento de alcalinidad. Se concluye que la piedra pómez es más eficiente que la arcilla expandida para ciclos operacionales mayor a 8 horas, es decir a mayor el tiempo mayor la concentración de remoción en aguas residuales municipales.

Palabras claves: Medios de soporte, remoción, nitratos, fosfatos, reactor biológico secuencial

ABSTRACT

The present research has had the general objective of determining the efficiency of the media under conditions of 3 sequential biological reactors containing pumice (pumice), expanded clay (Arlita), and the sum of both, with different times for the removal of nitrates and phosphates in municipal wastewater from the PTAR of Velasco, in Villa El Salvador. As a preliminary step, the physicochemical parameters were considered to know the factors of nature. The initial value of nitrate in the wastewater was 228.442 mg / L, and for phosphates it was 45.508 mg / L. In the first treatment, reductions were obtained for the operational cycle of 8 hours for nitrate and phosphates, with 202.130 mg / L and 21,691 mg / L respectively. The second treatment with expanded clay was obtained for nitrates and phosphates reductions at 186.825 mg / L and 25.580 mg / L respectively. And for the third treatment with the support media, the results were 202.368 mg / L and 27.300 mg / L for nitrates and phosphates respectively. It is also verified that there is a process of weight reduction in the processes of denitrification that is related to the increase in alkalinity. It is concluded that the stone is more efficient than the clay for the operational cycles at 8 hours, that is to say, that the time is the concentration of removal in municipal wastewater.

Keywords: Support media, removal, nitrates, phosphates, sequential biological reactor

I. INTRODUCCION

El proceso de urbanización acelerada y no planificada, sumado a las malas prácticas en la gestión del agua, hacen que cada vez más las ciudades de América Latina y el Caribe tengan mayores desafíos para disminuir la demanda de una mayor población, la disponibilidad de un recurso disputado como el agua y su tratamiento para con el ambiente según el Banco Mundial (2012).

Este proceso se refleja en el crecimiento poblacional en zonas urbanas, suburbanas donde ha tenido un crecimiento promedio anual de 1 % desde el año 2007 al 2017 y también donde se ha visto la necesidad de incrementar los servicios, como el suministro del agua y su saneamiento correspondiente con el fin de evitar los problemas de contaminación de cuerpos receptores como ríos, lagunas, desembocaduras de océanos, capa freática, suelo, entre otros, resalta Villalobos Jandente (2013). En América Latina de el total de aguas residuales, el 70% no son tratadas, y se dispone a la devolución contaminada a los ríos, afirma Yoe-Batista (2013).

La Autoridad Nacional del Agua, (2013) indica que a nivel nacional, de 143 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, solo 7 plantas (4.9%) operan óptimamente.

En la ciudad de Lima se generaban a diario 1 202 286 m³ de aguas servidas, lográndose tratar solo 254 884 m³ (21,2%) en el año 2014, así lo menciona el Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI), estas cifras son consecuencias de las infraestructuras de las PTAR insuficientes para tratar los volúmenes de aguas residuales que se generan a diario a ello se suma los procesos que en su mayoría son convencionales, aerobios, de enrejado, y lagunaje, utilizando grandes extensiones de terreno, costos de operación elevado y mantenimiento continuo que muchas veces termina con el cierre o inoperatividad de esta.

Dentro de este marco Breitburg, et al., (2018) señala que a nivel global se han perdido un 2% del contenido de oxígeno disuelto en los últimos 50 años, además que desde 1950 más de 500 áreas costeras han reportado concentración por debajo de 2 mg/L por causa de la polución y eutrofización de las aguas.

Es por eso que durante las últimas décadas, las investigaciones han sido objeto de recuperar las aguas contaminadas para así tener una mejor calidad de vida y satisfacer sus necesidades. Es por ello por lo que el tratamiento de aguas residuales es la opción que consiste en reducir, en sus respectivas medidas, los contaminantes de forma sostenible, evitando impactos

negativos hacia la salud humana y el ambiente. (Reynolds, 2002). De igual manera los tratamientos convencionales de aguas residuales domésticas que se han dado en nuestro país actualmente están colapsando por inoperatividad, falta de mantenimiento, falta de áreas de terreno para sus ubicaciones; por lo cual las investigaciones presentes y futuras deben referirse a tratamientos con la aplicación de tecnologías avanzadas que permiten la reducción de espacios y sistemas de control semiautomáticos que tengan mayor rendimiento en la remoción de contaminantes remanentes y mejorar las características en los efluentes de aguas residuales.

El distrito de Villa el Salvador es uno de los últimos distritos en crearse y por ello el sistema de reúso de aguas residuales se ha tomado con mucha importancia contando actualmente con una planta de tratamiento gestionada por SEDAPAL y 2 plantas de tratamientos de lodos de los cuales provienen de los diversos sectores del distrito. De estas últimas, la PTAR Velasco ubicada en la avenida del mismo nombre, la operatividad de esta planta presenta funcionamiento incorrecto, equipos e instalaciones obsoletas o en estado de degradación y ello genera que no se culmine el tratamiento adecuado de eliminación de nutrientes remanentes, formando la pausa del proceso y el aumento de eutrofización que luego al ser descargada a la red de alcantarillado, sumándose a ello la informalidad de negocios de mecánica-automotriz circundante, el exceso de lodos activados. Dentro de los parámetros contaminantes, para la investigación se evaluó las concentraciones de nitrato y fosfatos que al tener un alto contenido de nutrientes no permite el crecimiento adecuado de la flora presente en distintos parques, a la vez saturan el suelo y su capacidad para poder regenerarse, causando la contaminación de cuerpos superficiales o subterráneos, formando a la vez focos de infección y malos olores.

En atención a la problemática expuesta es importante señalar como primer trabajo a Pacheco Ojeda, et al., (2019) que realizó el “Diseño y evaluación de un reactor biológico de lecho móvil de cargas secuenciales como alternativa de tratamiento para un vertimiento procedente de una industria farmacéutica” optó por el objetivo de conocer el comportamiento de un reactor de cargas secuenciales con la iniciativa de añadirle la tecnología de lecho móvil en un vertimiento de industria farmacéutica para la eliminación de materia orgánica; teniendo en su metodología el diseño del reactor y para el tratamiento los ciclos operacionales del SBR añadiéndole un medio de soporte móvil de plástico que fue apropiado para el

crecimiento de la biomasa. El reactor tuvo como resultado una eficiencia de hasta 92% de remoción de DQO, en una estabilización del sistema al tercer día.

Un segundo trabajo de Pesonen J., et al., (2019) se llama “Uso de dolomita calcinada como precipitante químico en la eliminación simultanea de Amonio y fosfato de aguas sintéticas y de lodos agrícolas” tuvo el objetivo de eliminar las concentraciones de amonio y fosfato usando el mineral de dolomita calcinada compuesto de carbonato de calcio y magnesio $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Se estudiaron los efectos de temperatura en calcinación, tiempo de precipitación y la concentración de fosfatos y amonio. El experimento se realizó en un reactor con un motor de giro a 50 rpm. Este estudio demostró eficientes eliminaciones de amonio y fosfato con Óxido de magnesio MgO , dolomita a 650 °C y dolomita a 750 °C. Se determinó que la dolomita calcinada tiene gran potencial en la precipitación de amonio y fosfato, tanto para aguas sintéticas como lodos agrícolas, utilizando estos últimos como fertilizante.

El siguiente artículo de Wanjin L., et al., (2019) llamado “Remoción de nitrógeno en reactores secuenciados de lecho móvil con cubos de espuma de poliuretano y materiales de esponja de luffa” de la universidad de Adelaida tuvo como objetivo remover la cantidad máxima de nitrógeno total mediante el proceso de nitrificación y desnitrificación simultanea realizado en un mismo reactor. Se construyeron tres reactores de plexiglass con volumen de 8 litros, la operación de los ciclos del reactor duro 8 horas. Un reactor SBR con poliuretano (MBSBR)-PU y otro con esponja de luffa (MBSBR)-LS. Los efluentes fueron recolectados cada 3 días del periodo de descarga para su posterior análisis. Se determinó que el sistema MBSBR-PU fue mejor removiendo eficientemente el nitrógeno total con un 71% que el SBR sin lecho móvil (62%), pero el sistema MBSBR-LF logró mayor eficiencia de remoción de nitrógeno total (78%).

Zhang, et al., (2019) en su obra “Eliminación simultánea de amoníaco, fosfato y DQO de aguas residuales de mataderos por zeolita natural” tuvieron como objetivo eliminar contaminantes orgánicos de un matadero usando zeolita como medio de soporte de 2 a 4 mm lavando con agua oxigenada. En matraces de 250 ml con 10 g de zeolita, para luego ser agitado con 150 rpm a 25° C, cada uno con dos repeticiones. Se tomaron muestras de forma exponencial de dos horas hasta las 96 horas. Se utilizó estudio de cinética, desorción y adsorción isotérmica para conocer la eliminación de DQO por zeolita. Se identificó que alcanzó el equilibrio a las 34 y 70 horas del proceso

Un trabajo similar de Mekonnen Birhanie A., et al., (2018), en su obra “Identificación de dos medios de filtración de bajo costo y disponibles localmente (piedra pómez y escoria) para la eliminación de contaminantes peligrosos de aguas residuales de curtiembre” tuvo como objeto de estudio identificar la capacidad de los adsorbentes y comparar su eficiencia. Se llevaron a cabo dos modelos cinéticos de adsorción para eliminar y conocer la capacidad adsorbente en la reducción de NO_3^- y PO_4^- y Cr de las aguas residuales de curtiembre. Se realizaron el análisis de las muestras antes y después del experimento. Se usó el programa estadístico R y originlab pro 2017 para el análisis de datos. La eficacia de la piedra pómez y escoria para el nitrato fue de 95% y 99% respectivamente en 72 horas. Mientras que para la eliminación de fosfato fue mejor con la escoria en 24 a 48 horas.

En tal sentido Thi Chinh, et al., (2018) en su obra “Secuenciación del reactor por lotes y la comunidad bacteriana en lodos granulares aeróbicos para el tratamiento de aguas residuales del sector de fabricación de fideos” se utilizó lodo granular para el tratamiento, en su metodología realizó la toma de muestra de aguas, caracterizando DBO, DQO, NT (nitrógeno total), y (PT) fósforo total. Para el tratamiento se adicionó 50 ml de inóculo de *Lactobacillus sp.*, para aumentar la demanda de microorganismos. Con un volumen de 9.42 litros, con concentración de oxígeno disuelto (OD) de 5mg/L. El proceso de operación inicia bombeando las aguas residuales para la dosificación al reactor. El reactor funcionó por 3 horas cada lote. Luego se toma el agua de la salida del sistema y luego se midieron los parámetros de DQO, NT Y PT siendo la eficiencia de remoción fue de 92%, 83% y 75 % respectivamente.

En el mismo año Carrasquero Ferrer, et al., (2018), en su obra “Eficiencia de un reactor biológico secuencial en el tratamiento de efluentes de una planta procesadora de productos cárnicos” estudió la eficiencia de un reactor biológico secuencial con distintos tiempos de operación del reactor, que consistió en tres tiempos de ciclo operacional (TCO), 7, 10 y 12 horas. Con tiempo de retención celular de 25 días y con una secuencia de 3 fases, anóxica/aerobia/anóxica. Se midieron parámetros en el inicio, durante y final de cada ciclo, tales como DQO total, DBO, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, nitritos, nitratos, pH, fósforo total, color y turbidez. El tratamiento utilizado permitió remoción de la materia orgánica y nutrientes superiores al 92.6% para la DQOT, 44% para NT y 52.6% para el PT, debido a la capacidad de adaptarse del reactor a distintas condiciones de operación. En conclusión, se verificó que la mayor remoción de carga orgánica y nutrientes (compuestos de nitrógeno y fósforo) se alcanzó con tiempos de ciclo operacional de 10 y 12 horas.

Algo semejante ocurre en “La adsorción y regeneración de la piedra pómez natural como adsorbente de bajo costo para la eliminación de nitratos del agua” desarrollado por Helard, et al., (2018), que tuvo como objetivo evaluar la adsorción de nitratos de aguas residuales domésticas mediante la pumita natural (piedra pómez), para ello la pumita que funcionó como adsorbente fue lavado con agua destilada y secado a temperatura ambiente. Luego se utilizó un reactor batch (por lote) con tiempo de contacto de 15 a 75 minutos, poniendo en contacto 100 ml de solución de nitrato con la piedra pómez a 100 rpm. Luego de ello se filtró la mezcla y se analizó la concentración de nitratos mediante un espectrofotómetro. La cantidad de nitrato adsorbido por la piedra pómez natural se obtuvo mediante la diferencia entre la concentración inicial y final de soluciones. Repeticiéndose los experimentos 3 veces, siendo los valores presentados el promedio. Se concluyó que a menor tiempo (30 min de contacto) y con 0.3 g/l de adsorbente se obtuvo mayor eliminación de nitrato.

Por su parte García Guzmán, et al., (2018) en su tesis “Diseño y operación de un reactor de lecho móvil aerobio para tratamiento de aguas residuales doméstica” describe el diseño del un reactor con fase de inoculación y de operación con el control de parámetros fisicoquímicos, se elige la geometría rectangular con agitador magnético con bombas de aire sumergibles. Se trabajó con 3.5 litros con un tercio de lodos activados y para los medios de soporte se usan bipacks, el volumen usado no superó el 50% del volumen útil del reactor. Concluye que la tecnología mbbf es de gran importancia y se debe tener dos factores importantes el volumen de los medios de soporte y el tiempo de ciclo operacional.

Ahumada Triviño, et al., (2018) en su tesis “Implementación de un Tratamiento Alternativo para la Remoción de Fósforo Y Nitrógeno en aguas Residuales Mediante Absorbentes a Base de Semillas y Tallos de Moringa Oleífera Lam” utilizó las semillas como medio de soporte variando concentraciones de 500, 100 y 1500 mg entre semillas y tallos, para la simulación del reactor se utilizaron 500 ml de agua residual en 6 jarras, a 150 rpm, tomándose muestras cada 5 minutos. Para determinar la eficiencia de nitratos y fosfatos se utilizó la fórmula del porcentaje. Teniendo como resultados 88.71 y 98,81% de remoción de nutrientes. Para el análisis estadístico se usó técnica ANOVA.

Mientras tanto Javad Mehrani M., et al., (2017) en su obra “Un estudio experimental sobre la capacidad de eliminación de nitratos de los agregados utilizado en concreto permeable” se buscó conocer la capacidad de eliminación de nitratos del agua con tres agregados zeolita, perlita, y piedra pómez. Se llevaron a cabo experimentos por lotes, y en los resultados la

piedra pómez tuvo una adsorción de porcentaje de nitrato de 39% en un plazo de 30 minutos para luego mantenerse constante.

Así también Sirakov I., et al., (2017) en el artículo científico “Comparación entre dos tecnologías y dos tipos de sustratos en un sistema experimental de recirculación acuopónico” se realizó dos sistemas acuopónicos, uno llenado con agregado de arcilla expandida ligera (LECA) y el segundo con poliestireno de 5mm, durando 30 días el experimento. Se plantaron lechugas para poder ver la capacidad de limpieza y productividad de la planta de lechos de medios. Se observó una mejor capacidad de eliminación de amonio, nitrato y orto-fosfato en la sección del LECA.

Seyedsalehi M., et al., (2017) en su producción “Evaluación del reactor por lotes de secuenciación de biopelículas móviles (MBSBR) en funcionamiento A²O proceso con énfasis en la eliminación biológica de nutrientes en aguas residuales” se construyó dos reservorios de plexiglass con un mezclador controlado, con ciclos anaerobico, anóxico y oxidado. El sistema en primer lugar fue aclimatizado con lodos activados y urea como fuente de nitrógeno y fosfato monopotásico como fuente de fósforo. Luego se inicio el periodo anaeróbico por 30 minutos la fase anóxica con el mezclador con 30 min y la fase aerobica mediante aireación por 1 hora. Los resultados indican que se realiza una remoción de materia orgánica en menores tiempo al igual con la remoción de nitrógeno y fósforo.

De acuerdo a Alzate Marin, et al., (2017) en su obra “Remoción de Nitrógeno mediante nitrificación y desnitrificación aeróbica utilizando un reactor biológico secuencia (SBR)” el objetivo fue evaluar la factibilidad de remover nitrógeno usando dos fases continuas: anóxica/aeróbica, con la finalidad para alcanzar la desnitrificación en la fase aeróbica con oxígeno disuelto superior a 1 mg/L, sin utilizar la recirculación de licor mixto y sin adición de fuente de carbono. Se estudiaron los efectos de los parámetros de operación tales como: duración del ciclo, relación temporal anóxica/aeróbica, pH, COD (concentración de oxígeno disuelto) y la relación que existe entre la demanda química de oxígeno/nitrógeno (DQO/N). El proceso de nitrificación luego de la desnitrificación (DN) tuvo lugar en la fase aeróbica con alta concentración de oxígeno disuelto (COD). Se logró una remoción de nitrógeno inorgánico de 70% en el reactor operado con una concentración de oxígeno disuelto (COD) superior a 4,0 mg/L, pH= 7,5, relación anóxica/aeróbica =0,5:1,0 y con carga orgánica= 440-585 mgDQO/ (L día). El sistema anóxico/aeróbica propuesto constituye un proceso sencillo

que respeta al ambiente para la eliminación de nitrógeno, disminuyendo el N_2O , un gas de invernadero que influye fuertemente en el calentamiento atmosférico global.

Bahmanpour, et al.,(2017) en su artículo “Investigando la Eficiencia del Agregado de Arcilla Expandida Ligera (LECA) en el tratamiento de aguas residuales de la industria lechera” da a conocer la eficiencia de remoción de cargas orgánicas (DBO, DQO) y nutrientes (nitratos y fosfatos), realizándose 18 experimentos con tiempos de reacción de 30, 60 y 120 h y la dosis de la arcilla expandida para aumentar el proceso de adsorción e intercambio iónico. En los resultados se verifica que con una dosis de 2g/l la eficiencia de remoción de nitrato alcanzó 49.74% con 4g/l y de fosfato de 62% con 4g/l para mejores resultados.

En el Perú, la obra de Coyotupa Nuñez, (2017) titulada “Diseño y construcción de un reactor biológico aerobio para la remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas de San Agustín de Cajas” tuvo como objetivo principal de diseñar y construir un reactor biológico para su posterior uso en la remoción de carga orgánica de efluentes domésticos a escala laboratorio, comenzando con la caracterización de las aguas residuales del distrito demostrándose que contaba con concentración media de carga orgánica (C.O.). El tiempo de retención hidráulica T.R.H. fue de 1.00392 días, edad de lodos con 20 días y con un caudal de 0.096 m^3 . Sus fases consistieron en una pre experimentación donde inoculó, aclimatizó y se dio arranque a el sistema en un periodo de 27 días, para luego proceder a la experimentación con 9 días de duración con 24 horas de operación del sistema. A distintas temperaturas entre $15 \text{ }^\circ\text{C}$ y $25 \text{ }^\circ\text{C}$ se determinó como mejor resultado de remoción de carga orgánica a temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ con 80.91 % de remoción de DBO Y 81.11% de DQO.

Linares, et al.,(2017) determinó el óptimo tratamiento para efluentes residuales generados en una fábrica de embotelladora de bebidas no alcohólicas. En primer paso se realizó una caracterización microbilogica y fisicoquímica del efluente que fueron DQO y bacterias coliformes totales y fecales. Luego se procedió a operar los reactores por carga secuencial (SBR) con fases aeróbicas y anaeróbicas para remover la demanda bioquímica de oxígeno (DQO) y comparar los resultados con otros tratamientos. La operación más eficiente la obtuvo el tratamiento aeróbico en el reactor de carga secuencial (SBR) con un porcentaje de remoción de 88.73% comparado con el 12.53 % del proceso anaerobio. Resalta la evidencia del proceso anaerobio luego de realizar el proceso aerobio.

Parra Riquelme, (2016), en su obra “Optimización de un biorreactor de lecho móvil (MBBR) para la biodegradación de un efluente proveniente de la industria de celulosa Kraft” tuvo el objetivo de mejorar la eficiencia remoción de materia orgánica y compuestos fenol de un efluente en un proceso de producción de celulosa Kraft tratada mediante un reactor de lecho móvil, evaluando la formación de la biopelícula. Se determinó después de la experimentación la eficiencia de depuración del sistema MBBR en 2 etapas de operación, la primera con Tiempo de Retención Hidráulica de 2 días (48 horas) y la segunda con Tiempo de Retención Hidráulica de 1 día (24 horas), ambas tuvieron una eficiencia similar, pero se determinó la mejoría del sistema en la fase de TRH de 24 horas, luego de estabilizar el sistema, demostrando que a mayores velocidades de carga orgánica y menores tiempos de retención hidráulica (TRH), con una biopelícula estable y madura, el sistema es mucho más eficiente, obteniéndose eficiencias de remoción de DBO_5 mayores al 97% y también eficiencias de remoción de DQO por sobre el 45%.

Shokoohi, et al., (2016), en su artículo “Eficiencia de un reactor de biopelícula de cama que utiliza un transportador leca para tratar aguas residuales de un hospital” tuvo el objetivo de eliminar la demanda de oxígeno químico en un reactor de lecho móvil con tiempos de retención hidráulico de 8, 12 y 24 horas con factor de llenado, el primero con 30% y el segundo de 50% en un reactor piloto de 100 litros y removiendo los lodos activados se logró una eficiencia de 83% de DQO con 24 horas y 50 % de empacado.

Edet, et al., (2016) en su artículo “Propiedades de adsorción de las bolitas de arcilla cocida para la eliminación de fosfatos en el tratamiento de aguas residuales”, su objetivo principal fue evaluar la posibilidad de usar arcilla expandida conociendo su propiedad adsorptiva para la eliminación de fosfatos en las aguas residuales, para ello se usó arcilla del Reino Unido, y primero se bañó con agua desionizada para el manejo de la misma. Se utilizó solución de fosfato sintética con 150 ml en un Erlenmeyer con agitación de 170 rpm en 120 minutos. Para así con la concentración de fosfato agregado y restante, el fosfato adsorbido y también la capacidad de equilibrio adsorbido. El valor de de entalpía de fosfato de -8 KJ/mol confirmó la naturaleza exotérmica dentro del proceso de eliminación de fosfato.

Liu R., et al., (2016) en su trabajo “Incorporación de humedales construidos en secuenciador de reactores discontinuos para mejora de la eliminación de nutrientes: una evaluación comparativa” se utilizó un tanque de polietileno comercial se configuró como un sistema SBR, con capacidad operativa de 54 litros y este fue introducido en un jaula rectangular con

vegetación en la parte superior, el SBR queda flotante donde en la parte inferior se colocan difusores de aire, y un mezclador para facilitar la homogenización de los lodos con las aguas residuales. El monitoreo de este sistema fue cada 2 días, se analizó DQO, DBO, NT, NOx (NO_3^- y N_2) y PT, pasados por un filtro de membrana previamente de 0.45 mm y se recolectaron durante la finalización de cada periodo de ciclo. La eficiencia de eliminación de Nitógeno total aumento de 70% al principio al 90% al día 30. El Fosforo total también tuvo con este tratamiento un 90% de remoción.

Yuan, et al., (2016) en su obra “Mejora de la eliminación de fósforo y nitrógeno de las aguas residuales municipales mediante la alimentación de productos de fermentación de lodos al reactor por lotes de secuenciación (SBR)” presentó una novedosa mejora en la eficiencia de eliminación de nitrógeno y fósforo de las aguas residuales municipales alimentando al reactor por lotes de secuenciación (SBR) con productos de fermentación alcalina. Luego de realizar las reacciones correspondientes se compararon los resultados, uno alimentado con productos de formación de lodo (F-SBR), y el otro sin productos de fermentación de lodo (B-SBR). Las eficiencias de eliminación de nitrógeno total (NT) y fosforo ($\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$) se encontraron en 82.9 % y 96% en F-SBR. Mientras que los valores en B-SBR fueron de 55.9% (NT).

Nava Gonzáles, (2015) en su obra “ Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en poblaciones pequeñas con SBR para la obtención de un efluente apto para riego” tuvo como objetivo un nuevo tratamiento a base del funcionamiento de SBR a partir de las medidas y cálculos de la escala piloto con 3 condiciones , con tiempos de operaciones con 6, 8 y 12 horas. Obteniéndose porcentajes de remoción para coliformes totales de hasta 94.08%. En la experimentación se observó que la condición número dos de 8 horas se obtuvo bajas concentraciones de nitratos y nitritos. Se realizó el análisis estadístico mediante la prueba de tukey.

Según Muñoz Paredes, et al., (2015) en su trabajo “ Efecto de secuencia anaeróbica-óxica-anóxica (AOA) en la eliminación de materia orgánica, fósforo y nitrógeno en un SBR modificado a escala de laboratorio” con el objetivo de comprobar la remoción contemporánea de la materia orgánica y del nitrógeno, fosforo (nutrientes). En su metodología se utilizó un reactor de acrílico con capacidad de 10.2 litros, usando esferas de polipropileno. Se empleó secuencia AOA a diferentes ciclos, verificándose que con las corridas de menor tiempo de retención hidráulico siendo este el ciclo D, con 9.5 horas donde

la etapa anaerobia duró 2 horas, la etapa aerobia , 3 horas y la anóxica, 3.5 horas, más la sedimentación con 1 hora con eliminación de Nitrógeno en 70% y en Fósforo del 51.2%.

Jena, et al., (2015) en su obra titulada “Sistema de SBR anóxico-aeróbico para la eliminación de nitrato, fosfato y DQO de aguas residuales de alta resistencia y estudio de diversidad de comunidades microbianas” se evaluó el rendimiento de fases aeróbicas y anóxicas dentro de un mismo proceso SBR a escala laboratorio con un volumen de operación de 2 litros con tiempo de ciclo de 24 horas con temperatura ambiente siendo en este caso 18 horas anóxico y 5 horas de óxico con una hora de sedimentación. Se observó un porcentaje de remoción de 76% para los fosfatos, en nitratos un 98% en los primeros 10 días. Se concluye que el donador de electrones y aceptor en la fase anóxica fue ventajoso para las bacterias DNPAO, organismos de acumulación de fosfatos desnitrificadores, mientras que la ausencia de nitrato en la fase aeróbica mantuvo un dominio de la mezcla de licor mixto con lodos activado.

Según Molina Burgos (2015), en su obra “Evaluación de la eliminación de materia orgánica y nitrógeno de las aguas residuales en un reactor biopelícula en membrana tubular aireada”. Tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de nitrificación terciaria y también en la eliminación del DQO de un reactor de biopelícula de membrana. Se demostró que el suministro de oxígeno es un parámetro que dependió de la velocidad de nitrificación.

Yamashita, et al., (2014), indica en el artículo “Eliminación de nitrógeno y fósforo del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales a través de la reducción de sulfato bacteriano en un biorreactor anóxico lleno de madera y hierro” se analizó la eficiencia de medios de soporte con madera de álamo y hierro y la de astilla de cedro y hierro mediante un biorreactor anóxico. Los reactores anóxicos se encargan de convertir el $\text{NO}_3^- - \text{N}$ a N_2 para la desnitrificación y eliminar el fosfato. Se empacó el primer reactor 3.8 kg de viruta de cedro (10 mm a 30 mm) por 40 litros y 1.6 kg de bobina de hierro (0.1 mm-0.6 mm); mientras que en el reactor segundo se empacó con 3.8 kg palillos de álamo temblón usados y 1.6 kg de bobinas de hierro. Se concluyó que el rendimiento de la madera de álamo y hierro fue superior al de astillas de cedro durante el periodo de 500 a 1000 días logrando una tasa de desnitrificación con 0,42 g $\text{NO}_3^- - \text{N}$ /kg de madera seca al día.

Germán (2014), en su obra “Nitrificación y desnitrificación en un reactor biopelícula de lecho sumergido fijo y membranas de microfiltración” tuvo como objetivo estudiar la supresión biológica de diversos compuestos nitrogenados presentes en efluentes urbanos

utilizando un reactor de biopelícula aerobio de lecho sumergido fijo y membranas de microfiltración. Para la experimentación se construyó un reactor tipo bacht (escala piloto) con volumen neto de 70 litros en el que fueron sumergidos en medio de soporte para la fijación del biofilm (biopelícula). Los resultados obtenidos en la investigación resaltan tasas de remoción de nitrógeno total del 68% y nitrificación de 92%. Una de sus conclusiones principales es que el medio de soporte que se incorporó la fijación de biopelícula permite la creación de zonas aerobias ocasionando el incremento de la transformación del nitrógeno amoniacal a nitratos.

Pacheco Bueno, et al., (2014) en su obra “Creación a nivel de laboratorio de un reactor de lecho fijo experimental de flujo ascendente para la determinación de los parámetros fundamentales de diseño a escala real” tuvo como objetivo de determinar los parámetros de diseño a escala real de un reactor de lecho fijo experimental de flujo ascendente en laboratorio. Se construyó un equipo compuesto de 3 reactores independientes, con un sistema de distribución de macrogoteo para la dotación de agua residual conectado a un tanque de almacenamiento. Los resultados de la evaluación nutricional del agua sintética correspondientes a la relación DBO₅/N/P igual a 100/32.9/1.13 ppm respectivamente, demostraron que el agua residual cumple con los requerimientos nutricionales mínimos para tratamientos biológicos aerobios.

Amaral et al. (2014) evaluaron un sistema biológico conformado en serie por un reactor UASB y un reactor de biofiltro aireado (BF) diseñado para eliminar color y DQO de un agua residual textil real procedente de una industria de lavandería en Pernambuco (Brasil). Los reactores con forma cilíndrica tuvieron un diámetro de 40 cm; el UASB con una altura de 2 m y un volumen de 250 litros, mientras que el biofiltro tuvo una altura de 1,50 m y una capacidad de 187 L, y se rellenó con arcilla expandida pseudo-esférica (diámetro = 2 cm; densidad = 0,389 g/m³, y absorción de agua de un 10.8%). El sistema fue explotado durante 335 días con TRH de 14 h (8 h UASB + 6 h BF) a 21 h (12+9 horas). Las mejores eficiencias en reducción de color fueron del 30% en el USAB y del 96% en el sistema global. El mejor rendimiento del biofiltro se achacó al fenómeno de adsorción. La mayor eficacia del sistema en reducción de DQO fue del 71%. En el UASB se produjo precipitación de azufre (98%) y de algunos metales. Sin embargo, el azufre precipitado fue posteriormente oxidado en el biofiltro aireado. El sistema también presentó una reducción de la toxicidad del agua residual, la cual se midió con ensayos de inhibición de *Daphnia Magna*.

Hebabaze, et al., (2014) en su estudio sobre rendimiento de un reactor biológico secuencial en el tratamiento de efluentes de agroindustria donde su objetivo fue evaluar el desempeño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en su metodología utiliza un ciclo operativo que conforma: la fase de llenado, de aereación y agitación donde se suministra oxígeno de 0.5 a 2.5 mg/l y nitrógeno en forma de urea (aproximadamente 500 litros por día para que los microorganismos aseguren el proceso de degradación de la materia orgánica, de decantación, de extracción de efluente tratado y por último de extracción de lodos. Los resultados obtenidos muestran que el sistema logra eliminar parte de la contaminación de compuestos de carbono y nitrógeno con tasa de reducción de 98% para DQO, 99% para DBO5, 74% para nitrógeno total.

Aygun, et al., (2014) en su artículo “Aplicación de la secuenciación del tratamiento con biopelículas por lotes del tratamiento de aguas residuales de aguas residuales: efecto de la falla eléctrica”, con el objetivo de conocer los efectos de una falla eléctrica en un proceso para eliminación de sólidos totales disueltos y carga orgánica, se realizó en un reactor de 2 L de plexiglas con plásticos Kaldnes con el 40, 50 y 60 % en cada reactor. Se operaron con tiempos de llenado de 30 minutos, reacción de 4 horas y sedimentación de 1 hora y vaciado de 30 min, total de 6 horas y tiempo de retención de 7.5 horas, con una concentración de oxígeno disuelto de 3mg/l. Se concluyó que el reactor de SBBR que mayor influyó en la remoción fue cuando tenía el 40% de la capacidad de reactor con plásticos Kaldnes.

Nava Urruego, et al., (2013) en su obra Comparación de un reactor de biomasa suspendida y de biomasa adherida para la degradación de compuestos tóxicos presentes en aguas residuales de refinerías de petróleo, utilizó dos reactores biológicos discontinuos secuenciales (SBR), en el primer reactor se utilizó biomasa suspendida y en el segundo se utilizó soportes de plástico tipo Kaldnes K1. Los reactores operaron por 45 días con un ciclo de 24 horas. El resultado se evaluó mediante las eficiencias de remoción de DQO, OD, y fenoles, obteniendo los siguientes porcentajes: 75%, 73% y 99% en el reactor de biomasa suspendida, del otro lado el reactor de biomasa adherida se alcanzó porcentajes de 77%, 81%, y 99%. La concentración de los sólidos suspendidos fue mayor con la biomasa suspendida que los de biomasa adherida en 1800 SST/l de diferencia. Demostrándose que la remoción de compuestos de carga orgánica es ligeramente mayor en el reactor de biomasa adherida.

Como último trabajo de investigación Xavier Simon F. et al., (2013) en su obra “Actividad biológica en filtros de agua de mar en arcilla expandida y carbon activado”, comparó la actividad biológica en filtros de agua de mar en dos lechos filtrantes, uno con carbón activado y el otro con arcilla expandida, da importancia al tipo de bacterias que se adjuntan en el medio filtrante. Luego de analizar agua sucia después de lavado luego de 14 meses operando se encontró *Proteobacterias*, 68% en la arcilla expandida. Se evaluaron distintos tiempos de contacto entre 6 y 11 minutos con cargas hidráulicas de 5 y 10 m/h, comprobándose que la eliminación de materia orgánica se era independiente del tiempo de contacto pero que los materiales de soporte tienen un rol importante para la proliferación de microorganismos.

Las evidencias anteriores son reforzadas con las teorías relacionadas del tema de investigación, así tenemos a las aguas residuales que son aguas vertidas que portan características que han sido modificadas luego de haber sido usadas, expuestas por las industrias, centros de población humana, pluviales o de actividades agropecuarias y debido a su calidad requieren un tratamiento para poder ser vertidas a un cuerpo receptor de agua mediante el alcantarillado o por último su reutilización.

Aún más específico las aguas residuales urbanas, son aquellas originadas por el uso doméstico de distintos núcleos urbanos. La composición de las aguas residuales depende de las actividades realizadas en uno o más sectores, influenciada por la cultura, la educación que se tenga del uso y gestión del recurso hídrico. Las principales fuentes que confieren son:

- Excretas humanas: en su forma sólida y líquida, heces humanas y urinarias, que proporcionan la mayor cantidad de urea y amonio.
- Residuos domésticos: agua de baño como de cocina con contenido de detergentes inorgánicos, así también como de los desechos de productos de limpieza.
- Residuos industriales: debido a la pequeña y mediana industria que opera en zonas específicas y muchas veces sin permisos de funcionamiento.

Al mismo tiempo para comprender la problemática expuesta se menciona a la eutrofización, que es la proliferación de nutrientes en fuentes de agua donde prima el crecimiento de algas alterando la calidad de agua y el ecosistema que en ella se desarrolla. A la vez reduce la cantidad de Oxígeno disuelto presente en la zona eutrofizada. Los nutrientes presentes en este proceso son nitratos y fosfatos.

De este modo surge la idea del tratamiento de aguas residuales siendo un proceso que mediante diversos factores va en busca de eliminar, disminuir la mayor cantidad posible las características en cada una de sus unidades de medida respectivas que lleva un efluente residual antes de su disposición final en un cuerpo receptor natural de agua. Estos procesos se desarrollan en operaciones dentro de una planta de agua residual, llamada comúnmente Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), dónde dependiendo del tipo de agua residual, y su posterior uso o disposición mantiene 3 procedimientos típicos: físicos o mecánicos, químicos y biológicos.

Para tal efecto existe el mecanismo de adsorción es un proceso exotérmico que ocurre de forma hasta la saturación del adsorbente en el cual existe una cohesión de átomos, iones o moléculas en alguna superficie. Es decir, existe una adhesión de una especie con características químicas hacia una capa superior del material llamada adsorbente. En este proceso no existe la transferencia de masa y volumen, solo hay una capa superficial como se aprecia en la figura 1.

Las principales características de la adsorción según Helmenstine A., (2019) difieren de muchas formas y para clasificarlos se basa en su composición:

- Compuestos a base de carbono (como el grafito, carbon activado)
- Compuestos a base de oxígeno (por ejemplo zeolita, sílice)
- Compuestos a base de polímeros.

Dentro del contexto la adsorción en las aguas residuales se produce entre moléculas sólidas (adsorbente) y un fluido (agua residual). La adsorción recae en las condiciones naturales del adsorbente y de la sustancia adsorbida y también del proceso realizado previamente.

Existen dos categorías de adsorción según la atracción entre el adsorbente y adsorbato.

- Adsorción física: También se conoce como fisisorción, es un mecanismo donde participan las fuerzas de Van Der Waals, donde el adsorbato es fijado por atracción eléctrica.
- Adsorción química: llamado también quimisorción, este proceso implica una fuerte capacidad de interacción química, es favorecida a altas temperaturas.

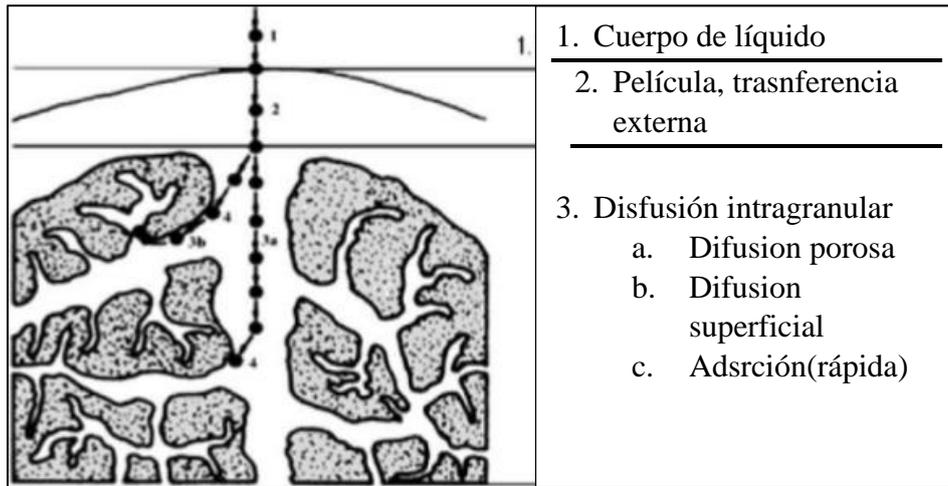


Figura 1. Mecanismo de adsorción con sus descripciones por partes.

Por otra parte tenemos la absorción cuyo proceso endotérmico donde el soluto puede estar conformado por partículas gaseosas o líquidas y esta se mueve hacia una fase líquida o sólida, aquí existe una transferencia de materia quedando dispersa en el absorbente. Se realiza un aumento de masa y/o volumen para el material absorbente debido a la transferencia de adsorbato afectando casi todo el volumen del absorbente así lo cita Helmenstine, (2019).

Existen dos formas que ocurren el proceso una es físicamente cuando ocurre un mecanismo de disolución seguido de un equilibrio y químico cuando ocurren reacciones químicas con componentes del absorbente. En la figura 2 se puede observar el mecanismo de la absorción del nitrato mediante iones metálicos como el Silicio (Si), Aluminio (Al) y Hierro (Fe) de agregados.

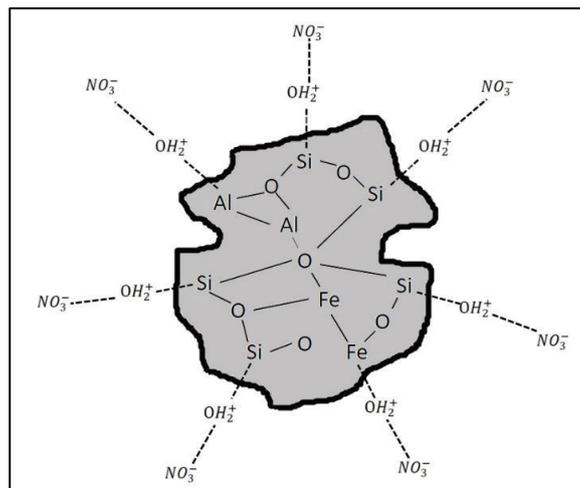


Figura 2. Mecanismo de absorción en un material inerte.

Fuente: Javad Mehrani, et al.,(2017)

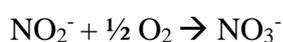
Los tratamientos biológicos son conjunto de procesos donde la participación de los microorganismos es activa biodegradando la materia orgánica, manteniéndose los microorganismos en suspensión o sobre algún soporte formando una biopelícula, bien en un soporte fijo o móvil. Se tiene dos tipos de tratamiento biológico, en un sistema con predominancia del oxígeno (O₂) llamado aerobio y con ausencia del oxígeno (O₂), llamado proceso anaerobio, también pueden existir procesos combinados donde ocurran los dos procesos alternándose mediante secuencias. Dentro de ellos ocurren procesos aerobios, anóxicos y anaerobios combinados, donde se conocen como:

- Crecimiento en suspensión. – Proceso con crecimiento y suspensión donde pueden existir una sola etapa o múltiples, removiendo la demanda biológica de oxígeno (DBO carbonácea), nitrificación, desnitrificación y remoción de fósforo. (Crites, et al., 2000)
- Híbrido. - Es un proceso que puede utilizar una sola etapa como múltiples y se usa para la remoción de demanda biológica de oxígeno (DBO carbonácea), nitrificación y remoción de fósforo (Crites, et al., 2000)

Dentro de este marco se menciona la remoción de nitrógeno como la conversión en un medio aerobio de compuestos de amonio (NH₄) a nitrato (NO₃⁻), proceso llamado nitrificación para luego dar paso a la conversión en un medio anóxico de nitrato (NO₃⁻) a gas nitrógeno (N₂), llamado desnitrificación según Singh, et al., (2010). Para entrar en detalles Carlos Bedoya, (2012) señala que el procedimiento de nitrificación que realizan las bacterias quimiolitioautótrofas utilizan el oxígeno molecular (O₂) como aceptor final de electrones, que oxida el amonio en primera instancia, el carbono inorgánico para la síntesis celular como fuente de carbono, y el nitrógeno inorgánico para obtener energía. Los microorganismos de este procedimiento se dividen en dos grupos, las bacterias amonioxidantes (AOB) que convierten el amonio a nitrito, y las bacterias nitritoxidantes (NOB) que se encargan de la transformación del nitrito a nitrato. La nitrificación es una reacción exotérmica, por ende, en una primera fase, el amonio se convierte en nitrito:



Posteriormente el nitrito (NO₂⁻), que es un subproducto de la nitrificación y que permanece por corto tiempo, se convierte nuevamente en nitrato así indica (R., et al., 2002):



El proceso continúa con la desnitrificación que Singh, et al., (2010) señala, es el proceso donde el nitrógeno en forma de nitrato NO_3^- se reduce a nitrógeno gas (N_2) que posteriormente es liberado a la atmósfera, mediante bacterias heterótrofas aerobias facultativas que en condiciones anóxicas tiene la capacidad de aprovechar los nitratos (NO_3^-) como aceptores finales de electrones, en lugar de oxígeno disuelto (OD).

Este proceso ocurre en varios momentos, el nitrato (NO_3^-) se transforma en nitrito (NO_2^-), óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N_2O) y como último proceso en nitrógeno molecular (N_2), mediante bacterias *Alcaligenes* y *Pseudomonas*, pero también por géneros: *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Rhodospseudomonas* y *Propionibacterium* en estrictas condiciones según señala Focht, (1982).

El parámetro que inicia la desnitrificación es la concentración de oxígeno disuelto. Es por ello por lo que ocurre la alcalinidad en este proceso, aumentando el pH para recuperar lo perdido en el proceso de la nitrificación.

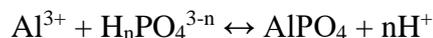
Si bien lo mencionado es un procedimiento biológico la remoción de nitratos (NO_3^-) puede ser removido mediante intercambio iónico usando resinas aniónicas de Cl^- (cloruros). Otros procesos de eliminación del nitrógeno en forma de nitrato son los procesos fisicoquímicos pero estos métodos solo trasladan el compuesto a otros ambientes. Pero existe alternativas biológicas para realizar la remoción de nitratos en el proceso de desnitrificación esto es usada en plantas de tratamiento mediante bacterias facultativas, mayormente este proceso se realiza en lagunas facultativas y filtros biológicos. Lo ideal es juntar proceso que permitan la eliminación de nitratos para una mejora de calidad de agua con alta eficiencia de remoción esto se lograría uniendo tratamientos mediante ciclos.

También se menciona la remoción de fosfato siendo la principal fuente de contaminación de fosfatos es por los detergentes usados en las actividades industriales, los efluentes sanitarios de la población debido a la expansión urbana y fertilizantes usados en la agricultura. Los fosfatos en función del fósforo (P) estimula el crecimiento de algas favoreciendo al proceso de eutrofización.

La remoción de fosfato se da cuando la concentración de fósforo presente de forma natural en fosfatos (PO_4^{3-}) se incorpora en sólidos biológicos mediante absorción en microorganismos o en precipitados químicos. Para ellos se usan coagulantes que entre los más comunes son el Calcio, el aluminio y fierro. Para el calcio tenemos la caliza $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Para el aluminio tenemos la alúmina o sulfato de aluminio que están presentes en muchas rocas silicatados.

La fórmula de remoción de fósforo con alúmina o sulfato de aluminio es:



Ocurren en el proceso el precipitado de fosfatos de aluminio.

El reactor biológico secuencial, (Sequencing Batch Reactor) SBR, por sus siglas en inglés es un sistema llamado lodos activados con sistema de llenado y vaciado. Utilizado para remover carga orgánica contaminantes, sedimentando y descargando en un solo proceso.

Es una tecnología en el tratamiento de efluentes residuales mediante cultivo en suspensión que se ha venido utilizando de forma satisfactoria en tanto en procesos de depuración urbana como industrial. Funciona de forma extensa con los siguientes pasos: llenado, reacción, sedimentación y vaciado. Durante la etapa de reacción se alternan condiciones aerobias y anóxicas para llevar a cabo los procesos de nitrificación y desnitrificación. Este proceso permite alcanzar concentraciones bajas de nitrógeno en el efluente, y a la vez de reducir los lodos formados (Muñoz Paredes, et al., 2013). En un inicio el objetivo de los SBR solo se centraba en la eliminación de materia orgánica, en las últimas décadas su uso se ha expandido y ahora puede eliminarse nutrientes como el nitrógeno y el fósforo así menciona Dautan, et al., (1988).

Llenado: En la figura 3., se puede apreciar un esquema de cómo funciona el reactor SBR, comenzando con la entrada del afluente que se va a tratar, si no tuviese un tratamiento previo debe pasar por un sedimentador primario. Aquí se pone en contacto a los microorganismos y el sustrato. El periodo finaliza cuando el tanque está lleno.

Mezclado-aireación: Etapa donde se produce las reacciones químicas (metabólicas) con la biomasa consume los nutrientes y materia orgánica en presencia de oxígeno. Aquí ocurre el procedimiento de nitrificación.

Sedimentación: En esta etapa se detiene la aireación, donde ocurre una separación entre el agua restante en la parte superior y los lodos en la parte inferior. La eliminación del efluente tratado no debe perturbar el lodo suspendido.

Purga y reposo: El lodo remanente es eliminado a un digestor presente.

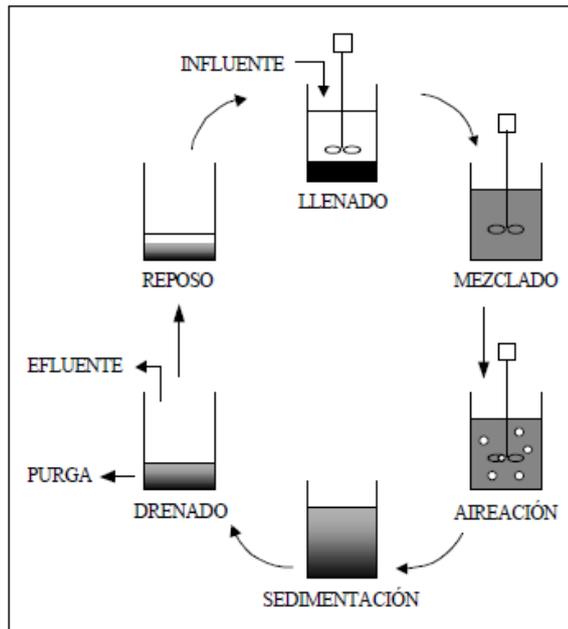


Figura 3. Esquema de un proceso cíclico de reactores secuenciales para eliminación del nitrógeno.

Fuente: Cervantes-Carrillo, et al., (2012)

Las aplicaciones del uso del reactor biológicos secuencial que indica la Societá trattamento acque S.r.l., (2017) son:

- Tratamiento de aguas domésticas residuales para pequeñas y medias poblaciones.
- Tratamiento a aguas residuales de agricultura e industrias alimentarias.
 - Industrias Lácteos.
 - Procesamiento de carnes
 - Elaboración de vino

Con respecto al diseño del reactor biológico secuencial es opcional conocer el caudal pero no quita de ser un factor importante en la primera fase del funcionamiento del reactor biológico secuencial ya que el tiempo de llenado depende del caudal de entrada. El caudal que opera en la planta de tratamiento es en promedio de 0.8 l/s, no considerándose este un caudal durante el proceso del reactor SBR.

El tiempo de retención celular es el tiempo en que las partículas de biomasa se mantienen en el reactor antes de ser retiradas de este (Orozco, 2005). Los valores recomendados se

encuentran entre 4 y 15 días, favoreciéndose con valores mayores a 10 días la capacidad de nitrificación del sistema (Bolzonella et al., 2005).

Importante mencionar el tiempo de ciclo operacional que es el tiempo en el que un sistema tarda en cumplir todas las operaciones de un proceso, comúnmente puede referirse en horas o días para procesos industriales.

Con respecto a la eficiencia de remoción es el porcentaje obtenido por la diferencia entre la concentración de nitratos y fosfatos, tanto anterior y posterior del tratamiento (afluente y efluente, respectivamente). Muestra la eficiencia luego de haber aplicado un proceso, como en este caso del reactor biológico secuencial y sus características.

$$\% \text{ Remoción} = \left(\frac{\text{Concentración de entrada} - \text{concentración de salida}}{\text{concentración de entrada}} \right) \times 100$$

Con respecto a los medios de soporte tenemos a la Arlita (arcilla expandida), un material de soporte usado comúnmente para construcción de y reparación de domicilios, también este medio de soporte es utilizado en biofiltros por su gravedad específica 1.5 a 1.6, su tamaño en milímetros 2.7 a 4.5 mm, en tipos de flujo descendente, aplicado para reducción de DBO, nitrificar y desnitrificar así menciona INDITEX, (2014).

Este árido ligero se usan para la depuración de aguas residuales de industrias con altas cargas orgánicas. Esto debido a su porosidad de 80 % y gran superficie específica de 4 m²/cm³ y una densidad aparente parecida a la del agua brinda un hábitat propicio para los microorganismo y su eliminación de la materia orgánica. (Elias, 2012).

Entre las principales propiedades de la arcilla expandida tenemos:

- Capacidad de intercambio catiónico (C.E.C). - Es la suma de todos los cationes que una arcilla puede adsorber al contacto directo con soluciones acuosas.
- Capacidad de adsorción. - Esta capacidad se relaciona entre la reacción química de la superficie y su porosidad de la arcilla. La adsorción de un líquido o de un gas (compuesto y átomos) se produce en la superficie de la arcilla.

Por otra parte la piedra pómez conocido también como pumita, es un mineral que proviene de las erupciones volcánicas. Su composición química se basa mayormente por alúmina y sílice, encontrándose SiO₂ y Al₂O₂. Esta roca posee alta porosidad casi un 72% según Ojeda Rosas, et al., (2003). Su densidad generalmente oscila de 0.4 a 0.9 g/cm³ y se encuentra de forma ovalada/esférica además tiene un bajo costo y utilizado últimamente para fabricación

de filtros así lo menciona Vasquez Perez, (2017). En el Anexo 7 se verifica un estudio de la composición química de la piedra pómez de procedencia.

Definiendo el medio de Soporte es el material u objeto físico sea inerte u orgánico que cumple dos objetivos: fijación de la biomasa y retención de sólidos. Pueden ser materiales de soporte fijo o móvil que están suspendidas y se mueven mecánicamente por acción del aire comenta Alvarez Sanchez, et al., (2015). La selección del material resulta del compromiso de dos exigencias contradictorias: granulometría fina, adecuada para la fijación de la biomasa, y granulometría grande para limitar la velocidad de colmatación del filtro.

El material de soporte es un componente que utiliza la Arlita o la piedra pómez para que las bacterias nitrificadoras y desnitrificadoras puedan adherirse y formar una biopelícula ayudando en los procesos de remoción de nitrato.

La biopelícula se define como un conjunto de microorganismos que está impregnado a una superficie debido a sus características biológicas que en este caso son fibra de polisacáridos llamado Glicocálix. Este componente es el actor principal en cualquier tratamiento de medio acuoso debido a que es el mecanismo de adherencia al soporte estabilizan la materia orgánica, nutrientes cuando se sumerge.

El oxígeno disuelto se encuentra en la etapa de aireación, y su existencia del oxígeno disuelto es predominante, indicando que los microorganismos se desarrollan favoreciendo el proceso de desnitrificación.

El potencial óxido-reducción (ORP) indica cuando un medio se encuentra en reducción u oxidación. Huacallo Y, (2017), menciona que este parámetro esta ligado con las concentraciones de nitratos y oxígeno disueltos. En esta investigación se usará como indicador físico en los reactores para cada tratamiento. Cuando el ORP es positivo y mayor o igual a 50 mV es que está trabajando en zonas aeróbicas. Y cuando los valores son negativos o menores a -50 mV trabaja en zonas anaeróbicas. Y en condiciones anóxicas oscilan entre valores positivos y negativos señala Fenoglio et.,al. (2001).

Partiendo de los conceptos y supuestos en el inicio del trabajo se plantea la siguiente cuestión como problema general: ¿cuál será la eficiencia de los medios de soporte en un reactor biológico secuencial (SBR) para la remoción de nutriente en aguas residuales, Villa Salvador,2019?

Por consiguiente se plantea las siguientes cuestiones específicas:

- ¿Cuál es el tiempo de ciclo operacional óptimo en un reactor biológico secuencial para la remoción de nutrientes en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019?
- ¿Cuál es el medio de soporte más eficiente en la remoción de nitratos y fosfatos en un reactor biológico secuencial (SBR) en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019?

En este sentido se justifica lo planteado, en lo social con la urbanización en proceso de expansión surge más la necesidad de la demanda del recurso agua, y con este su factor principal que es la calidad. Con el crecimiento de la población de las últimas décadas, existe un déficit hídrico en aumento por lo cual no debemos de desperdiciar el recurso de agua potable para riego o recreacional. Por ello se debe considerar nuevos métodos para cubrir la demanda social y cultural del agua, con nuevos tratamientos de las aguas residuales y el uso de estas. Mejorando la calidad de vida de las personas en los sistemas recreacionales.

Debe señalarse en el aspecto ambiental que el exceso de nutrientes no controlados tanto como nitratos y fosfatos en los efluentes de las aguas residuales domésticas debido a actividades antropogénicas e industriales conlleva a la eutrofización de ríos, mares, litoral costero y otras fuentes de agua superficiales o subterráneas proliferando el crecimiento de microalgas por lo cual este trabajo de investigación busca una manera amigable de remover los nutrientes de los efluentes antes de ser descargados, mejorando la calidad de agua descargada en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Si bien es cierto que en lo económico el reactor reduce el volumen de instalación dentro de una planta de tratamiento, debido al uso de un soporte de materia inerte como la arcilla expandida. Proporciona una superficie específica para el crecimiento de la biomasa que son los microorganismos que se encargaran de las reacciones oxidativas.

Al estar el soporte de materia inerte en movimiento dentro del reactor biológico no permite la colmatación de biomasa en la zona inferior por sedimentos, por el cual los costos por mantenimiento de se reducen a comparación con los tratamientos convencionales. Se evita también los problemas de atascamientos y periodos de limpieza, pues la materia inerte puede ser lavada y desechada.

Dentro del marco tecnológico los tratamientos convencionales han llegado al límite de presentar fallas técnicas en su mantenimiento, a esto se suma la falta de espacio que se necesita para realizar plantas de tratamiento con todos los procesos que le involucran.

Brinda nuevos recursos tecnológicos para su aplicación en el tratamiento y remoción de nutrientes contaminantes.

Los componentes y actividades en la remoción de nitratos y fosfatos mediante el reactor biológico secuencial con medio de soporte (SBR-MS) pueden ser ejecutados y aplicados por Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARs). Contribuye a poder tener como referencia un trabajo previo para futuras investigaciones.

Dentro de este orden de ideas se realiza la mención de las hipótesis partiendo de la general que es: los medios de soporte son eficientes en un reactor biológico secuencial (SBR) para la remoción de nutrientes en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019. Las hipótesis específicas que se derivan de la hipótesis anterior son:

- El tiempo de ciclo operacional óptimo es significativo para la remoción de nutrientes con los medios de soporte en un reactor biológico secuencial en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019.
- El medio de soporte más eficiente es significativo para la remoción de nitratos y fosfatos en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.

Partiendo de lo anterior se expone el objetivo general de: determinar la eficiencia de los medios de soporte en un reactor biológico secuencial para la remoción de nutrientes en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019. Y también los objetivos específicos:

- Determinar el óptimo tiempo de ciclo operacional para la remoción de nutrientes con los medios de soporte en un reactor biológico secuencial, en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019.
- Determinar el medio de soporte más eficiente para la remoción de nitratos y fosfatos en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada, es decir el propósito es la implementación de una tecnología para transformar y solucionar las tecnologías convencionales. El enfoque es cuantitativo pues utiliza la recolección de datos para su análisis correspondiente (estadístico) y de esta manera comprobar las hipótesis establecidas en la investigación señala Hernandez Sampieri, et al., (2014)

El diseño es experimental por que se utilizan conceptos básicos para explicar los problemas de aumento de nutrientes en los sistemas de tratamientos de aguas residuales. A la vez se analizan parámetros antes y después del reactor para ver la variación de las características químicas.

La investigación presente es de un nivel explicativo, según Carrasco Diaz, (2009) manifiesta que este nivel da a conocer las causas o factores que han dado origen de un hecho en estudio concreto ocurrido ya sea físico, social o en este caso, ambiental.

El presente trabajo se constituye de dos tratamientos, cada uno con un medio de soporte distinto, con tres repeticiones por tratamiento con distintos tiempos de retención hidráulica tal como se observa en la tabla 1.

En la investigación se utilizó el experimento bifactorial donde el factor 1: medios de soporte (arcilla expandida, piedra pómez y ambos materiales), factor 2: tiempo de ciclo operacional (4 horas, 6 horas y 8 horas), para tener mayor remoción de los nutrientes.

Para el número de muestras en este trabajo se determinó usando la siguiente fórmula:

$$N = a \times b \times (r + 1)$$

Donde:

a=Cantidad de tratamientos con medios de soporte distintos (Adimensional)

b= Tiempos de retención hidráulica (horas)

r: repeticiones o réplicas

N: número de muestras

Sustituyendo con nuestros datos:

$$a= 3; \quad b= 3; \quad r =2$$

Por tanto el número de pruebas o muestras es de:

$$N= 3 \times 3 \times (2+1)$$

$$N= 27 \text{ experimentos}$$

El esquema de la cantidad de muestras y su representación, siendo nivel bifactorial fue de 27 muestras. Los detalles de los datos se expresan en la tabla N ° 1

Tabla 1. Diseño experimental bifactorial

Tiempo de ciclo operacional	Medios de soporte		
	Piedra pómez (PP)	Arcilla Expandida (AE)	Arcilla expandida y Piedra pómez (AP)
4 horas	4PP-R1	4AE-R1	4AP-R1
	4PP-R2	4AE-R2	4AP-R2
	4PP-R3	4AE-R3	4AP-R3

6 horas	6PP-R1	6AE-R1	6AP-R1
	6PP-R2	6AE-R2	6AP-R2
	6PP-R3	6AE-R3	6AP-R3

8 horas	8PP-R1	8AE-R1	8AP-R1
	8PP-R2	8AE-R2	8AP-R2
	8PP-R3	8AE-R3	8AP-R3

Fuente: Elaboración propia,2019.

Cabe resaltar que para cada experimento se realizó el análisis tanto de la concentración de Nitratos y Fosfatos. En total se tendría una cantidad de 54 muestras para analizar.

A este respecto el diseño bifactorial correspondió también para los parámetros fisicoquímicos: pH, Temperatura, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto, y Potencial de Óxido-reducción.

2.2. Metodología del desarrollo de la investigación

Ubicación. - Para el desarrollo de la investigación, el reactor biológico cada uno con el medio de soporte distinto que se utilizaron se ubicaron en la Av. Juan Velasco Alvarado con cruce con la Av. Manuel Pastor Sevilla en Villa el Salvador, en la subgerencia de áreas verdes de la Municipalidad del mismo distrito.

Las coordenadas UTM de ubicación son:

X: 8649134,50 Sur

Y: 288084,26 Este

Altitud: 129 m.s.n.m.

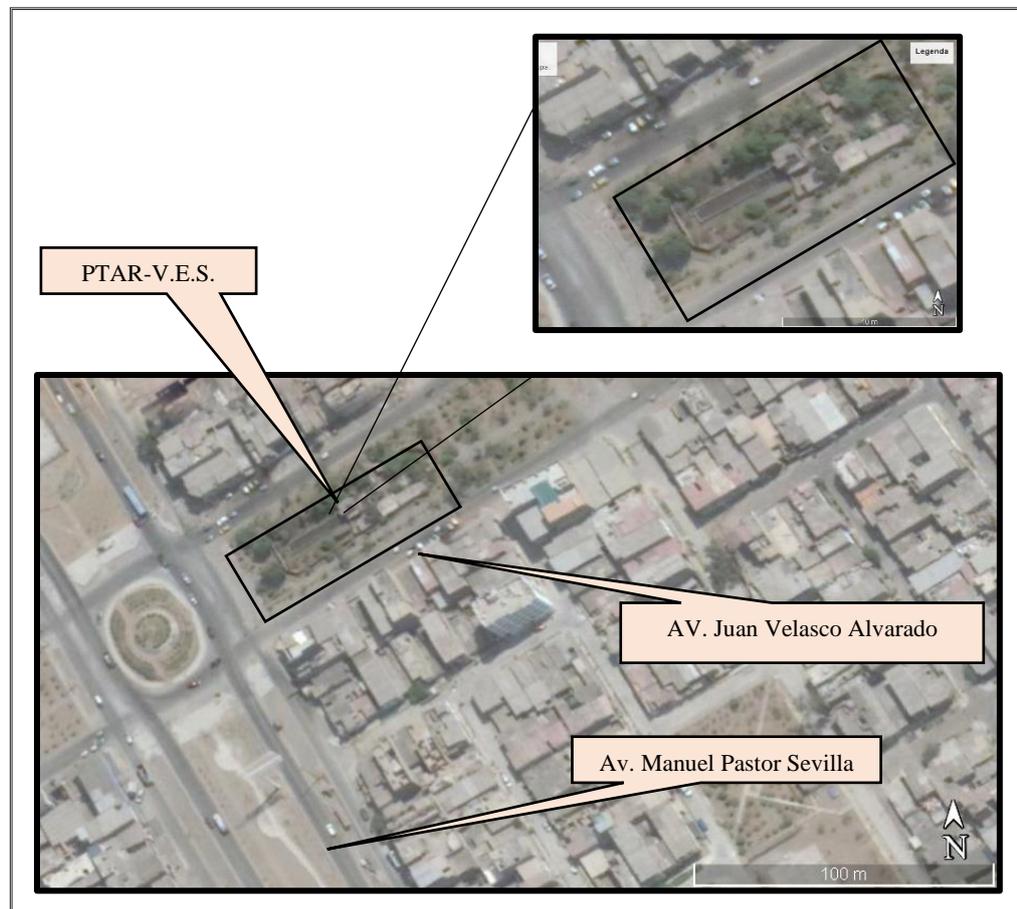


Figura 4. Ubicación de Área de estudio

Fuente: Elaboración Propia, 2019, Google Earth pro

2.2.1. Elaboración del RBS con medio de soporte (SBR-MS)

Sistema de reacción.

Estuvo constituido por un recipiente cilíndrico de polipropileno de una capacidad máxima de 23 litros con paredes laterales de 2 mm, con diámetro de 34.1 centímetros y altura de 38.3 cm. Se utiliza el material debido a los beneficios de durabilidad, resistencia a la luz solar y transparencia para la observación las fases de operación. Tal como se muestra en la figura 5. Se eligió la geometría cilíndrica en comparación a la rectangular debido a que en las esquinas no había un desempeño de los medios de soporte.

Se construyeron en total 3 de estos reactores debido al diseño de experimentación con 2 medios de soporte distinto y uno en combinación de ambos.

El total de volumen de la reacción fue de 16 litros, dentro de ello comprende el licor mezcla (agua residual a tratar y lodos activados) y el medio de soporte escogido.

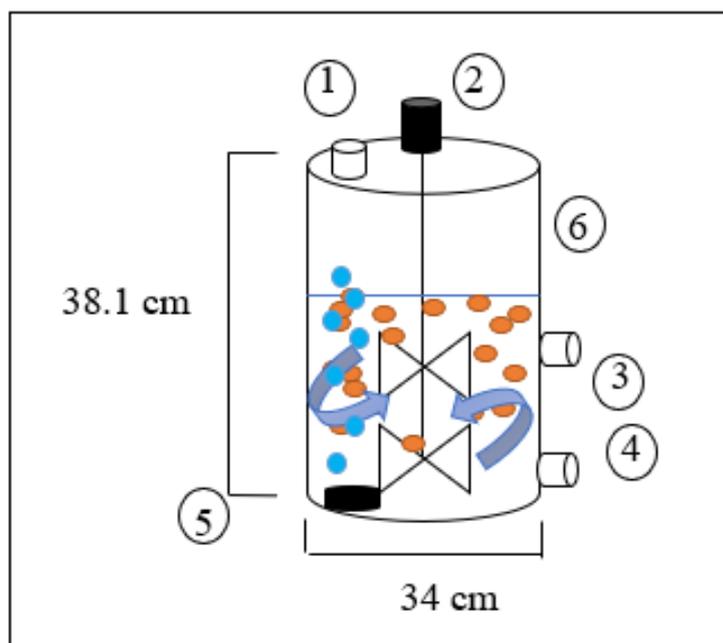


Figura 5. Esquema del reactor SBR con medios de soporte, sistema de aireación y de agitación.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Donde:

- 1: Afluente de agua residual de la PTAR.
- 2: Motor con sistema de agitación

3: Efluente de agua residual tratada.

4: Purga de lodos

5: Bomba de aireación.

Sistema de aireación

Estuvo conformado por un difusor de aire, para ello se utilizó una bomba de pecera de aire de marca SOBO, modelo SB-348A de 2 salidas, cada una con 4 L/min, en un total de 8 Litros por minuto, 240 litros por hora como se observa la figura 6, que se instaló en cada uno de los reactores biológicos mediante una manguera de plástico transparente de 5mm de diámetro, que está situado en la parte alta del reactor para una aireación uniforme en cada reactor y evitar la recirculación inversa del agua hacia las bombas de aire. Las tuberías fueron mangueras de material de polietileno.



Figura 6. Bomba de aire modelo SB-348A

Fuente: Elaboración propia,2019

Sistema de agitación

En este sistema (figura 7 y 8) se utilizó un motor de 24 voltios con máximo de 30 rpm sujetado con una varilla metálica antioxidante de 30 centímetros unido a dos hélices de material plástico para evitar oxidaciones. Las hélices estaban separadas por 15 centímetros. Este sistema fue atornillado en la tapa de polipropileno de cada reactor.



Figura 7. Sistema de agitación en un reactor SBR

Fuente: Elaboración propia,2019.



Figura 8. Barilla metálico con 2 hélices.

Fuente: Elaboración propia,2019.

Sistema de válvulas y tuberías

Azuaje M., et al., (2006) menciona que todas las válvulas serán manuales de 1/2", el material fue de plástico PVC para evitar oxidación durante el proceso. Las tuberías serán de manguera de 1/2", las cuales estuvieron conectadas hacia la entrada y salida de cada válvula, sujetadas

mediante abrazaderas de 5/8". Así se puede observar en la siguiente figura 9., las válvulas y tuberías usadas.



Figura 9. Válvulas de plástico de y tuberías de salida de ½" con abrazaderas.

Fuente: Elaboración propia,2019.



Figura 10. Reactor con salidas para toma de muestra y eliminación de lodos.

Fuente: Elaboración propia,2019.

Sistema de decantación

Se utilizaron válvulas de ½ (pulgada) sujetas con niples de ½", teflón, empaquetaduras de jebe, contratuercas de ½", mangueras con reducciones con rosca, para abrirla manualmente luego de la separación de lodo y el agua sobrenadante. Se realizó una perforación a 5 cm de

la base para el desfogue de los lodos residuales y a 22 cm de la base para el efluente y a la vez sirvió para la toma de muestras tal como se muestra en la figura 11.

Tanque de almacenamiento y alimentación

La unidad recibe el efluente del tratamiento previo de lodos activado de la PTAR de Villa el Salvador, teniendo el recipiente de polietileno una capacidad de 80 litros y la alimentación fue por gravedad para un caudal de 0.5 l/s.

2.2.2. Implementación del reactor biológico secuencial SBR

Preparación del agua a tratar

Se procedió a realizar una caracterización mediante la técnica de la observación del efluente del tratamiento de sedimentación de la planta de tratamiento, para ello se siguió el Protocolo de Monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, aprobado por R.M. N° 274-2013-VIVIENDA.

Aclimatación e inoculación

Debido a que la planta de tratamiento cuenta con un sistema de recirculación de lodos, se tomó los lodos proveniente de esta zona debido a que se encuentra aclimatizado. Se procedió a verter 4 litros de lodos Activados (figura 11) en cada reactor. Se escogió este volumen ya que en trabajos anteriores se toma en cuenta en utilizar el 30% del total de volumen a operar. Siendo la cantidad de 13 litros en total de licor mezcla en cada reactor, el 30% corresponde a 4 litros de lodos activados y 9 litros de la muestra agua residual mencionada anteriormente, como se puede observar en la figura 12.



Figura 11. Captación de lodos activados.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

También se realizó la caracterización de la arcilla expandida, y de la piedra pómez.



Figura 12. Toma de la muestra de agua residual

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Luego se inicia el funcionamiento del proceso en un ciclo de 6 horas, durante el lapso de 5 días para la aclimatación. Figura 13..



Figura 13. Lodos activados con los medios de soporte añadidos.

Fuente Elaboración propia, 2019.

Cantidad de medio de soporte

Los medios de soporte no pueden superar más del 50% del volumen total de operación del reactor, con el fin de evitar el atascamiento e inhibición de movimiento. Por ello se usó el volumen total de operación (16 litros) por el 20% de medios de soporte, siendo este valor 3.2 litros

Para conocer la los kilogramos a utilizar se utilizó la densidad de ambos materiales. Con la formula siguiente:

$$\frac{kg}{m^3} (\text{material}) \times m^3 (\text{volumen requerido}) = kg \text{ a utilizar}$$

Para la arcilla expandida (ARLITA)

Densidad : 273 kg/m³. Anexo 5

Volumen requerido: 3.2 litros = 0.0032 m³

Reemplazando:

$$274 \frac{kg}{m^3} \times 0.0032 m^3 = 0.88 kg$$

Para la piedra pómez (PUMITA)

Densidad : 400 kg/m³

Volumen requerido: 3.2 litros = 0.0032 m³

Reemplazando:

$$400 \frac{kg}{m^3} \times 0.0032 m^3 = 1.28 kg \text{ a utilizar}$$

Se lleva las cantidades correspondientes litros a cada reactor. Se virtió la arcilla expandida como material de soporte para la biomasa en uno y en el otro la piedra pómez. Para el 3 reactor se realizó la suma de densidad con igual volumen. Para ello se usó la fórmula siguiente:

$$Densidad \text{ con volumen igual } \left(\frac{m}{v}\right) = \frac{Densidad A \left(\frac{m}{v}\right) + Densidad B \left(\frac{m}{v}\right)}{2}$$

Siendo la densidad A de la Arcilla expandida (ARLITA) 273 k/m³ y de la piedra pómez 400 kg/m³.

Se tiene:

$$\frac{274 \frac{kg}{m^3} + 400 \frac{kg}{m^3}}{2} = 336.5 \frac{kg}{m^3}$$

Por ello para la arcilla expandida se usó :

$$336.5 \frac{kg}{m^3} \times 0.0032 m^3 = 1.08 kg$$

Y para la piedra pómez se usó:

$$336.5 \frac{kg}{m^3} \times 0.0032 m^3 = 1.08 kg$$

2.2.3. Operación de los reactores

Una vez obtenido las características de la biomasa dentro del reactor mezclada con la arcilla expandida (arlita), el otro con la piedra pómez (pumita) y el tercero de la combinación de ambos se procedió a verter mediante gravedad el efluente del tratamiento primario almacenado a través de un tubo PVC, y se procedió a operar como indica Vargas Rojas, et

al., (2008) el sistema de la figura 14 durante los tiempos requeridos en las dimensiones, dividido 3 fases detalladas a continuación en la tabla N ° 2.



Figura 14. Inicio del primer tratamiento co 4 horas.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Se realizaron dos tratamientos de cuatro fases durante la investigación para tener datos referenciados y representativos.

Tabla 2. Descripción de las etapas para cada tiempo de ciclo operacional.

Duración de las etapas (h)			Tiempo de ciclo operacional (h)
Anaerobio	Anóxico	Óxico	
0.5	2.5	1	4
1	3	2	6
1	4	3	8

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Toma de muestras del afluente y efluente

Para el parametro de Nitratos y fosfatos inicial

Se tomaron una muestra del efluente del tratamiento que se realiza en la planta de tratamiento, es decir antes de la experimentación. Como indicado en la tabla 1 se tomaron las 27 muestras para el analisis de nitrato.

Se etiquetan las muestras, y se rotula de manera correcta, reportando resultados y observaciones.

Para el oxígeno disuelto (OD)

Para la reacción del reactor: Se determinó mediante multiparámetro HACH HQ40D previamente calibrado, en el efluente de los reactores de biológicos secuenciales con los tres tratamientos.

Se hizo revisión del oxígeno disuelto para conocer los procesos de nitrificación (durante la aireación) y desnitrificación (durante la sedimentación).

Para la temperatura (T°)

Se tomó la muestra in situ como indica el protocolo de muestreo de aguas residuales. Se utilizó un multiparametro portátil de marca HACH modelo HQ40D, se puede apreciar en la figura 15. Una medida antes de los tratamientos y luego del tratamiento final.

Para la conductividad eléctrica (CE)

Este parámetro recae en la cantidad de sales que se encuentran en una solución, para este trabajo de investigación se requirió también multiparametro HACH HQ40D, para las mediciones finales en efluente de los reactores secuenciales.

Para el pH

Siendo un parámetro de vital importancia en el tratamiento de aguas residuales se tomó la medida del potencial hidrógeno antes y después del efluente de los reactores con cada tratamiento, se realizó la medida in-situ con un multiparámetro HACH HQ40D.



Figura 15. Multiparametro Modelo MQ40d, utilizado para la medición de parámetros fisicoquímicos.

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Para la toma de todos los parámetros Fisicoquímicos (O.D, Conductividad eléctrica, pH, Temperatura y O.R.P.) con el mutiparámetro HACH, como se observa en la Fig. 15.



Figura 16. Procedimiento de medición de parámetros fisicoquímicos

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para los Nitratos y Fosfatos

Para la toma de muestras (figura 17) de los parámetros nutrientes se realizó mediante el protocolo de monitoreo de calidad de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR, aprobado mediante R.M. N° 273-2013 – MVCS.



Figura 17. Toma de muestra del primer tratamiento con 4 horas.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

2.2.5. Determinación de la concentración de nitratos y fosfatos

Para el análisis del Nitratos y fosfatos, se obtuvo las pruebas después del tratamiento realizado por el SBR, se recogerán y almacenaron previamente para su posterior análisis.

Luego se expidió las muestras para su análisis en un laboratorio acreditado por INACAL (Instituto nacional de Calidad) en este caso fue en los laboratorios SGS del Perú S.A.C., siguiendo el método apropiado para el análisis de esta característica.

Una vez obtenidos los datos de concentraciones de nitratos y fosfatos del afluente (dato inicial) y efluente se procedió a calcular la eficiencia de remoción.

2.2.6. Procedimiento de la investigación

En la parte de procedimiento se detalla la metodología mediante un diagrama de flujo, presentando los pasos más importantes y que definen la determinación el análisis de datos: como la construcción de los reactores donde se realizó el proceso y la toma de muestras.

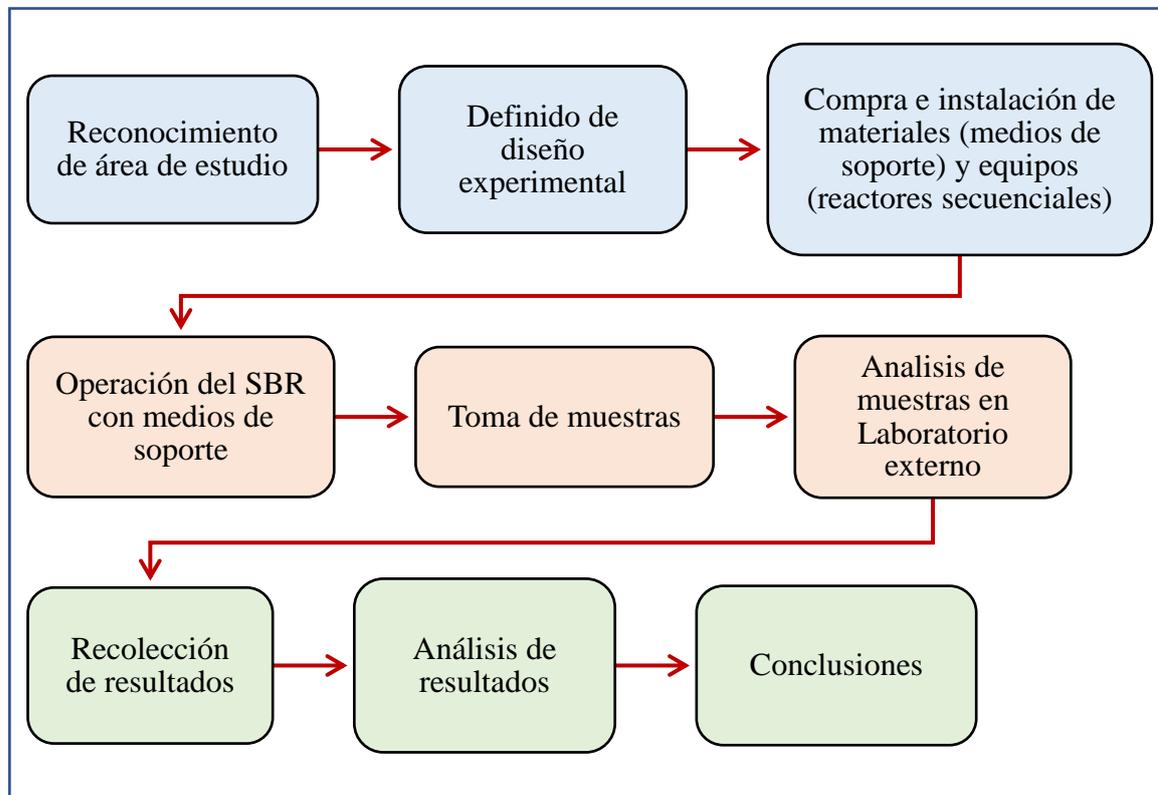


Gráfico 1. Diagrama de flujo de metodología para remover nitratos y fosfatos

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Se puede verificar en el gráfico 1 que los primeros 3 pasos de color azul, corresponden a la planificación y elección de métodos para el estudio de investigación. Luego de ello se observa los pasos de acción del proyecto, donde se realiza la operación y recolección de muestras. Para último obtener los datos y transformarlo en información para la síntesis del proyecto.

2.3. Operacionalización de variables

Tabla 3. Matriz de operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Independiente	Los medios de soporte son materiales o piezas pequeñas inertes, que se encuentran suspendidas y que son movidas por acción de una fuente de aire o mecánica sirviendo como medio de adsorción y adherencia de microorganismos y son controlados en distintos tiempos ciclo operacional (Alvarez Sanchez M.D., et al., 2015)	La eficiencia del tratamiento óptimo en un reactor biológicos secuencial (SBR) se determinó en 2 dimensiones: -Identificando el medio de soporte óptimo entre la Arlita y la Pumita. -Tiempo de ciclo operacional óptimo (Tiempo A, B, C, son 4, 6, 8 hroas respectivamente)	Identificación del Medios de soporte	Piedra pómez (Pumita)	kg
Eficiencia de medios de soporte en un reactor biológico secuencial (SBR)				Arcilla expandida (Arlita)	kg
				Arlita y Pumita	kg
			Tiempo de ciclo operacional	Tiempo A	horas
Tiempo B				horas	
Tiempo C				horas	
Dependiente	La remoción de nutrientes es la disminución o eliminación de concentración de los parametrsos de nitratos y de fosfatos en simultaneo por la tecnología de SBR en discontinuo. Aqui se realiza la nitrificación y desnitrificacion para el nitrógeno y la obtención de polifosfatos en la eliminacion de Fósforo.(desnitrificación).(Singh, M & Srivastava, R.K., 2011)	La remoción de nutrientes tanto (nitratos y fosfatos) de las aguas residuales de Villa el Salvador se verifica mediante 2 dimensiones : -El porcentaje de remoción de nitratos y de fosfatos. - Y las propiedades fisicas.	Propiedades físico-químicas	pH	0-14
Remoción de nutrientes en aguas residuales				Oxígeno disuelto	mg/l
				Conductividad eléctrica	µs/cm
				Potencial de Óxido Reducción	mV
				Temperatura	C°
			Porcentaje de remoción de nitratos	Concentración inicial de nitratos NO ₃ ⁻	ppm
				Concentración final de nitratos NO ₃ ⁻	ppm
				Eficiencia	$\frac{C.i. - C.f.}{C.i.} \times 100$
Porcentaje de remoción de fosfatos			Concentración inicial de fosfatos PO ₄ ³⁻	ppm	
			Concentración final de fosfatos PO ₄ ³⁻	ppm	
			Eficiencia	$\frac{C.i. - C.f.}{C.i.} \times 100$	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

La población que se consideró son el volumen del efluente del tratamiento primario por día, es decir del reactor de manto de lodos activados de la planta de tratamiento el cual comprende 11,3 m³ por hora, tratando así al día 11 304 litros por hora.

2.4.2. Unidad de análisis

Para determinar los parámetros químicos iniciales del efluente del tratamiento secundario de sedimentación y de las muestras del efluente de los tratamientos seguido por el protocolo se utilizó 100 ml como unidad de análisis.

2.4.3. Muestra

La muestra empleada es no probabilística, Hernandez Sampieri, et al., (2014) menciona, "...las muestras no probabilísticas son esenciales en los diseños de investigación correlacionales-causales, en que las unidades o elementos muestrales deben ser representativos con los de la población, así pues, las mediciones en el subconjunto brindarán estimados más precisos del conjunto mayor..."

Teniendo en cuenta lo anterior, la muestra total fue de 27 litros del efluente de agua residual procedente del segundo tratamiento de la PTAR; 500 ml de la muestra fue para los análisis iniciales considerando que se realizó 3 tratamientos y en cada uno se vertió 9 litros de agua residual.

2.4.4. Toma de muestra

La metodología que se ha utilizado para el recojo de muestra se basó en el Protocolo de Monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, aprobado por R.M. N° 274-2013-VIVIENDA.

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

2.5.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada es la observación experimental y recolección de datos siguiendo el protocolo de monitoreo de aguas para plantas de tratamiento tales como la ubicación del punto de monitoreo, cadena de custodia y reporte de resultados del monitoreo de efluente /

afluente del reactor biológico secuencial (SBR). Los instrumentos utilizados fueron las siguientes:

- Instrumento 1. Inspección de medios de soporte en Reactor Biológico Secuencial (SBR). **Anexo 1**

Formato de redacción propia donde se registró las características principales de los medios de soporte (piedra pómez y arcilla expandida) en el reactor secuencial, tales como granulometría, textura, color, densidad y composición química.

- Instrumento 2. Inspección del diseño de los reactores Biológicos Secuenciales SBR. **Anexo 2**

Formato de redacción propia donde se registraron características del diseño como altura del reactor, diámetro, volumen, presencia de difusores de oxígeno, tiempo de ciclo operacional y la velocidad de agitación antes del tratamiento del reactor según lo señalado en la operacionalización de variables para la remoción de nutrientes.

- Instrumento 3. Registro de cadena de custodia. **Anexo 3**

Formato redactado por elaboración propia para registrar el horario, fecha, ingreso o salida, volumen requerido, tipo de envase, parámetros analizados y observaciones si es que se presentaron cuando se recogió las muestras de los reactores biológicos secuenciales, todo esto señalado en la operacionalización de variables.

- Instrumento 4. Reporte de resultados del análisis del efluente del Reactor biológico secuencial con medios de soporte (SBR). **Anexo 4**

Formato redactado por elaboración propia donde se registró los resultados obtenidos del análisis de los efluentes del reactor, tanto de los nitratos como de los fosfatos que sirvió como base de datos para el respectivo análisis estadístico de nitratos y fosfatos.

Para un mayor alcance de la relación entre los procesos de la investigación, las técnicas y los instrumentos se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Tabla de técnicas e instrumentos de la investigación

ETAPA	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Elaboración de los 3 tratamientos	Área de estudio	Observación	Inspección medios de soporte en reactor biológico secuencial (SBR)	Características para usar de los medios de soporte
Implementación del SBR con medios de soporte	Área de estudio	Observación	Inspección del diseño de los reactores biológicos secuenciales (SBR) con los medios de soporte	Reactores construidos e implementados
Operación del SBR	Área de estudio	Observación	-----	Remoción de nitratos y fosfatos
Toma de muestras del afluente y efluente del SBR	Área de estudio	Observación	Registro de Cadena de Custodia	Caracterización del agua a tratar.
Determinación de la concentración de Nitratos y fosfatos	Laboratorio acreditado	Observación	Reporte de resultados de efluentes del sistema con medios de soporte SBR	Concentración del afluente y efluente del reactor SBR

Fuente: Elaboración propia, 2019.

2.5.2. Validez

Para este caso la validación de instrumentos, fichas de registro de datos fue sometido mediante el juicio de expertos. Carrasco Diaz, (2009) menciona que un instrumento es válido cuando está dentro sus funciones la acción de medir, es decir permite extraer datos que necesitamos conocer. Se consideró el juicio de tres expertos con trayectoria profesional y ética en el tema de estudio. Como Escobar y Cuerdo (2008) menciona se debe considerar la experiencia de los expertos.

Para los instrumentos realizados en la presente investigación fue aprobado por tres expertos relacionados al tema, los cuales se menciona a continuación:

Especialista 1: Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo

CIP: 43444

Promedio de valoración: 85%

Especialista 2: Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio

CIP: 25450

Promedio de valoración: 85%

Especialista 3: Dr. Jiménez Calderón, César Eduardo

CIP: 42355

Promedio de valoración 85%

2.5.3. Confiabilidad

Carrasco Diaz, (2009) hace mención que la confiabilidad es la propiedad de un instrumento de medición, que permite tener similares resultados, pero no iguales, si se aplica una o mas veces al mismo trabajo de investigación en distinto tiempo. La confiabilidad indica el grado de aceptabilidad y valoración de la validez de los instrumentos.

El trabajo de investigación es confiable por la aprobación de los 3 especialistas y por el registro de datos que se realizó en los instrumentos y fichas que se utilizaron. También es muestra de exactitud en la toma de datos, por ello cabe señalar el proceso de análisis realizado en laboratorios SGS S.A.C. con registro OI-006 con la norma evaluada NTP-ISO/IEC 17020:2012.

2.6. Método de análisis de datos

Para el análisis de la cantidad de contaminantes provenientes de los efluentes de la PTAR y de los efluentes tratados mediante distintos medios de soporte en tiempos diversos en un sistema de reactor biológico secuencial se utilizó indicadores estadísticos, la herramienta que se utilizó fue el programa Microsoft Excel, además se realizó un análisis de varianza de medias mediante el método estadístico Kruskal-Wallis y de Tukey.

Análisis descriptivos: Se realizó con base de la estadística descriptiva en los programas Microsoft Excel y SPSS Statistics 23 para obtener promedios y cálculos necesarios para el procesamiento de datos e información.

Análisis estadístico: Se utilizó la prueba de normalidad Shapiro Wilk y de varianza Tukey y Kruskal-Wallis, con el nivel de 95% de significancia, que con una media representativa, habiéndose tomado para ello las concentraciones iniciales y finales de cada nutriente, en este caso para los nitratos y fosfatos que están presentes en las muestras del efluente, aplicando tiempos de ciclos operacionales distintos con medios de soporte distintos. A la misma vez se utilizó la prueba de normalidad de las concentraciones finales y de los datos de porcentaje de remoción de nitratos y fosfatos donde se dio a conocer su distribución normal.

Método observación: Se realiza mediante la observación, registro y análisis de las variables que intervienen en la investigación sobre modelos y ambientes artificiosamente creados para facilitar la manipulación de estas.

Revisión de la bibliografía: Para considerar datos e información de trabajos previos para las discusiones, y comparación de resultados.

Para hallar la eficiencia de remoción se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ remoción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Donde:

C_i: Concentración inicial (mg/l)

C_f: Concentración final (mg/l)

2.7. Aspectos éticos

La presente investigación del proyecto de tesis, titulado “Eficiencia de medios de soporte en un reactor biológico secuencial (SBR) para la remoción de Nitratos y Fosfatos de aguas residuales, Villa el Salvador, 2019”, se respetó la confidencialidad de información, teniendo en cuenta que se utilizó para fines académicos destinados a la investigación científica para la finalización del proyecto de investigación.

Así mismo se respetó los criterios éticos de veracidad, autenticidad y originalidad.

III. RESULTADOS

3.1. Análisis inicial del efluente del tratamiento secundario de la PTAR- Villa el Salvador

A continuación como se observa en la tabla 5 se muestra las características de las aguas residuales de la PTAR de manera preliminar. Fueron realizadas mediante multiparámetro HACH HQ40d calibrado con certificado LA264-2019.

Tabla 5. Resultados de análisis preliminar al tratamiento.

Estación	Parámetro	Cantidad	Unidad de medida
MEP-01	Nitratos	228.44	mg/L
	Fosfatos	45.51	mg/L
	pH	5.94	Unidad pH
	Temperatura	19.9	°C
	Conductividad eléctrica	1457	μS/cm
	Oxígeno Disuelto	7.87	mg/L
	Potencial de óxido reducción	+27.3	mV (+/-)

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación: De la tabla 5, el parámetro pH esta fuera los límites permitidos en la norma nacional, establecido en el D.S. 003-2010-MINAM. Mientras que los parámetros medidos como Conductividad eléctrica, oxígeno disuelto para la categoría 4 de conservación del medio acuático del D.S. 004-2017-MINAM de los estándares de calidad ambiental (ECA) la superan.

3.2. Resultado general de Nitratos y Fosfatos para los 3 tipos de tratamiento con ciclo operacional de 4, 6 y 8 horas.

Tabla 6. Resultados generales con repeticiones de los medios de soporte en distintos tiempos.

REPORTE DE RESULTADOS DEL SISTEMA SBR CON MEDIOS DE SOPORTE													
Horas de tratamiento	Repeticiones	Reactor con Piedra Pómez				Reactor con Arcilla Expandida				Reactor arcilla expandida/ piedra pómez			
		Nitrato		Fosfato		Nitrato		Fosfato		Nitrato		Fosfato	
		C. inicial (mg/L)	C.Final (mg/L)	C. inicial (mg/L)	C.Final (mg/L)	C. inicial (mg/L)	C.final (mg/L)	C. inicial (mg/L)	C.final (mg/L)	C. inicial (mg/L)	C.final (mg/L)	C. inicial (mg/L)	C.final (mg/L)
4	1	228,44	214,163	45,51	18,02	228,44	211,532	45,51	34,116	228,44	214,367	45,51	30,653
	2	228,44	216,748	45,51	30,041	228,44	210,93	45,51	34,217	228,44	213,02	45,51	29,478
	3	228,44	213,158	45,51	26,961	228,44	210,843	45,51	32,132	228,44	213,167	45,51	30,027
6	1	228,44	222,012	45,51	28,338	228,44	209,436	45,51	33,382	228,44	213,015	45,51	23,567
	2	228,44	220,055	45,51	27,329	228,44	211,184	45,51	38,301	228,44	198,181	45,51	25,75
	3	228,44	215,938	45,51	15,696	228,44	210,275	45,51	31,054	228,44	214,188	45,51	32,916
8	1	228,44	201,88	45,51	30,605	228,44	186,371	45,51	25,967	228,44	194,737	45,51	25,957
	2	228,44	202,238	45,51	12,487	228,44	186,811	45,51	23,995	228,44	212,928	45,51	30,855
	3	228,44	202,273	45,51	21,98	228,44	187,292	45,51	26,778	228,44	199,44	45,51	25,088

Fuente: Elaboración propia, 2019.

3.3. Resultado de análisis fisicoquímicos completos aplicando tratamientos

Tabla 7. Resultado de los principales parámetros fisicoquímicos

REPORTE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL SISTEMA SBR CON MEDIOS DE SOPORTE

MEDIO DE SOPORTE: PIEDRA PÓMEZ						
Horas de tratamiento	Repeticiones	pH	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	O.R.P. (mV)
4	1	7,05	18	1780	6,46	-46,5
	2	7,1	20,5	1790	6,45	-50,6
	3	7,12	18,5	1791	6,53	-44,8
6	1	6,85	21,9	1828	6,48	-39,8
	3	7,12	20,5	1785	6,54	-36,9
	4	7,24	23,3	1787	6,48	-30,7
8	1	7,65	22,1	1795	6,51	-45,8
	2	7,23	21,9	1800	6,59	-36,4
	3	7,42	21,7	1826	6,46	-35,1
MEDIO DE SOPORTE: ARCILLA EXPANDIDA						
Horas de tratamiento	Repeticiones	pH	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	O.R.P. (mV)
4	1	7,35	18,20	1327	1,91	-46,00
	2	7,20	18,90	1330	1,93	-47,13
	3	7,23	19,30	1336	1,83	-46,07
6	1	7,15	19,70	1360	1,96	-49,35
	3	7,12	21,20	1344	2,03	-51,66
	4	7,21	18,80	1346	2,01	-48,99
8	1	7,40	21,20	1321	1,98	-51,12
	2	7,30	18,00	1316	1,92	-49,23
	3	7,26	19,00	1314	1,89	-48,75
MEDIO DE SOPORTE: PIEDRA PÓMEZ Y ARCILLA EXPANDIDA						
Horas de tratamiento	Repeticiones	pH	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	O.R.P. (mV)
4	1	7,38	20,5	1512	4,57	-52,4
	2	7,40	20,1	1575	4,76	-50,6
	3	7,30	19,7	1590	4,83	-53,6
6	1	7,48	19,8	1589	4,90	-54,4
	3	7,31	21,2	1620	4,66	-54,8
	4	7,47	19,6	1579	4,86	-57,3
8	1	7,56	18,5	1563	4,72	-56,7
	2	7,48	16,4	1549	4,75	-56,8
	3	7,34	21,5	1560	4,69	-59,3

Fuente: Elaboración propia, 2019.

3.4. Resultado del tiempo de ciclo operacional para cada tratamiento de medios de soporte distintos y combinados

Del primer tratamiento (piedra pómez):

Los resultados de este se observan en la tabla 6 con los parámetros medidos.

Tabla 8. Promedio de resultados del primer tratamiento con piedra pómez

Horas	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	pH	T (°C)	C.E. (μS/cm)	O.D. (mg/L)	O.R.P. (mV)
4	214,690	25,007	7.09	19	1787	6.48	-47.3
6	219,335	23,788	7.07	21.9	1800	6.50	-35.8
8	202,130	21,691	7.43	21.9	1807	6.52	-39.1

Fuente: Elaboración propia, 2019.

A continuación se mostrarán los gráficos para dar manifestación y un mayor alcance de cada prueba:

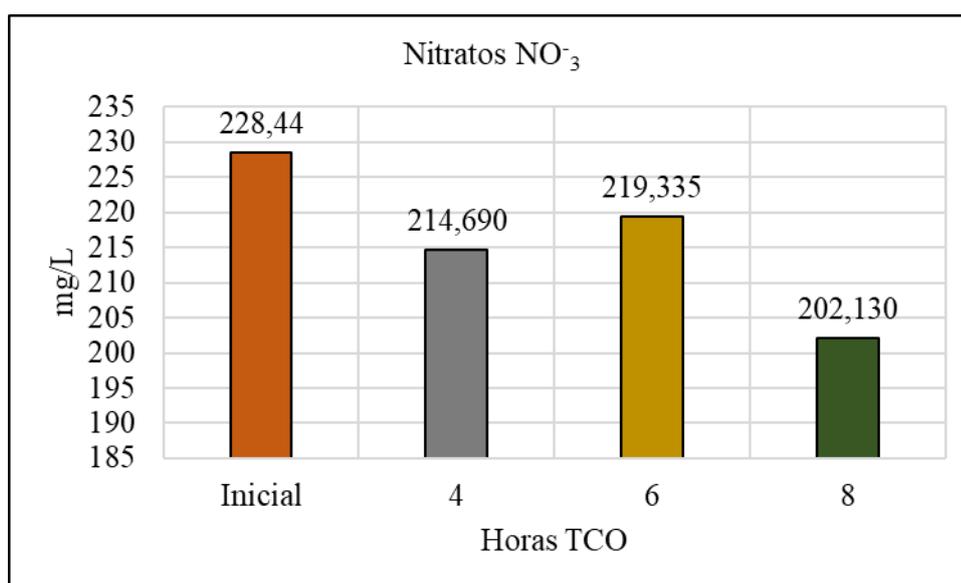


Gráfico 2. Resultados de pre y post tratamiento con piedra pómez de Nitratos

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – Se evidencia en el gráfico 2 una disminución de la concentración de Nitratos, es decir ocurre un proceso de desnitrificación de este compuesto, y en el tiempo de operación de 8 horas disminuye hasta 202.130 mg/L. La eficiencia del medio des soporte de piedra pómez en distintos tiempos de operación, fueron calculados de la siguiente manera:

$$\% \text{ remoción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Para 4 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{228.44 - 214.690}{228.44} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 6.02 \%$$

Para 6 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{228.44 - 219,335}{228.44} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 3.99 \%$$

Para 8 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{228.44 - 202,130}{228.44} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 11.52 \%$$

Interpretación. – Estos resultados dan a conocer la eficiencia del primer medio de soporte para la remoción de nitratos NO_3 , que fue la piedra pómez donde se observa un porcentaje de remoción en aumento mientras el tiempo de ciclo operacional es mayor.

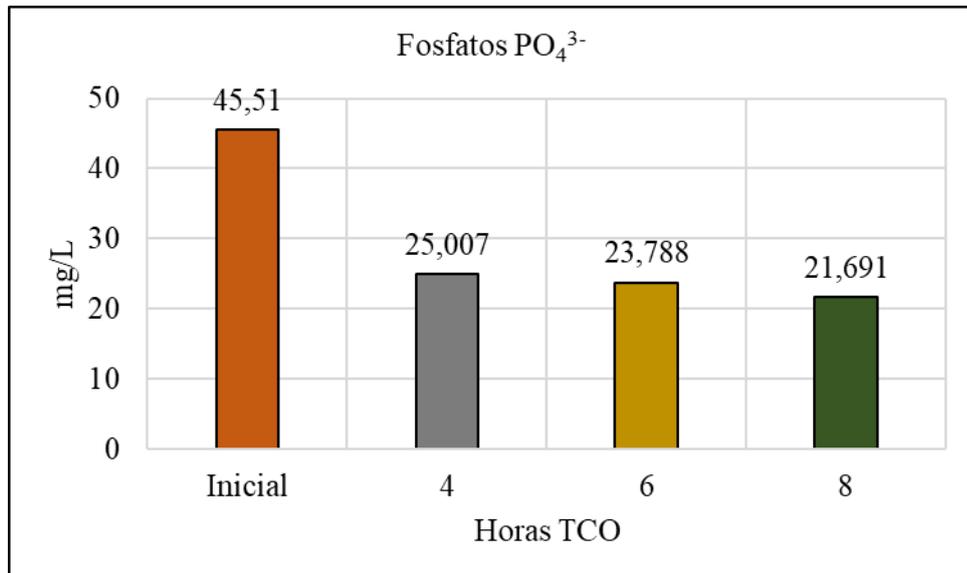


Gráfico 3. Resultados de pre y post tratamiento con piedra pómez de Fosfatos

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – En el gráfico 3, se ve una progresiva disminución de concentración de fosfatos, tanto para las tres horas de ciclos utilizados, también nótese que mientras aumenta las horas de ciclo operacional, disminuye la concentración.

La eficiencia del medio des soporte de piedra pómez en distintos tiempos de operación, fueron calculados de la siguiente manera:

$$\% \text{ remoción} = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100$$

Para 4 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{45.51 - 25.007}{45.51} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 45.05 \%$$

Para 6 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{45.51 - 23.788}{45.51} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 47.73\%$$

Para 8 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{45.51 - 21.691}{45.51} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 52.34 \%$$

Interpretación. – Como se observa en los resultados de remoción de fosfatos hay una notable eliminación de hasta el 52.34% en el tiempo de 8 horas, a comparación de menor tiempo de operación.

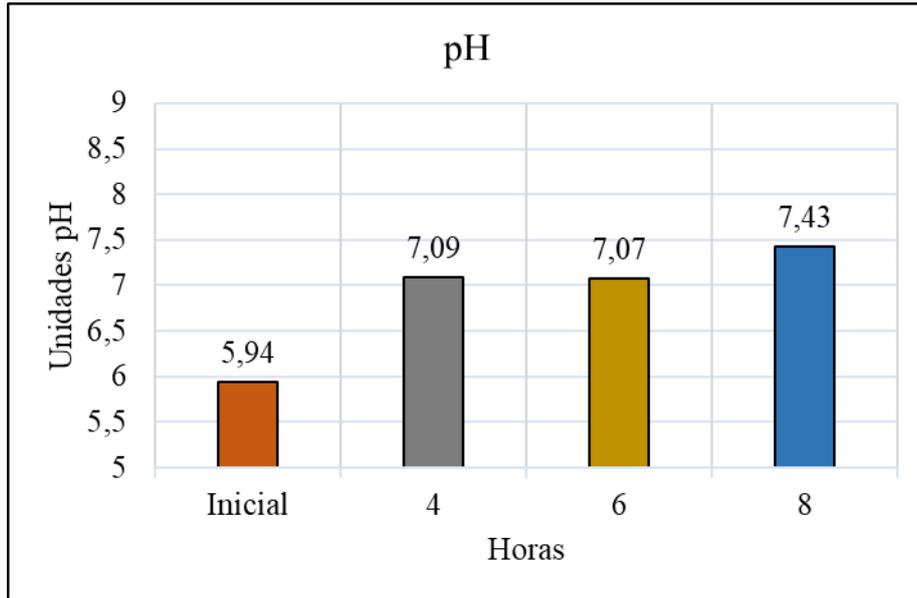


Gráfico 4. Resultados de pre y post tratamiento de pH

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – En el gráfico 4 se observa un aumento de las unidades de pH, para los 3 tiempos de ciclo operacional, indicando que hay una estabilidad del pH para el medio de soporte de piedra pómez.

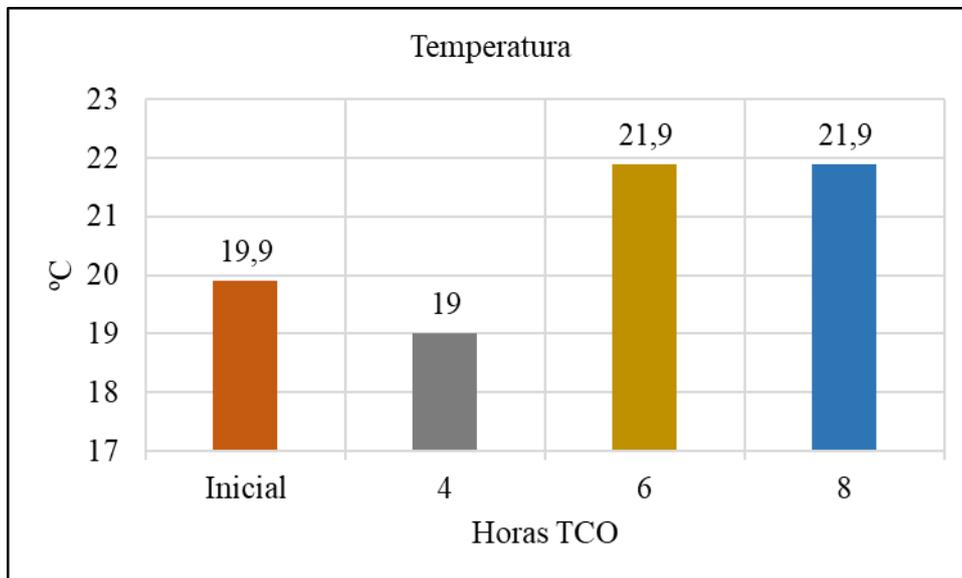


Gráfico 5. Resultado pre y post tratamiento de Temperatura

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – se puede observar del gráfico 5 que la temperatura se mantiene constante en la operación de 4 horas, mientras que en las horas 6 y 8, hay un ligero aumento de 2 grados centígrados (°C).

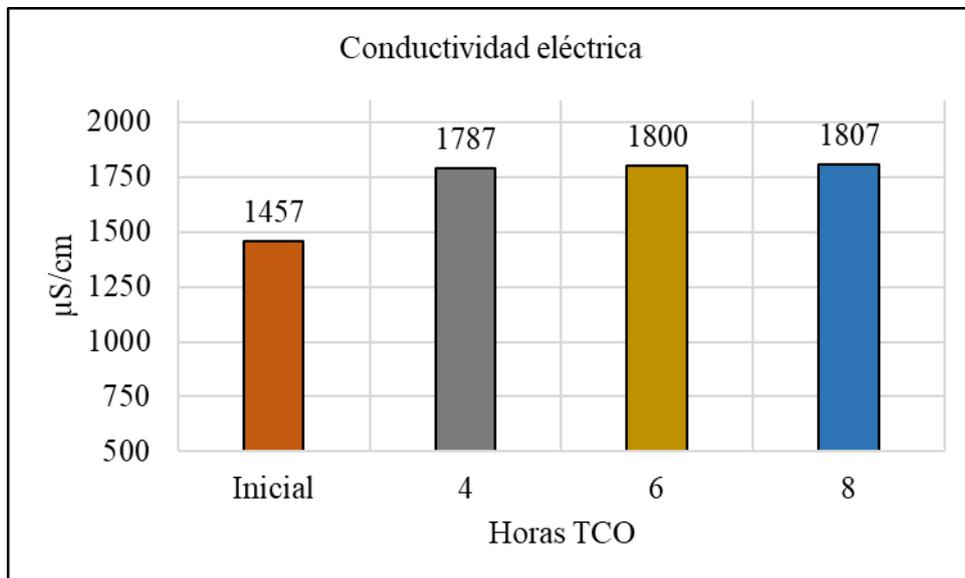


Gráfico 6. Resultados pre y post tratamiento de la Conductividad eléctrica

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. – Del gráfico 6. se observa que la conductividad eléctrica aumenta hasta tope de 1807 $\mu\text{S/cm}$ con el ciclo de operación de 8 horas.

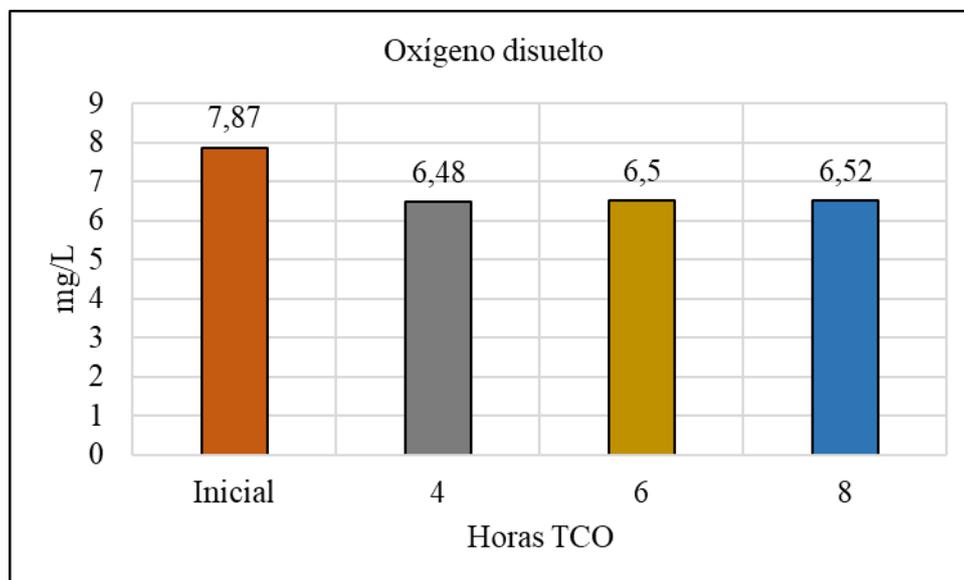


Gráfico 7. Resultado pre y post tratamiento del oxígeno disuelto

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – En el gráfico 7, se observa que la concentración de oxígeno disuelto disminuye para los 3 tiempos de operación y se mantiene constante.

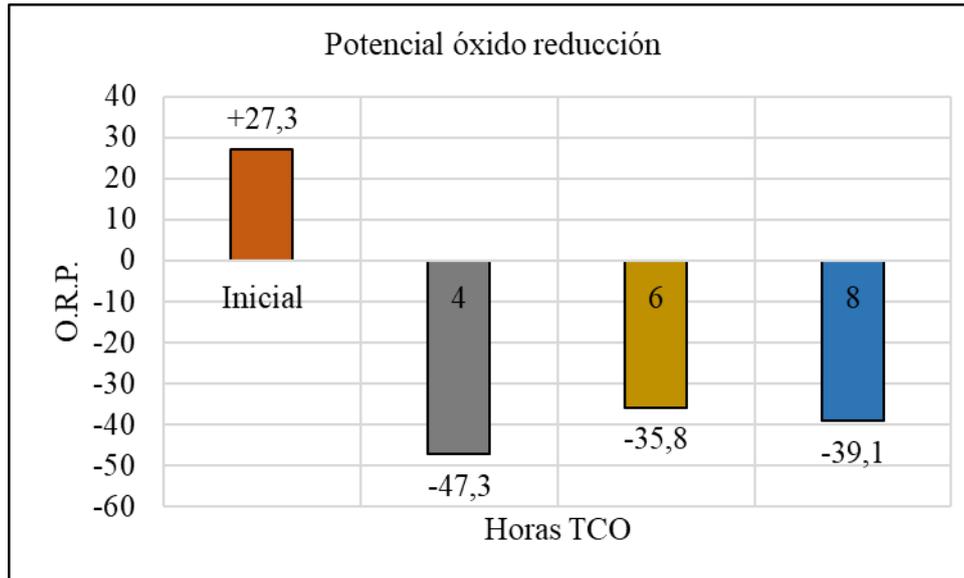


Gráfico 8. Resultado pre y post tratamiento de O.R.P.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – En el gráfico 8, se verifica el cambio de 27.3 mV de la muestra inicial a un rango de -35.8 a -47.3, indicándonos que está ocurriendo procesos de reducción, esto guarda relación en la solución del agua como ejemplo que está ocurriendo un proceso de reducción del agua generando OH^- , es decir alcalinizando la solución

Del segundo tratamiento (arcilla expandida):

Los resultados de este se observan en la tabla N°6 con los parámetros medidos.

Tabla 9. Promedio de resultados del segundo tratamiento con arcilla expandida

Horas	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	pH	T (°C)	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	O.D. (mg/L)	O.R.P. (mV)
4	211,102	33,488	7.26	18.8	1331	1.89	-46.4
6	210,298	34,246	7.16	19.9	1350	2.00	-50
8	186,825	25,580	7.32	19.4	1317	1.93	-49.7

Fuente: Elaboración propia, 2019.

A continuación se mostrarán los gráficos para dar manifestación y un mayor alcance de cada prueba:

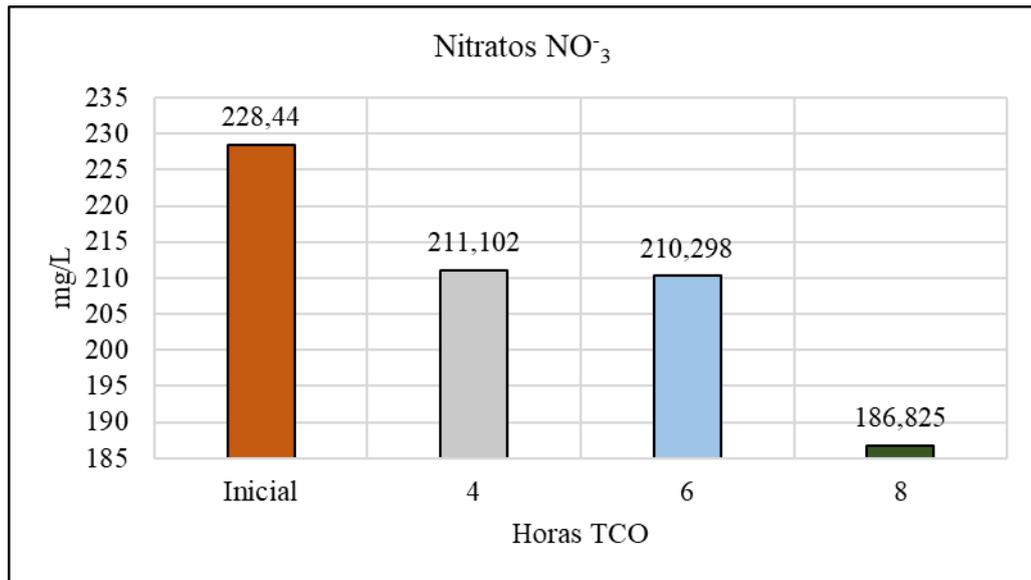


Gráfico 9. Gráfico de pre y post tratamiento con arcilla expandida de Nitratos

Fuente: Elaboración propia. 2019

Interpretación. – Se identifica en el gráfico 9., que la disminución de Nitratos es mayor en este tratamiento para el tiempo de ciclo operacional de 8 horas, demostrando en un primer momento las hipótesis específicas.

La eficiencia del medio de soporte de arcilla expandida en distintos tiempos de operación para remoción de nitratos, fueron calculados de la siguiente manera:

$$\% \text{ remoción} = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100$$

Para 4 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{228.44 - 211.102}{228.44} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 7.59 \%$$

Para 6 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{228.44 - 210.298}{228.44} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 7.94 \%$$

Para 8 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{228.44 - 186.825}{228.44} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 18.22 \%$$

Interpretación. – Como se observa en los resultados de los cálculos para un tiempo de 8 horas se obtiene el mayor porcentaje de remoción con este medio de soporte.

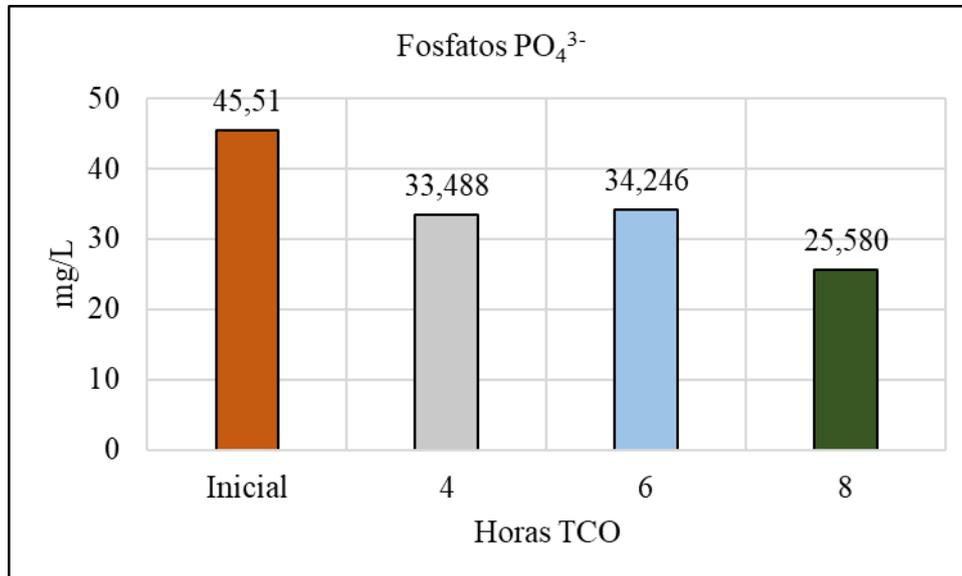


Gráfico 10. Gráfico de pre y post tratamiento con arcilla expandida de Fosfatos.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – De acuerdo con el gráfico 10., la disminución de concentración de Fosfatos es progresiva para tiempos de ciclos operacionales de mayor duración, esto es conforme con la remoción de fosfatos en la muestra solución.

La eficiencia del medio des soporte de arcilla expandida en distintos tiempos de operación para remoción de fosfatos, fueron calculados de la siguiente manera:

$$\% \text{ remoción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Para 4 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{45.51 - 33.488}{45.51} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 26.42 \%$$

Para 6 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{45.51 - 34.246}{45.51} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 24.75 \%$$

Para 8 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{45.51 - 25.580}{45.51} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 43.79 \%$$

Interpretación. - Como se observa en los resultados de los cálculos para un tiempo de 8 horas se obtiene el mayor porcentaje significativo de remoción con este medio de soporte.

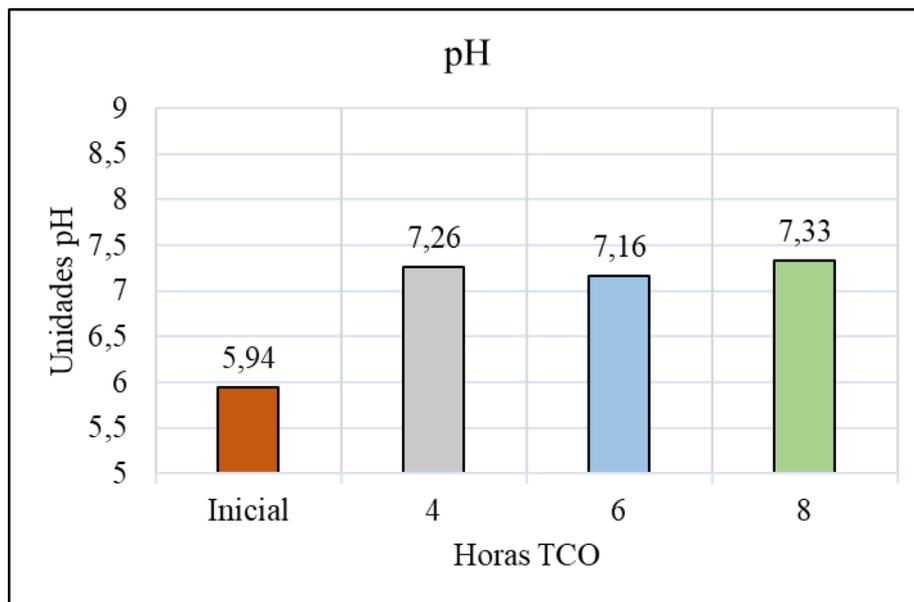


Gráfico 11. Grafico del pre y post tratamiento con arcilla expandida de pH

Fuente: Elaboración propia, 2019

Interpretación. – El gráfico11. muestra un aumento de pH, para los 3 tiempos de ciclos operacionales. Cumpliendo con la norma D.S. 003-2010 del MINAM, donde señala mantener un margen de 6.5 a 8.5 de pH.

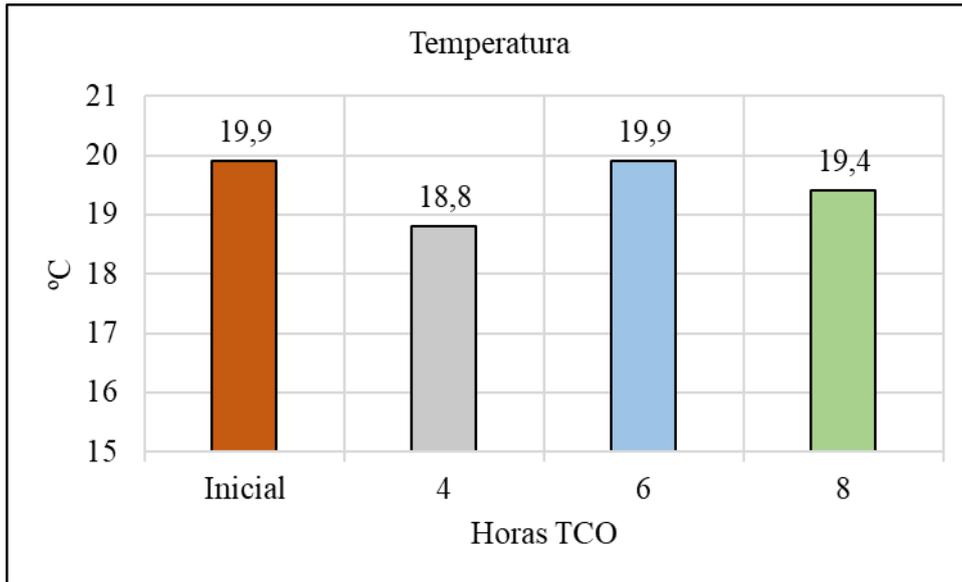


Gráfico 12. Gráfico del pre y post tratamiento con arcilla expandida de Temperatura

Fuente: Elaboración propia, 2019

Interpretación. – Con respecto al gráfico 12, no presenta grado de variabilidad en los 3 tiempos utilizados, está en el rango como indica la norma, que es menor a 30 °C.

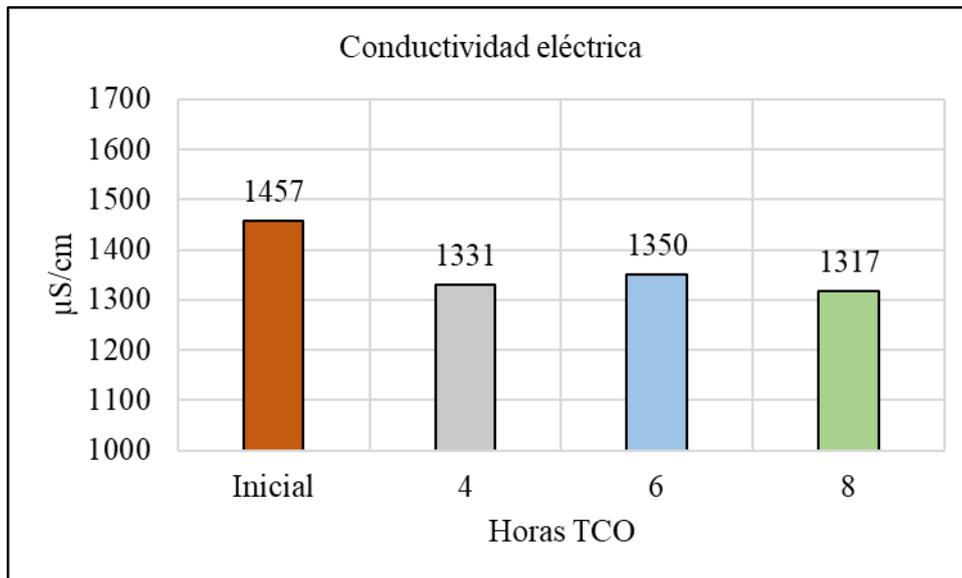


Gráfico 13. Gráfico del pre y post tratamiento con arcilla expandida de la conductividad eléctrica

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – En el gráfico 13., se observa la disminución de conductividad eléctrica, alcanzando a los 1317 μS/cm, para las 8 horas de tratamiento.

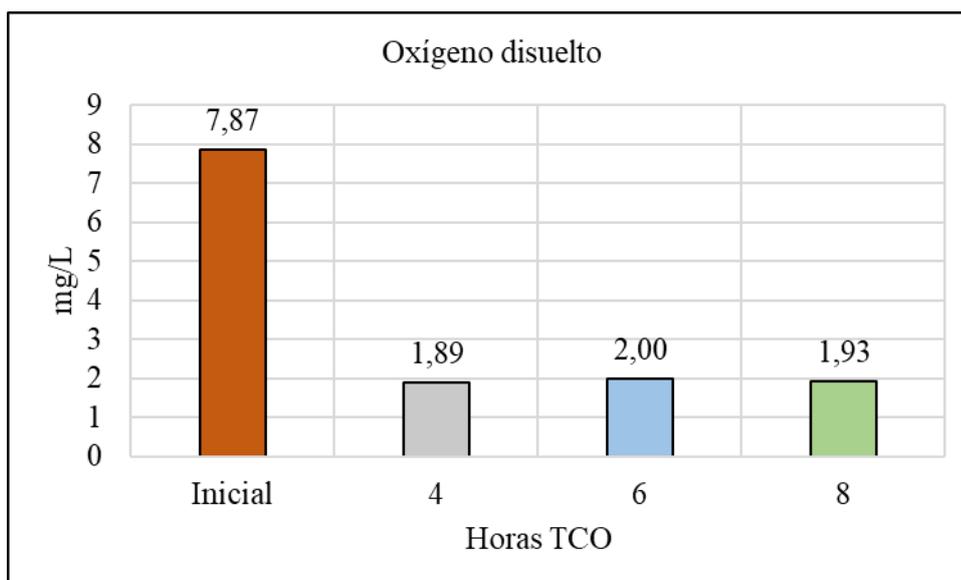


Gráfico 14. Gráfico del pre y post tratamiento con arcilla expandida del oxígeno disuelto

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – En la gráfica 14., se observa una disminución considerable de la concentración de oxígeno disuelto, respetando los valores del ECA del agua, del DS. 003-2017-MINAM.

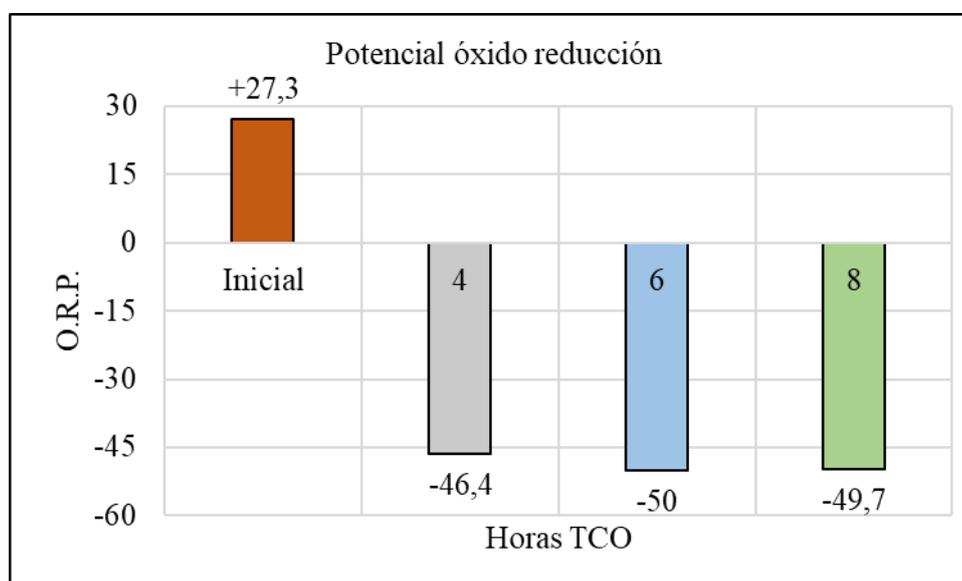


Gráfico 15. Grafico del pre y post tratamiento con arcilla expandida del potencial de óxido-reducción

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – El gráfico 15., indica que en la solución del tratamiento existe una reacción de reducción mayor que en el tratamiento primero para los 3 tiempos de ciclos operacionales.

Esto se ve relacionado con el aumento de pH en los respectivos momentos que tiene este segundo tratamiento con la arcilla expandida.

Del tercer tratamiento (arcilla expandida y piedra pómez):

Los resultados de este se observan en la tabla N°7 con los parámetros medidos.

Tabla 10. Promedio de resultados del tercer tratamiento (arcilla expandida y piedra pómez)

Horas	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	pH	T (°C)	C.E. (µS/cm)	O.D. (mg/L)	O.R.P. (mV)
4	213,518	30,053	7.36	20.1	1559	4.72	-52.2
6	208,461	27,411	7.42	20.2	1596	4.81	-55.5
8	202,368	27,300	7.46	18.8	1557	4.72	-57.6

Fuente: Elaboración propia, 2019

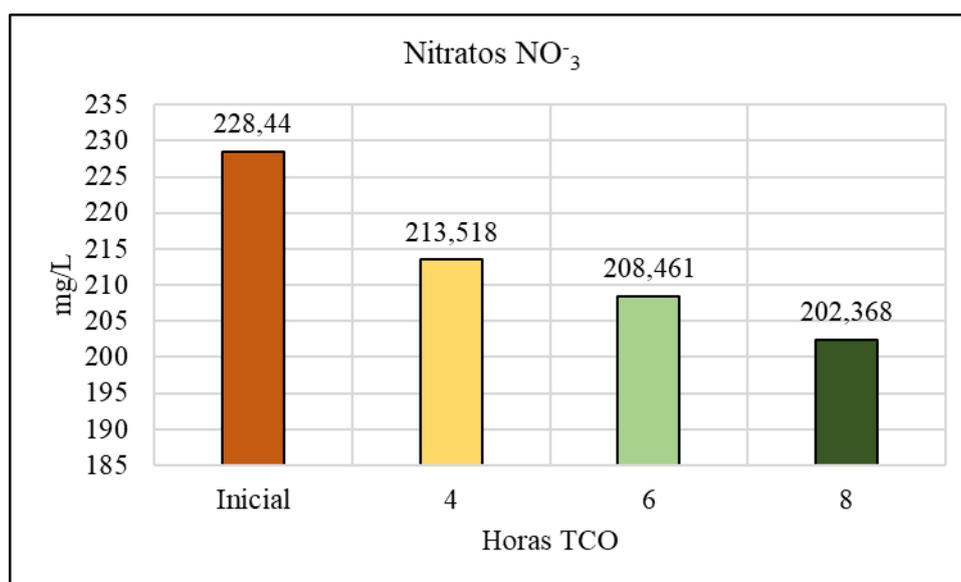


Gráfico 16. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de Nitratos.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – De acuerdo con el gráfico 16., se caracteriza por la disminución de concentración de Nitratos con los tres tiempos en operación, siendo el de 8 horas donde alcanza una mayor disminución.

La eficiencia del medio de soporte de arcilla expandida combinado con la piedra pómez en distintos tiempos de operación para remoción de nitratos, fueron calculados de la siguiente manera:

$$\% \text{ remoción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Para 4 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{228.44 - 213 - 518}{228.44} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 6.53 \%$$

Para 6 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{228.44 - 208.461}{228.44} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 8.75 \%$$

Para 8 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{228.44 - 202.368}{228.44} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 11.41 \%$$

Interpretación. – Como se observa en los resultados de los cálculos para un tiempo de 8 horas se obtiene el mayor porcentaje de remoción con este medio de soporte comparado con los menores tiempos de operación.

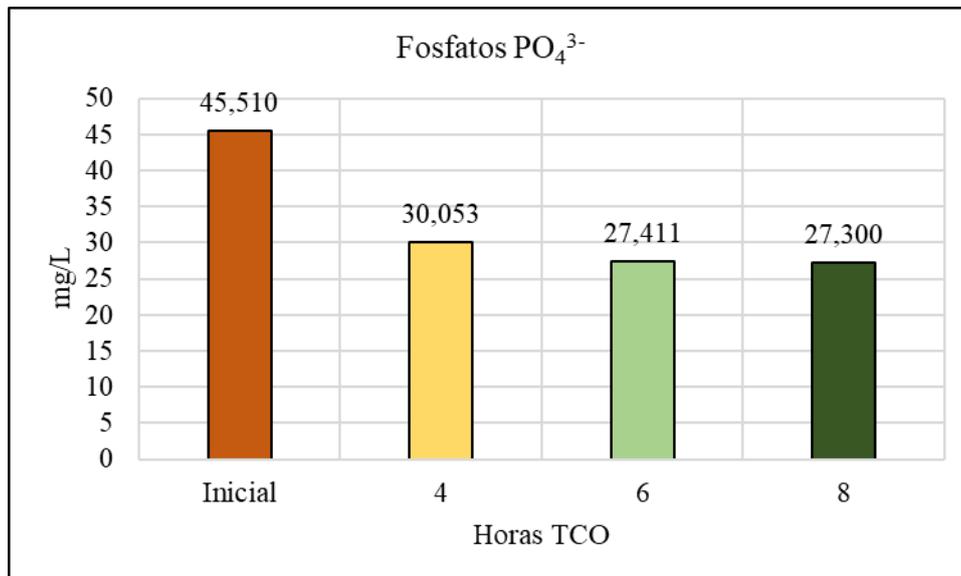


Gráfico 17. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de Fosfatos

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – Se observa de la gráfica 17., que la concentración de Fosfatos disminuye mientras que el tiempo de ciclo operacional aumenta (TCO).

La eficiencia del medio de soporte de arcilla expandida y piedra pómez combinado, en distintos tiempos de operación para remoción de fosfatos, fueron calculados de la siguiente manera:

$$\% \text{ remoción} = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100$$

Para 4 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{45.51 - 30.053}{45.51} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 33.96 \%$$

Para 6 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{45.51 - 27.411}{45.51} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 39.77 \%$$

Para 8 horas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{45.51 - 27.30}{45.51} \times 100$$

$$\% \text{ remoción} = 40.01 \%$$

Interpretación. - Como se observa en los resultados de los cálculos para un tiempo de 8 horas se obtiene el mayor porcentaje significativo de remoción con este medio de soporte.

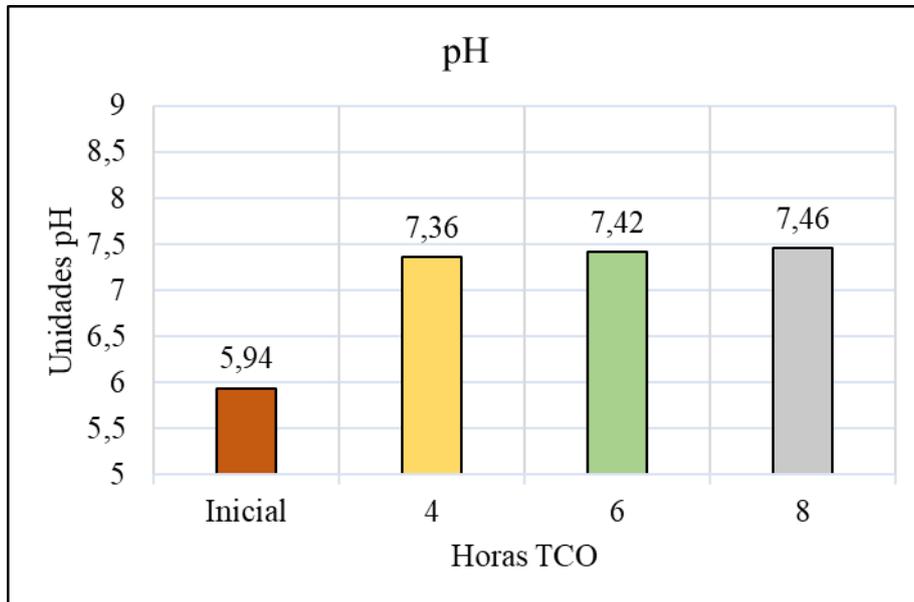


Gráfico 18. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de pH

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. -Del gráfico 18., se observa el aumento de unidades de pH, demostrando que la muestra solución se recupera la alcalinidad en el momento de desnitrificación.

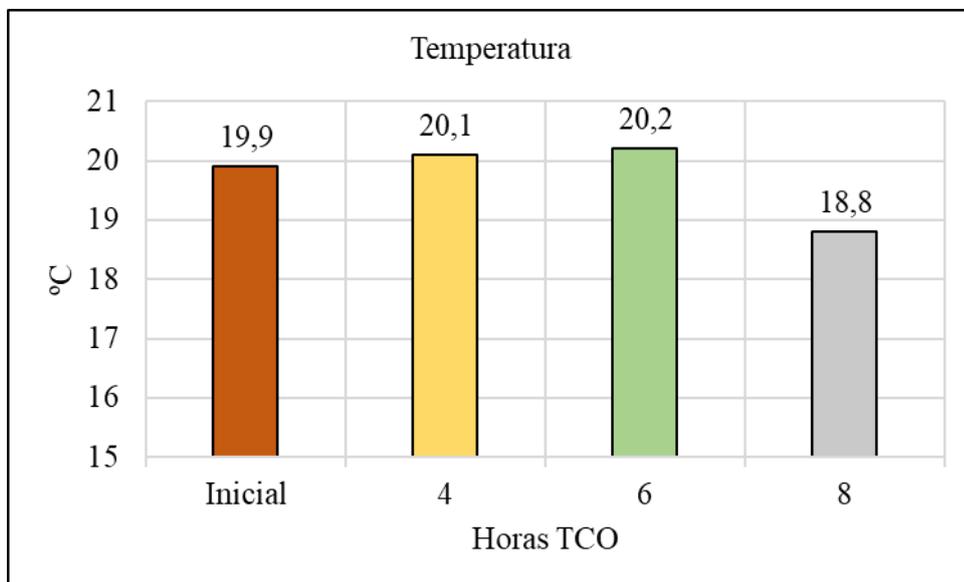


Gráfico 19. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de Temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. – Del gráfico 19. se observa un ligero cambio de temperatura para el tratamiento de ciclo operacional de 8 horas, y en los demás se mantiene en un rango de 20°C.

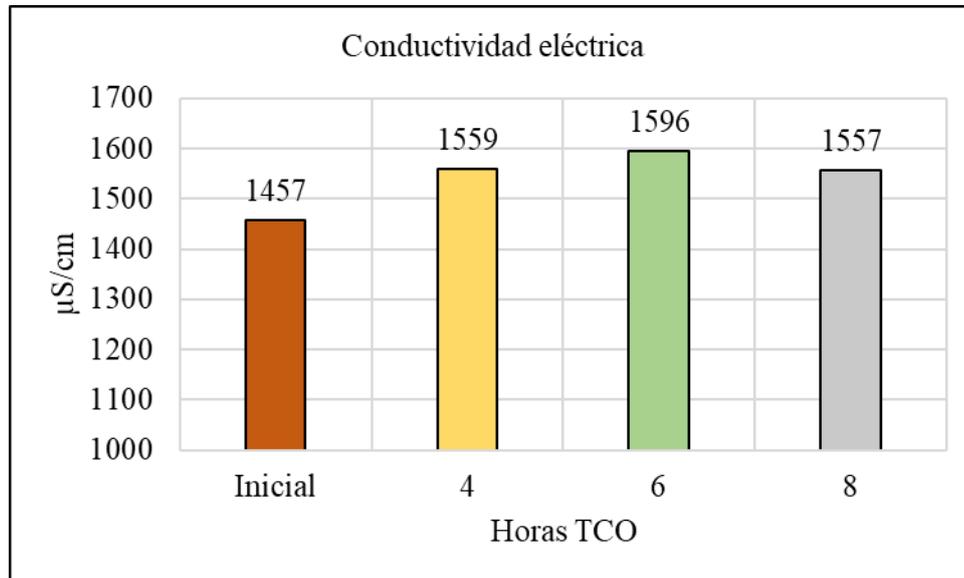


Gráfico 20. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de Conductividad eléctrica

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – Del gráfico 20., se observa que la conductividad aumenta en los 3 tiempos de ciclo operacional, demostrando que existe sales disueltas en cantidad en la solución muestra luego de los tratamientos.

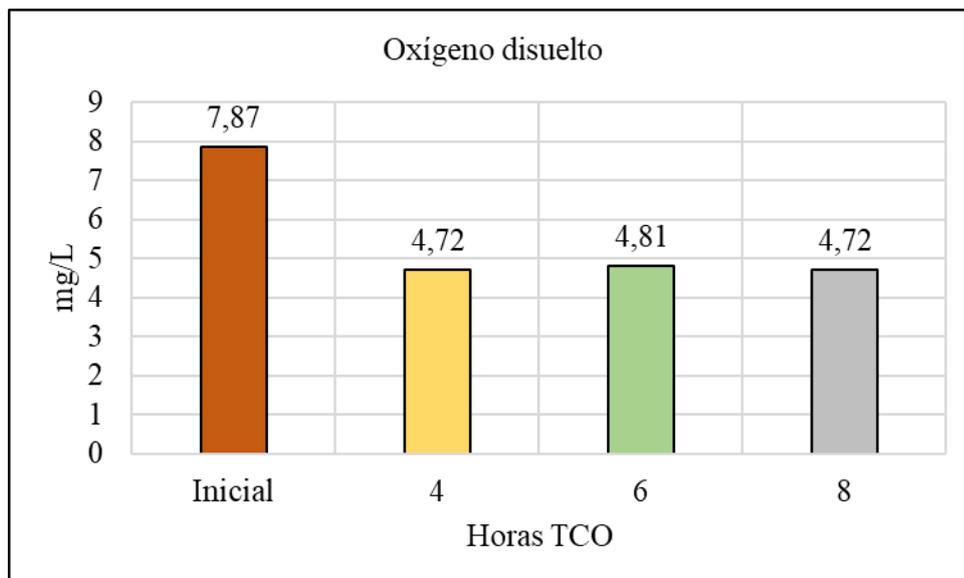


Gráfico 21. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de Oxígeno Disuelto

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. - Se distingue del gráfico 21., que Oxígeno Disuelto para los tres tiempos de ciclo operacional con arcilla expandida son estables en un rango de 4,72 y 4,81, encontrándose dentro de la normativa según D.S.S 004-2017- MINAM, ECA del agua para categoría 4.

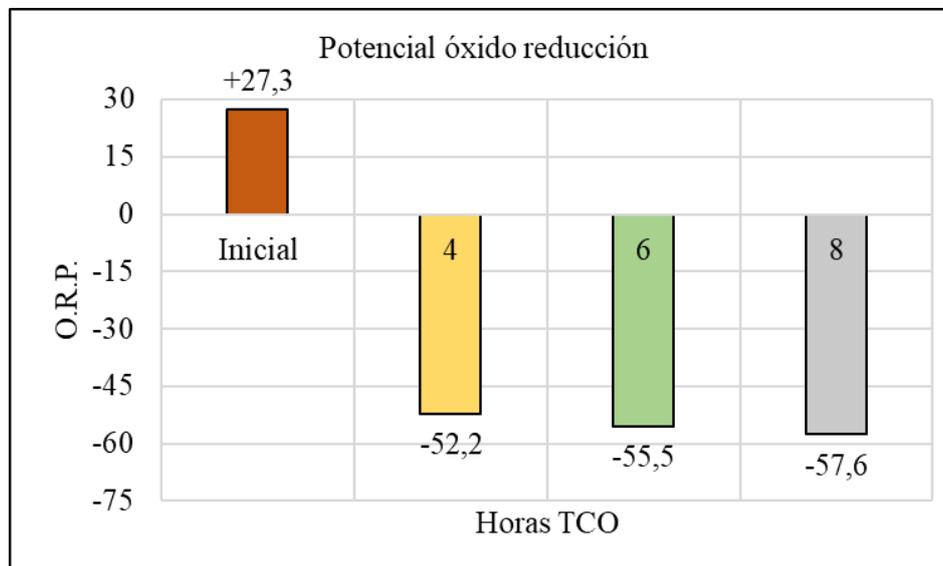


Gráfico 22. Gráfico del pre y post tratamiento con piedra pómez y arcilla expandida de O.R.P.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Interpretación. – Del gráfico 22., se distingue la reacción de reducción que presenta durante la finalización del proceso de operación para los 3 tiempos de ciclo operacional. Esto evidencia la reacción de desnitrificación por parte del Nitrato como agente oxidante.

3.5. Eficiencia de remoción de nitratos y fosfatos de los medios de soporte con distintos tiempos de ciclo operacional

En la tabla 11 se distinguen las eficiencias obtenidas luego de aplicar los tratamientos y recopilar los datos de concentraciones químicas de Nitratos y Fosfatos.

Tabla 11. Eficiencias de la operación con los dos factores de operación

Horas	Piedra pómez		Arcilla expandida		Piedra pómez/Arcilla expandida	
	Nitratos	Fosfatos	Nitratos	Fosfatos	Nitratos	Fosfatos
4	6.02 %	45.05 %	7.59 %	26.42 %	6.53 %	33.96 %
6	3.99 %	47.73 %	7.94 %	24.75 %	8.75 %	39.77 5
8	11.52 %	52.34 %	18.22 %	43.79 %	11.41 %	40.01 %

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Interpretación. – En la tabla 11 se observa el resultado total de eficiencias para cada tratamiento y tiempo en horas, resaltando que la eficiencia mayor la obtuvo el tratamiento con medio de soporte de Arcilla expandida con un total de 8 horas con 18.22 % y para el Fosfato fue con el tratamiento de Piedra pómez con unas 8 horas con un 52.34 %.

3.6. Análisis inferencial

Con el propósito de saber cuál es la eficiencia de los medios de soporte, de la presente investigación, en un reactor biológico secuencial (SBR) para la remoción de nutriente en aguas residuales, Villa Salvador, 2019. Se debe identificar, primero, si los datos medidos corresponden a distribuciones normales. Cuando son más de 50 casos se debe utilizar la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov; mientras que cuando son menos de 50 casos se debe utilizar la prueba de normalidad de Shapiro Wilk. Puesto que en esta tesis los datos analizados no se corresponden a distribuciones cuyos datos superan el número de 50, se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk. En segundo lugar, se tuvo en cuenta que la prueba de anova se emplea cuando las distribuciones analizadas tienen normalidad; y la prueba de Kruskal-Wallis se emplea cuando al menos una de las distribuciones analizadas no tiene normalidad. Posteriormente, en caso de observar mediante las pruebas de anova o Kruskal-Wallis, diferencias significativas entre las distribuciones analizadas, se utilizó las pruebas Post-Hoc para identificar las distribuciones que son significativamente superiores en cuanto a sus rendimientos.

Para garantizar que las pruebas siguientes se presentan de forma significativa, se tomó en cuenta la siguiente regla: Si la significancia asintótica (Sig.), es menor al nivel de

significación, $\alpha = 5\%$ (0,05), se rechaza la hipótesis nula (H_0), de lo contrario, si es mayor no se rechaza la hipótesis nula.

3.6.1. Análisis de los medios de soporte para la remoción de nitrato

Para este apartado se tomó en cuenta los porcentajes de remoción de nitrato mediante los 3 medios de soporte: Piedra pómez, arcilla expandida y la combinación de piedra pómez/arcilla expandida que se aprecia en la tabla 12.

a) Prueba de Normalidad

- **Hipótesis**

H_0 : La distribución analizada sí posee normalidad

H_1 : La distribución analizada no posee normalidad

- **Resultados**

Tabla 12. *Tabla de las pruebas de normalidad con significancia.*

Pruebas de normalidad				
	Medio de Soporte	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
% de remoción de nitrato	Piedra pómez	0,860	9	0,095
	Arcilla expandida	0,663	9	0,001
	Piedra pómez/Arcilla expandida	0,722	9	0,003

Fuente: elaboración propia.

- **Decisión**

- La significancia para los porcentajes de remoción de nitrato utilizando la piedra pómez como medio de soporte dio por resultado: 0,095, es decir mayor a 0,05, de manera que no se rechaza la hipótesis nula, y se da por sentado que esta distribución analizada sí posee normalidad.
- La significancia para los porcentajes de remoción de nitrato utilizando la arcilla expandida como medio de soporte dio por resultado: 0,001, es decir menor a 0,05, de manera que se rechaza la hipótesis nula, y se da por sentado que esta distribución analizada no posee normalidad.
- La significancia para los porcentajes de remoción de nitrato utilizando la piedra pómez/arcilla expandida como medio de soporte dio por resultado: 0,003, es decir

menor a 0,05, de manera que se rechaza la hipótesis nula, y se da por sentado que esta distribución analizada no posee normalidad.

En conclusión, ya que al menos una de las distribuciones analizadas no posee normalidad se debe utilizar la prueba de Krukall-Wallis para determinar si existen diferencias significativas entre los medios de soporte para la remoción de nitratos en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.

b) Análisis de la varianza de Kruskal-Wallis

Habiéndose comprobado que al menos una de las distribuciones analizadas no posee normalidad en cuanto a su remoción de nitrato, se tuvo en cuenta para la prueba de Kruskal-Wallis los rangos promedios de esas distribuciones como se señalan en la tabla 13.

Tabla 13. Rangos de los promedios en medios de soporte para remoción de nitrato.

Rangos			
	Medio de Soporte	N	Rango promedio
% de remoción de nitrato	Piedra pómez	9	9,56
	Arcilla expandida	9	19,00
	Piedra pómez/Arcilla expandida	9	13,44

Fuente: elaboración propia.

- **Hipótesis**

Ho: No existen diferencias significativas entre los medios de soporte para la remoción de nitratos en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.

H1: Existen diferencias significativas entre los medios de soporte para la remoción de nitratos en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.

- **Resultado**

Tabla 14. Estadístico de prueba de Kruskal-Wallis

Estadísticos de prueba^{a,b}	
	% de Remoción de nitrato
H de Kruskal-Wallis	6,437
gl	2
Sig. asintótica	0,040

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Medio de Soporte

Fuente: elaboración propia

- **Decisión**

De la tabla 14 la significancia dio como resultado 0,040, es decir menor a 0,05 de manera que se rechaza la hipótesis nula y se infiere que existen diferencias significativas entre los medios de soporte para la remoción de nitratos. Por tanto, se tiene que utilizar una prueba ulterior para determinar el medio de soporte significativamente más eficiente para la remoción de nitratos en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.

c) Prueba Post Hoc: Comparación entre parejas de Kruskal-Wallis

En la tabla 15 se puede observar las comparaciones entre parejas de medios de soportes. Se puede observar que al nivel de 0,05 existen diferencias significativas entre piedra pómez y arcilla expandida. Por otro lado en las demás parejas no hay diferencias significativas. Por ello se puede inferir que hay dos grupos formados: Piedra pómez-Piedra pómez/Arcilla expandida; y por otro lado la pareja Piedra pómez/Arcilla expandida-Arcilla expandida.

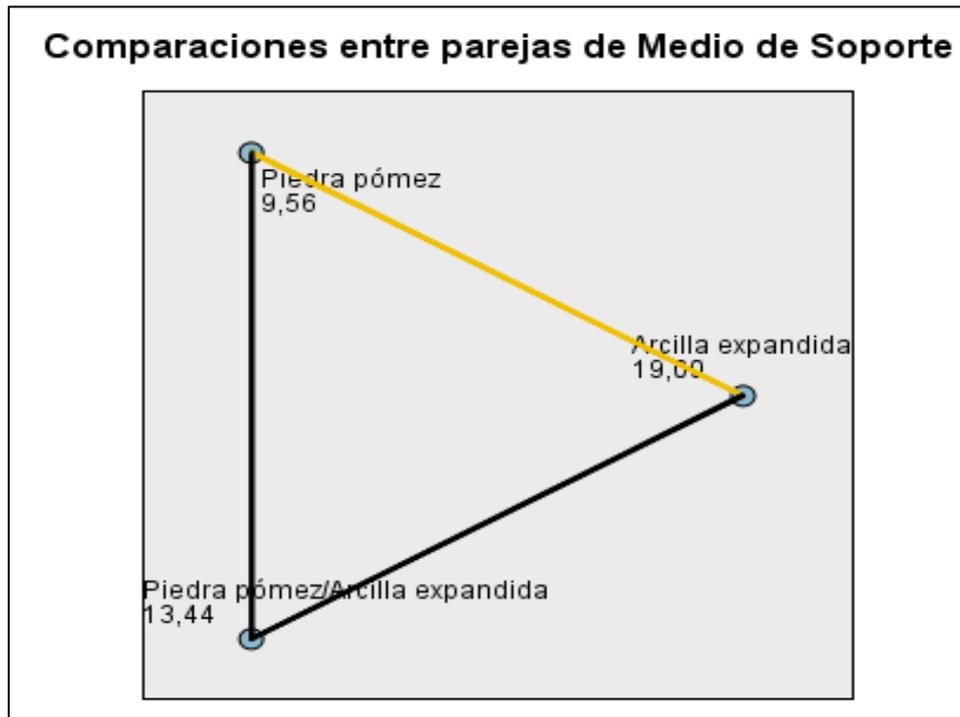
Tabla 15.- *Tabla de emparejada de dos muestras.*

Muestra 1- Muestra 2	Estadístico de contraste	Error	Desviación de contraste	Sig.	Sig. Ajust.
Piedra pómez-Arcilla expandida	-9,444	3,742	-2,524	0,012	0,035
Piedra pómez-Piedra pómez/Arcilla expandida	-3889	3,742	-1,039	0,299	0,896
Piedra pómez/Arcilla expandida-Arcilla expandida	5,556	3,742	1,485	0,138	0,413

Fuente: elaboración propia.

Al analizar el gráfico 23, de comparaciones entre parejas de medio de soporte se puede observar que la pareja entre Piedra pómez/Arcilla expandida-Arcilla expandida, es la pareja con rangos medios significativamente superiores a la otra pareja, de manera que se infiere que existen dos medios de soporte más eficientemente significativos para la remoción de nitratos en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.

Gráfico 23. Gráfico de comparaciones entre parejas de medio de soporte.



Fuente: elaboración propia

3.6.2. Análisis de los medios de soporte para la remoción de fosfatos

a) Prueba de Normalidad

- **Hipótesis**

Ho: La distribución analizada sí posee normalidad

H1: La distribución analizada no posee normalidad

- **Resultados**

Tabla 16. Tablas de prueba de normalidad para remoción de fosfatos

Pruebas de normalidad				
	Medio de Soporte	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
% de remoción de fosfato	Piedra pómez	0,892	9	0,211
	Arcilla expandida	0,946	9	0,646
	Piedra pómez/Arcilla expandida	0,925	9	0,435

Fuente: elaboración propia.

- **Decisión**

- La significancia para los porcentajes de remoción de fosfato utilizando la piedra pómez como medio de soporte dio por resultado: 0,211, es decir mayor a 0,05, de manera que no se rechaza la hipótesis nula, y se da por sentado que esta distribución analizada sí posee normalidad.
- La significancia para los porcentajes de remoción de fosfato utilizando la arcilla expandida como medio de soporte dio por resultado: 0,646, es decir mayor a 0,05, de manera que se no rechaza la hipótesis nula, y se da por sentado que esta distribución analizada sí posee normalidad.
- La significancia para los porcentajes de remoción de fosfato utilizando la piedra pómez/arcilla expandida como medio de soporte dio por resultado: 0,435, es decir mayor a 0,05, de manera que no se rechaza la hipótesis nula, y se da por sentado que esta distribución analizada sí posee normalidad.

En conclusión, ya que todas las distribuciones analizadas de la tabla 16 sí poseen normalidad se debe utilizar la prueba de Anova para determinar si existen diferencias significativas entre los medios de soporte para la remoción de fosfato en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.

b) Análisis de la varianza: ANOVA

Habiéndose comprobado la normalidad en las distribuciones de remoción de fosfato, se tuvo en cuenta para la prueba ANOVA los promedios de esas distribuciones como se expresa en la tabla 17.

Tabla 17. *Promedios con prueba anova*

Promedios			
	Medio de Soporte	N	Promedios
% de remoción de fosfato	Piedra pómez	9	48,37333
	Arcilla expandida	9	31,65289
	Piedra pómez/Arcilla expandida	9	37,91578

Fuente: elaboración propia

- **Hipótesis**

Ho: No existen diferencias significativas entre los medios de soporte para la remoción de fosfatos en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.

H1: Existen diferencias significativas entre los medios de soporte para la remoción de fosfatos en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.

- **Resultado**

Tabla 18. Anova de los porcentajes de remoción de fosfatos con su significancia

ANOVA					
% de remoción de fosfato					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1284,473	2	642,236	5,210	0,013
Dentro de grupos	2958,391	24	123,266		
Total	4242,864	26			

Fuente: elaboración propia.

- **Decisión**

La significancia de la prueba anova de la tabla 18 dio como resultado 0,013, es decir menor a 0,05 de manera que se rechaza la hipótesis nula y se infiere que existen diferencias significativas entre los medios de soporte para la remoción de fosfatos. Por tanto, se tiene que utilizar una prueba ulterior para determinar el medio de soporte significativamente más eficiente para la remoción de fosfatos en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.

c) Prueba Post Hoc: HSD de Tukey

En la tabla 19 se puede observar los grupos de soportes formados al nivel de significancia de 0,05. Esto se realiza mediante el análisis de los promedios de las distribuciones de porcentajes de la remoción de fosfato. En definitiva, se puede inferir que existen dos medios de soportes cuyas medias de remoción son significativamente superiores al resto: Piedra pómez/Arcilla expandida y Piedra pómez.

Tabla 19. Prueba tukey para medios de soporte.

% de Remoción de fosfato			
HSD Tukey^a			
Medio de Soporte	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Arcilla expandida	9	31,65289	
Piedra pómez/Arcilla expandida	9	37,91578	37,91578
Piedra pómez	9		48,37333
Sig.		0,467	0,134

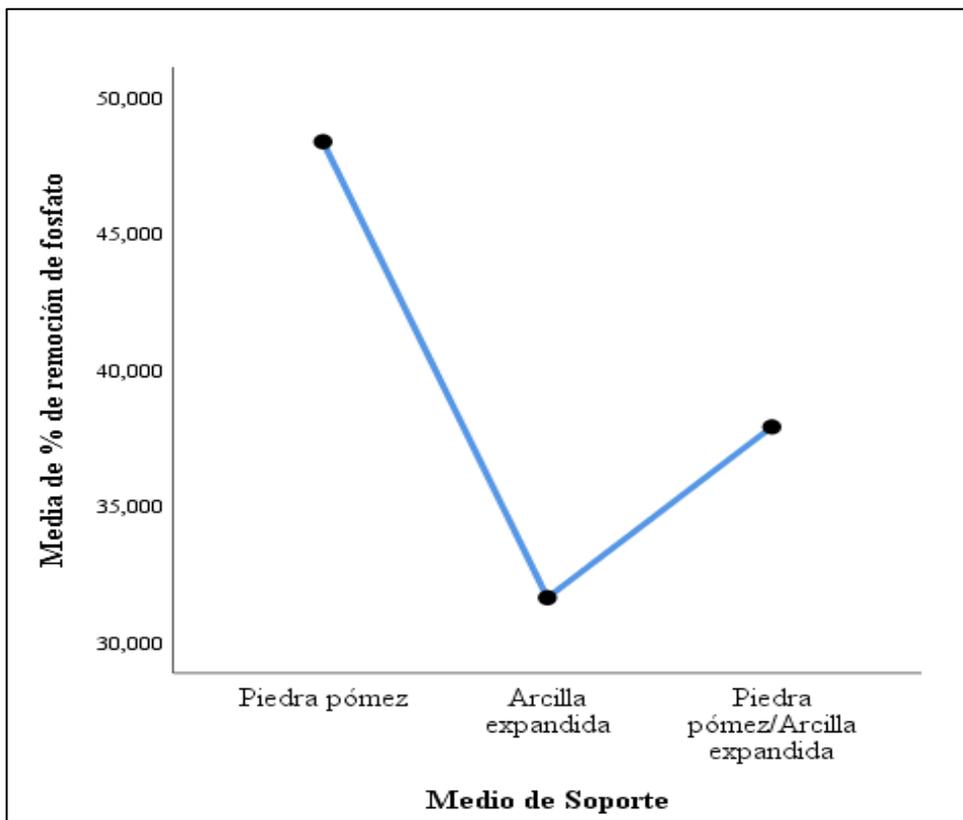
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

Fuente: elaboración propia

Al analizar el gráfico 24 de medias de Tukey, se puede observar que las dos medias superiores se corresponden a las que se ubican por arriba en cantidad: Piedra pómez/Arcilla expandida y Piedra pómez. De manera que se infiere que existen dos medios de soporte más eficientemente significativos para la remoción de fosfatos en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.

Gráfico 24. Medias de tukey entre medios de soporte y su porcentaje de remoción



Fuente: elaboración propia

3.6.3. Análisis del óptimo tiempo de ciclo operacional para la remoción de nutrientes

Para este apartado se tomó en cuenta los porcentajes de remoción de nitratos y fosfatos mediante los 3 medios de soporte, dividiéndolos entre las 4 horas que se corresponden cada una al ciclo operacional utilizado: 4 horas, 6 horas y 8 horas.

a) Prueba de Normalidad

- **Hipótesis**

Ho: La distribución analizada sí posee normalidad

H1: La distribución analizada no posee normalidad

- **Resultados**

Tabla 20. Prueba de normalidad de distintas horas de operación

Pruebas de normalidad				
	Tipo del ciclo operacional	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de nutrientes removidos	4 horas	0,832	18	0,004
	6 horas	0,877	18	0,023
	8 horas	0,901	18	0,059

Fuente: elaboración propia

- **Decisión**

- La significancia para los porcentajes de remoción de nutrientes utilizando 4 horas como tiempo del ciclo operacional fue: 0,004, es decir menor a 0,05, de manera que se rechaza la hipótesis nula, y se da por sentado que esta distribución analizada no posee normalidad.
- La significancia para los porcentajes de remoción de nutrientes utilizando 6 horas como tiempo del ciclo operacional fue: 0,023, es decir menor a 0,05, de manera que se rechaza la hipótesis nula, y se da por sentado que esta distribución analizada no posee normalidad.
- La significancia para los porcentajes de remoción de nutrientes utilizando 8 horas como tiempo del ciclo operacional fue: 0,059, es decir mayor a 0,05, de manera que no se rechaza la hipótesis nula, y se da por sentado que esta distribución analizada sí posee normalidad.

En conclusión, ya que al menos una de las distribuciones analizadas en la tabla 20 no posee normalidad se debe utilizar la prueba de Krukall Wallis para determinar si existen diferencias significativas entre los tiempos del ciclo operacional para la remoción de nutrientes con los medios de soporte en un reactor biológico secuencial, en aguas residuales de Villa el Salvador, 2019.

b) Análisis de la varianza de Kruskal-Wallis

Habiéndose comprobado que al menos una de las distribuciones analizadas no posee normalidad en cuanto al tiempo operacional para la remoción de nutrientes, se tuvo en cuenta para la prueba de Kruskal-Wallis los rangos promedios de esas distribuciones que se muestran en la tabla 21.

Tabla 21. Rangos promedio en porcentaje de nutrientes removidos

Rangos			
	Tipo del ciclo operacional	N	Rango promedio
Porcentaje de nutrientes removidos	4 horas	18	23,67
	6 horas	18	25,06
	8 horas	18	33,78

Fuente: elaboración propia.

- **Hipótesis**

Ho: No existen diferencias significativas entre los tiempos de ciclo operacional para la remoción de nutrientes con los medios de soporte en un reactor biológico secuencial, en aguas residuales de Villa el Salvador, 2019.

H1: Existen diferencias significativas entre los tiempos de ciclo operacional para la remoción de nutrientes con los medios de soporte en un reactor biológico secuencial, en aguas residuales de Villa el Salvador, 2019.

- **Resultado**

Tabla 22. Estadístico prueba Kruskal Wallis para remoción de nutrientes

Estadísticos de prueba^{a,b}	
	Porcentaje de nutrientes removidos
H de Kruskal-Wallis	4,369
gl	2
Sig. asintótica	0,113
a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: Tipo del ciclo operacional	

Fuente elaboración propia.

- **Decisión**

La significancia de la tabla 22 como resultado 0,113, es decir mayor a 0,05 de manera que no se rechaza la hipótesis nula y se infiere que no existen diferencias significativas entre los tiempos de ciclo operacional para la remoción de nutrientes. En conclusión, no existe tiempo de ciclo operacional óptimo significativo al nivel de 0,05 para la remoción de nutrientes con los medios de soporte en un reactor biológico secuencial en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019.

IV. DISCUSIÓN

Se logró obtener muestras de agua con concentraciones altas en Nitratos y Fosfatos de efluentes de aguas residuales municipales, de la planta de tratamiento de Juan Velasco Alvarado en Villa el Salvador, Lima para ser puestas en 3 tratamientos distintos con tiempos distintos, con medios de soporte para conocer la eficiencia de estos.

V. CONCLUSIONES

La remoción de nitratos y fosfatos de aguas residuales municipales mediante medios de soporte: arcilla expandida y piedra pómez en tres reactores, realizado con 3 tiempos de ciclos operacionales (4, 6 y 8 horas) si es posible sin embargo, no alcanza la eficiencia óptima. Siendo la concentración inicial de Nitratos de 228.44 mg/L y Fosfatos 45,51 mg/L, los resultados finales son de reducción en la concentración de estos llegando para Nitratos a 186.37mg/L y de Fosfatos 12,437 mg/L.

El mayor porcentaje de remoción dentro del sistema trabajado, para los nitratos con piedra pómez fue para un ciclo operacional de 8 horas con 11,52%. Para la arcilla expandida con 8 horas con 18,22 % y para la combinación de ambos medios de soporte también con 8 horas un 11,41 %.

Para el caso de fosfatos el mayor porcentaje de remoción en piedra pómez fue con un total de 8 horas con 52,34 %, para la arcilla expandida fue también con 8 horas de operación con 43.79 % y para la combinación de ambos medios de soporte también fue el de 8 horas con 20,01 %.

El tiempo de ciclo operacional óptimo dentro del rango de los tres tratamientos con medios de soporte se identifica al de 8 horas, debido a que en este tiempo los resultados demostraron mayor eficiencia diferencia de los de 4 y 6 horas.

De acuerdo con el análisis estadístico, el existe una relación entre los medios de soporte y las horas de operación para la remoción de nitratos. Siendo el más eficiente entre los 3 tratamientos el de Arcilla expandida con 8 horas de ciclo operacional como tiempo óptimo.

De acuerdo con el análisis estadístico, para la remoción de fosfatos el medio de soporte de piedra pómez es el óptimo para usar ya que se ha disminuido en mayor cantidad con respecto a los otros tratamientos.

Existieron cambios en las propiedades fisicoquímicas de pH y Oxígeno disuelto cumpliendo con la normativa de LMP para efluentes de aguas residuales municipales y el ECA de agua categoría 4 a excepción de a temperatura que se mantuvo constante en un rango de 19.9 °C y 21,91°C. El potencial redox nos demostró que existe una reacción de desnitrificación.

VI. RECOMENDACIONES

- Continuar investigando sobre los medios de soporte móviles en reactores para brindar mayores eficiencias a las plantas de tratamiento con tecnologías convencionales.
- Identificar en futuras investigaciones las comunidades microbianas que albergan en los medios de soporte en estudio, para poder conocer su relación entre ellos y la capacidad de formar biopelículas microbianas.
- En el momento de aclimatación, brindar siempre información de que lugar proceden los lodos activados, e identificar característica química como sólido solubles y volátiles totales.
- Realizar más análisis químicos y biológicos, como coliformes fecales, DBO5, DQO, para conocer el estado final del agua.
- Mediante el trabajo se identificó que a más horas de ciclo de operación se obtiene mayor cantidad de remoción en nitratos y fosfatos, por ello es recomendable seguir investigando la relación entre los tiempos de operación en los procesos de depuración biológica.
- Tener en cuenta los materiales a utilizar y revisar antes de realizar la experimentación para así evitar desgaste de material, fugas, roturas, de los materiales o equipos.
- Trabajar siempre con la indumentaria adecuada en las plantas de tratamiento de aguas residuales como guantes, mascarillas, zapatos industriales.

REFERENCIAS

AHUMADA TRIVIÑO, Nicolás José e SEVERICHE BETIN, Jorge Eliecer. 2018. Implementación de un Tratamiento Alternativo para la Remoción de Fósforo Y Nitrógeno en Aguas Residuales Mediante Absorbentes a Base de Semillas y Tallos de Moringa Oleífera Lam. Baranquilla : Corporación Universidad de la Costa, 2018.

ALVAREZ SANCHEZ, M. C. e MAVARES, Teran. 2015. Reactores Biopelícula de lecho móvil: Estado del arte. Barquisimeto : REDIP.UNEXPO, 2015.

ÁLVAREZ, Mirian e MAVARES, Dimas. 2015. Reactores Biopelícula De Lecho Móvil: Estado Del Arte. Venezuela : s.n., 2015.

ALZATE Marin, Juan C., CARAVELLI, Alejandro H. e ZARITZKY, Noemi E. 2017. Remoción de Nitrógeno mediante nitrificación y desnitrificación aeróbica utilizando un reactor biológico secuencia (SBR). La Plata : Comisiones de investigaciones, 2017.

AYGUN, Ahmet, et al. 2014. Application of sequencing batch biofilm reactor fortreatment of sewage wastewater treatment: effect of power failure. Konya : Department of Environmental Engineering, 2014.

AZUAJE M., EDGAR G. e MUÑOZ R., RHENÉ A. 2006. Diseño, construcción y evaluación preliminar de un sistema de reactor biológico secuencial a escala. Caracas : s.n., 2006.

BAHMANPOUR, Hooman, HABASHI, Reza e MOHAMMED Hosseini, Seyed. 2017. Investigating the Efficiency of Lightweight Expanded Clay Aggregate (LECA) in wastewater Treatment of Dairy Industry. Shahroud : Islamic Azad University, 2017.

BANCO MUNDIAL. 2012. Gestión Integral de aguas urbanas. Washington : s.n., 2012.

BREITBURG, Denise, et al. 2018. Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. 2018.

BEDOYA Carlos, Javier Alfonso. 2012. Estudio Del Proceso De Nitrificación Y Desnitrificación Vía Nitrito Para El Tratamiento Biológico De Corrientes De Agua Residual

Con Alta Carga De Nitrógeno Amoniacal. Valencia : Universitat Politecnica de Valencia, 2012.

CARDENAS, Carmen, et al. 2012. Desempeño de un reactor biológico secuencial (SBR) en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Maracaíbo : Revista Colombiana Biotecnologica, 2012.

CARRASCO DIAZ, Sergio. 2009. Metodología de la investigación científica. Lima : San Marcos, 2009. 9972-34-242-5.

CARRASQUERO FERRER, Sedolfo Jose, et al. 2018. Eficiencia de un Reactor Biológico secuencial en el tratamiento de efluentes de una planta procesadora de productos cárnicos. Maracaibo : Universidad de Zulia, 2018. Vol. 14. 1900-4699.

CERVANTES-CARRILLO, Francisco, PÉREZ, Jaime e GÓMEZ, Jorge. 2000. Avances en la eliminación biológica del Nitrógeno de las Aguas Residuales. Iztapalapa : s.n., 2000.

COYOTUPA Nuñez, CLOUS Lysen. 2017. Diseño y Construcción de un reactor biológico aerobio para la remoción de la carga orgánica a escala de laboratorio de las aguas residuales domésticas del distrito de San Agustín de Cajas-Huancayo. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017.

CRITES, Ron e Tchobanoglous, George. 2000. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Santa fé de Bogotá : McGraw-Hill, 2000.

DAUTAN, Rafael, et al. 1988. Diseño y construcción de un reactor discontinuo secuencial para la remoción de DBO. Carabobo : s.n., 1988.

TOLMOS Raúl, A. Desafíos y Propuestas para la implementación más efectiva de instrumentos económicos en la gestión ambiental de América Latina y el Caribe: el caso de Perú. 2004. [A cargo de] PNUD. Santiago de Chile : CEPAL Chile, 2004. 92-1-322349-8.

DIEZ JEREZ, M. Cristina. 2002?. Tratamiento combinado de lodos activados y lecho fijo sumergido para tratar efluente de celulosa kraft blanqueada. Temuco : s.n, 2002?

DURANT CARBAJAL, Estela Alejandra y Medina Carita, Fiorella Isabe Isabel. 2012. Diseño y construcción de un reactor biológico secuencial (SBR) para el tratamiento de aguas residuales lácteas procedentes de la planta agroindustrial del Perú S.AC. Majes-Arequipa 2011-2012. Arequipa : Universidad Católica Santa María, 2012.

- EDET, A., et al. 2016. The Adsorptive Properties of Fired Clay Pellets for the Removal of Phosphate in Wastewater Treatment. United Kingdom : Bio-Technology and Environmental Engineering, 2016. 978-1-63248-091.
- ARAMBURÚ, Carlos E. y MENDOZA, Walter El futuro de la población peruana: problemas y oportunidades.. 2015. 41, Lima : s.n., 2015, págs. 17-18. 0254-9220.
- ELIAS, XAVIER. 2012. Reciclaje de residuos industriales: Residuos solidos urbanos y fangos de depuradora. Madrid : Diaz de Santos S.A.C., 2012. 978-84-9969-366-8.
- FENOGLIO-LIMÓN F. E., GENESCÁ-LLONGUERAS J., DURAN-DE-BAZÚA C. 2001. “construcción y evaluación de electrodos de medición de potenciales de óxido-reducción para la evaluación indirecta de las condiciones de aerobiosis en sistemas que simulan humedales artificiales.” Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ).En línea: [<http://www.redalyc.org/pdf/482/48216202.pdf>]
- FOCHT, D. 1982. Experimental Microbial Ecology. Oxford : Blackwell Science, 1982.
- GARCIA GUZMÁN, Francy Natahlia e GUTIERREZ MURILLO, Daniela. 2018. Diseño y operación de un reactor de lecho movil aerobio para tratamiento de agua residual doméstica. Bogotá : Universidad Militar de Nueva Granada, 2018.
- Germán, CUEVAS-RODRIGUEZ. 2004. Nitrificación y desnitrificación en un reactor de biopelícula de lecho sumergido fijo y membranas de microfiltración. Chihuahua : Centro de Investigación en Materiales Avanzados, 2004.
- GRADY, J., DAIGGER, G. e LIM, H. 1999. Biological wastewater treatment. New York : Marcel Dekker, 1999.
- HEBABAZE, Soumia, et al. 2014. Etude des performances d'un réacteur biologique séquentiel "SBR" pour le traitement. Casablanca : Innovative Space of Scientific Research Journals, 2014. 2028-9324.
- HELARD, Denny, et al. 2018. The Adsorption and Regeneration of Natural Pumice as Low-Cost Adsorbent for Nitrate Removal From Water. Andalas : Journal of Geoscience, 2018. Vol. 03. 25415794.

HELMENSTINE, Anne Marie. 2019. ThoughtCo. [Online] Dotdash publishing family, 24 Enero 2019. [Riportato: 12 mayo 2019.] <https://www.thoughtco.com/definition-of-adsorption-605820>.

HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, Fernandez Collado, Carlos e Baptista Lucio, Pilar. 2014. Metodología de la investigación. Mexico : McGraw-Hill, 2014. 9781456223960.

HUACALLO Aguilar, Ysabel. Estudio de la eliminación de nutrientes en aguas residuales a escala piloto de configuración A2O en combinación con la EBPR. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017.

INDITEX. 2014. Biofiltros aireables (FT-BIO-006). Coruña : Universidad de Coruña, 2014.

JAVAD MEHRANI, Mohammad, ALIGHARDASHI, Abolghasem e RAMEZANIANPOUR, Amir Mohammad. 2017. Un estudio experimental sobre la capacidad de eliminación de nitratos de los agregados utilizados en el hormigón permeable. Teherán : s.n., 2017.

JENA, Jyotsnarani, et al. 2015. Anoxic-aerobic SBR system for nitrate, phosphate and COD removal from high-strength wastewater and diversity study of microbial communities. Odisha : Biochemical Engineering Journal, 2015.

LEE, H., et al. 2004. Automatic control and remote monitoring systems for biological nutrient removal on small wastewater treatment plants in Korea. Korea : Science Technology, 2004.

LI, Wanjin, et al. 2019. Eliminación de nitrógeno en reactores de secuenciación de lecho móvil con cubo de espuma de poliuretano y material de esponja de Luffa. Adelaida : American Society of Civil Engineers, 2019.

LINARES, Abner, et al. 2017. Tratamiento biológico de aguas residuales generadas en una embotelladora de bebidas no alcohólicas. Venezuela : Revista científica A.S.A., 2017. 2343-6115.

LIU, Ranbin, et al. 2016. Incorporación de humedales construidos en secuenciador de reactores discontinuos para la mejora de la eliminación de nutrientes: una evaluación comparativa. s.l. : Journal of Environmental Management, 2016.

madri+d Blogs. 2007. Blogs madri+d. [Online] Fundacion para el conocimiento Madrid, 10 Mayo 2007. [Riportato: 1 Octubre 2018.] <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2007/05/10/65346>.

MEKONNEN BIRHANIE, Aregu, SEYOUM Leta, ASFAW e MOHAMMED Mazharuddin, Khan. 2018. Identificación de dos medios de filtración de bajo costo y disponibles localmente(piedra pomez y escoria) para la eliminación de contaminantes peligrosos de las aguas residuales de curtiembre. Addís Abeba : s.n., 2018.

MOLINA Burgos, Judith. 2015. Evaluación de eliminación de materia orgánica y nitrógeno de las aguas residuales en un reactor biopelícula de membrana tubular aireada. Coruña : Universidad de Coruña, 2015.

MUÑOZ Paredes, Juan Fernando e Ramos Ramos, Mauricio. 2013. Reactores discontinuos secuenciales: una tecnología versátil en el tratamiento de aguas residuales. s.l. : Ciencia e Ingeniería Neogranadiana, 2013.

NAVA GONZÁLES, Anisbell Karin. 2015. Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en poblaciones pequeñas con SBR para la obtención de un efluente apto para riego. Maracaibo : programa de postgrado en ciencias del ambiente, 2015.

NAVA URRUEGO, Lizet Marina, Gasperín Sánchez, Raquel e Durán Moreno, Alfonso. 2013. Comparación de un reactor de biomasa suspendida y un reactor de bioamasa adherida para la biodegradación de compuestos tóxicos presentes en aguas residuales de refinerías de petróleo. Ciudad de México : Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 2013. 0188-4999.

OJEDA Rosas, Laura y BUITRÓN Méndez, Germán. 2003. Selección del medio soporte para un reactor sbr anaerobio/aerobio. Mexico : Instituto de Ingeniería, UNAM, 2003.

ORTIZ MINGO, Jesus. 2015. Tratamientos avanzados de agua potable para eliminación de materia orgánica disuelta: Aplicacion del BAC. Madrid : Universidad Politecnica de Madrid, 2015.

PACHECO BUENO, Nelson Fernando e NOGUERA ROLDÁN, María Alejandra. 2014. Creación a nivel de laboratorio de un reactor de lecho fijo experimental de flujo ascendente para la determinación de los parámetros fundamentales de diseño a escala real. Cuenca : s.n., 2014.

- PACHECO OJEDA, Juan David e SANABRIA CUBILLO, Alexander. 2019. Diseño y evaluación de un reactor biológico de lecho móvil de cargas secuenciales como alternativa de tratamiento para un vertimiento procedente de una industria farmacéutica. Bogotá : Programa de ingeniería ambiental y sanitaria, 2019.
- PARRA RIQUELME, Riquelme. 2006. Optimización de un biorreactor de lecho móvil (MBBR) para la biodegradación de un efluente proveniente de la industria de celulosa Kraft. Concepción : s.n., 2006.
- PEREZ, Maria Luisa y DAUTANT, Rafael. Estudio del proceso de remoción de Fosforo y Nitrógeno en un reactor discontinuo secuencial (SBR) variando los tiempos del ciclo. Valencia : s.n.
- PESONEN, Janne, et al. 2019. Uso de la dolomita calcinada como precipitante químico en la eliminación simultánea de amonio y fosfato de las aguas residuales sintéticas y de lodos agrícolas. Oulu : s.n., 2019.
- R., ATLAS e R., BARTTHA. 2002. Ecología microbiana y Microbiología ambiental. Madrid : Pearson Educación S.A., 2002.
- REYNOLDS, K. 2002. Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica. Arizona : De la LLAVE, 2002.
- SEYEDSALEHI, M., et al. 2017. Evaluation of moving-bed biofilm sequencing batch reactor (MBSBR) in operating A2O process with emphasis on biological removal of nutrients existing in wastewater. Taharân : s.n., 2017. 199-206.
- SHOKOOHI, Reza, et al. 2016. Efficiency of a Bed Biofilm Reactor Using a LECA Carrier to Treat Hospital Wastewater. Hamadan : Avicenna, 2016.
- SIMON, Francesc Xavier, et al. 2013. Biological activity in expanded clay (EC) and granulated activated carbon (GAC) seawater filters. Madrid : Leitat Technological Center, 2013.
- SINGH, Mohini y SRIVASTAVA, R. K. 2010. Sequencing batch reactor technology for biological wastewater treatment. Perth : s.n., 2010.

SIRAKOV, Ivaylo, et al. 2017. Comparación entre dos tecnologías de producción y dos tipos de sustrato en un sistema de recirculación acuopónica experimental. Stara Zagora : s.n., 2017.

SOCIETÀ TRATTAMENTO ACQUE S.R.L. 2017. S.T.A. Società Trattamento Acque S.r.l. [Online] Culligan, 30 Enero 2017. [Riportato: 1 Mayo 2019.] <https://www.stacque.com/en/impianti/wastewater-treatment/reactors-discontinuous-cycle-sbr>.

THI Chinh, Tang, et al. 2018. Secuenciación del reactor por lotes y la comunidad bacteriana en lodos granulares aeróbicos para el tratamiento de aguas residuales del sector de fabricación de fideos. Vietnam : Applied Sciences, 2018.

VARGAS ROJAS, Juan Carlos e TORRES VERGARA, Jairo Andrés. 2008. Diseño, implementación y estudio hidrodinámico de un reactor biológico de cargas secuenciales de flujo a pistón para tratar aguas residuales sintéticas. Bogotá : s.n., 2008.

VASQUEZ PEREZ, Sheyli Jazmin. 2017. Análisis de la eficiencia de un prototipo de Biofiltro en el tratamiento de aguas residuales para riego en Trapiche, Comas, 2017. Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2017.

VILLALOBOS JANDENTE, Martin. 2013. Solución problemática de la planta de tratamiento de aguas residuales de ciudad altamirano, Guerrero. Toluca : Universidad Autonoma del Estado de Mexico, 2013.

MIYASHIRO, TSUKAZAN Jaime A. 2009. Vulnerabilidad físico habitacional: Tarea de todos. ¿Responsabilidad de alguien? 5, Lima : Estudios urbanos DESCO, 2009. 978-612-4043-07-9.

YAMASHITA, Takahiro e YAMAMOTO-IKEMOTO, Ryoko. 2014. Nitrogen and Phosphorus Removal from Wastewater Treatment Plant Effluent via Bacterial Sulfate Reduction in an Anoxic Bioreactor Packed with Wood and Iron. Tokyo : International Journal of Environmental research and public health, 2014. 1660-4601.

YUAN, Yue, et al. 2016. Improving municipal wastewater nitrogen and phosphorous removal by feeding sludge fermentation products to sequencing batch reactor (SBR). Beijing : Beijing university of Technology, 2016.

ZHANG, Shaoxiang, et al. 2019. Simultaneous Removal of Ammonia, Phosphate and COD from Slaughterhouse wastewater by natural zeolite. Beijing : AIP Conference Proceedings, 2019.

ZILZ, LUANA, Dias da Silva, Joel e PINHEIRO, Adilson. 2014. Eficiência do melão como fonte de carbono na remoção de nitrito em lixiviados de aterros sanitários. Sao Paulo : s.n., 2014.

ANEXOS

Anexo I

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	INSPECCION DE MEDIOS DE SOPORTE EN REACTOR BIOLOGICO SECUENCIAL (SBR)
---	--

Fecha: _____

Lugar: _____

Coordenadas: _____

INSPECCIÓN DE MEDIOS DE SOPORTE EN REACTOR BIOLOGICO SECUENCIAL (SBR)			
CARACTERÍSTICAS		MEDIOS DE SOPORTE	
		ARCILLA EXPANDIDA	PIEDRA PÓMEZ
DATOS GENERALES	RESPONSABLE		
	PROCEDENCIA		
	FECHA OBTENCIÓN		
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	GRANULOMETRÍA		
	TEXTURA		
	COLOR		
	DENSIDAD		
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	COMPOSICIÓN QUÍMICA		

Realizado por:	
Nombre y Apellidos	
Cargo	
Firma	

Revisado por: _____

Firma: _____

Revisado por: _____

Firma: _____

Revisado por: _____

Firma: _____

Anexo 2

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	INSPECCION DEL DISEÑO DE LOS REACTORES BIOLÓGICO-SECUENCIALES (SBR)
---	--

INSPECCIÓN DE DISEÑO DE LOS REACTORES BIOLÓGICOS SECUENCIALES					
Características	Unidad de medida	Reactor con Arcilla expandida	Reactor con Piedra pómez	Reactor con Arcilla expandida y piedra pómez	Observaciones
Altura del reactor	cm				
Diámetro	cm				
Volumen de operación	m ³				
Volumen del reactor	m ³				
Difusores de oxígeno	l/m				
Tiempo de ciclo de operación	h				
Caudal	l/s				
Velocidad de agitación	rpm				

Revisado por: _____

Firma: _____

Revisado por: _____

Firma: _____

Revisado por: _____

Firma: _____

Anexo 3

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	REGISTRO CADENA DE CUSTODIA
---	-----------------------------

REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA										
Numero de custodia					Responsable de toma de muestra					
Nombre del PTAR:										
Coordenadas UTM:					Firma					
Muestra Nº	Afluente	Efluente	Hora de toma de muestra	Volumen requerido	Tipo de envase		Reactivos de preservación	Parámetros químicos medidos		Observaciones
					Vidrio	Plástico		Fosfatos (ppm)	Nitratos (ppm)	

Tipo de agua:		Recepción de Laboratorio	
		Nombre y Apellidos	

Fuente: Ficha adaptada del protocolo de monitoreo D.S 003-2010 Ministerio de Vivienda

Revisado por: _____

Firma: _____

Revisado por: _____

Firma: _____

Revisado por: _____

Firma: _____

Anexo 4

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	REPORTE DE RESULTADO DE EFLUENTES DEL SISTEMA SBR CON MEDIOS DE SOPORTE
--	--

REPORTE DE RESULTADOS DEL SISTEMA SBR CON MEDIOS DE SOPORTE													
Horas de tratamiento	Repeticiones	Reactor con Arcilla expandida				Reactor con Piedra pómez				Reactor acrilla expandida/ piedra pómez			
		Nitrato		Fosfato		Nitrato		Fosfato		Nitrato		Fosfato	
		Concentracion inicial (ppm)	Concentración final (ppm)	Concentracion inicial (ppm)	Concentración final (ppm)	Concentracion inicial (ppm)	Concentración final (ppm)	Concentracion inicial (ppm)	Concentración final (ppm)	Concentracion inicial (ppm)	Concentración final (ppm)	Concentracion inicial (ppm)	Concentración final (ppm)
4	1												
	2												
	3												
6	1												
	2												
	3												
8	1												
	2												
	3												

Revisado por: _____

Firma: _____

Revisado por: _____

Firma: _____

Revisado por: _____

Firma: _____

Anexo 5. -Matriz de consistencia

Título: Eficiencia de medios de soporte en un reactor biológico secuencial (SBR) para la remoción de nutrientes en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cuál será la eficiencia de los medios de soporte en un reactor biológico secuencial (SBR) para la remoción de nutriente en aguas residuales, Villa Salvador,2019?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el tiempo de ciclo operacional óptimo en un reactor biológico secuencial para la remoción de nutrientes en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019? • ¿Cuál es el medio de soporte más eficiente en la remoción de nitratos en un reactor biológico secuencial 	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar la eficiencia de los medios de soporte en un reactor biológico secuencial para la remoción de nutrientes en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el óptimo tiempo de ciclo operacional para la remoción de nutrientes con los medios de soporte en un reactor biológico secuencial, en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019. • Determinar el medio de soporte más eficiente para la remoción de nitratos en las aguas residuales en un reactor 	<p>HIPOTESIS GENERAL</p> <p>Los medios de soporte son eficientes en un reactor biológico secuencial (SBR) para la remoción de nutrientes en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019.</p> <p>HIPOTESIS ESPECÍFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de ciclo operacional óptimo es significativo para la remoción de nutrientes con los medios de soporte en un reactor biológico secuencial en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019. • El medio de soporte más eficiente es significativo para la remoción de nitratos en las aguas residuales en un reactor 	<p>INDEPENDIENTE</p> <p>Eficiencia de medios de soporte en un reactor biológico secuencial (SBR)</p> <p>DIMENSIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> -Identificación del Medios de soporte -Tiempo de ciclo operacional <p>DEPENDIENTE</p> <p>Remoción de nutrientes en aguas residuales</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Aplicada</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Experimental</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Explicativo</p> <p>POBLACIÓN</p>

<p>(SBR) en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el medio de soporte más eficiente en la remoción de fosfatos en un reactor biológico secuencial (SBR) en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019? • ¿De qué manera los medios de soporte en un reactor biológico secuencial permitirán cambios en las propiedades fisicoquímicas en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019? 	<p>biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el medio de soporte más eficiente para la remoción de fosfatos en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019. • Determinar los cambios en las propiedades fisicoquímicas de las aguas residuales usando los medios de soporte en un reactor biológico secuencial en aguas residuales, Villa el Salvador, 2019. 	<p>biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El medio de soporte más eficiente es significativo para la remoción de fosfatos en las aguas residuales en un reactor biológico secuencial, Villa el Salvador, 2019. • Existen cambios en las propiedades fisicoquímicas de las aguas residuales usando los medios de soporte en los reactores biológico-secuenciales, Villa el Salvador, 2019. 	<p>DIMENSIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Propiedades fisicoquímicas -Porcentaje de remoción de nitratos -Porcentaje de remoción de fosfatos 	<p>Efluente de aguas residuales</p> <p>MUESTRA 27 litros</p> <p>MUESTREO No probabilístico</p> <p>UNIDAD DE ANÁLISIS 100 mililitros</p> <p>TÉCNICAS E</p> <p>ISNTRUMENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> -Conservación -Cadena de custodia -Informe de ensayo
---	--	--	--	---

Fuente: Elaboración propia 2019

Anexo 6 Instrumentos validados

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	INSPECCION DE MEDIOS DE SOPORTE EN REACTOR BIOLOGICO SECUENCIAL (SBR)
---	--

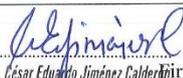
Fecha: _____

Lugar: _____

Coordenadas: _____

INSPECCIÓN DE MEDIOS DE SOPORTE EN REACTOR BIOLOGICO SECUENCIAL (SBR)			
CARACTERÍSTICAS		MEDIOS DE SOPORTE	
		ARCILLA EXPANDIDA	PIEDRA PÓMEZ
DATOS GENERALES	RESPONSABLE		
	PROCEDENCIA		
	FECHA OBTENCIÓN		
	GRANULOMETRÍA		
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	TEXTURA		
	COLOR		
	DENSIDAD		
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	COMPOSICIÓN QUÍMICA		

Realizado por:	
Nombre y Apellidos	
Cargo	
Firma	

Revisado por: _____


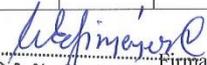
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355

Revisado por: ACOSTA SUAREZ EUSTERIO HORACIO Firma: _____
 CIP N° 25450

Revisado por: JAVE NARAYO JORGE LEONARDO Firma: _____
 CIP 43444

INSPECCIÓN DE DISEÑO DE LOS REACTORES BIOLÓGICOS SECUENCIALES					
Características	Unidad de medida	Reactor con Arcilla expandida	Reactor con Piedra pómez	Reactor con Arcilla expandida y piedra pómez	Observaciones
Altura del reactor	cm				
Diámetro	cm				
Volumen de operación	m ³				
Volumen del reactor	m ³				
Difusores de oxígeno	l/m				
Tiempo de ciclo de operación	h				
Caudal	l/s				
Velocidad de agitación	rpm				

Revisado por: _____

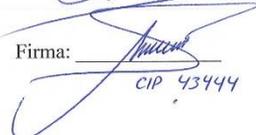


 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355

 Revisado por: ACOSTA SUASABAR EUSTERIO HORAÑO
 CIP: 25450

 Firma: 

 Revisado por: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO

 Firma: 
 CIP 43444


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
REPORTE DE RESULTADO DE EFLUENTES DEL SISTEMA SBR CON MEDIOS DE SOPORTE

REPORTE DE RESULTADOS DEL SISTEMA SBR CON MEDIOS DE SOPORTE

Horas de tratamiento	Repeticiones	Reactor con Arcilla expandida			Reactor con Piedra pómez			Reactor acrílica expandida/ piedra pómez		
		Nitrato Concentración inicial (ppm)	Fosfato Concentración final (ppm)	Nitrato Concentración final (ppm)	Nitrato Concentración inicial (ppm)	Fosfato Concentración inicial (ppm)	Nitrato Concentración final (ppm)	Nitrato Concentración inicial (ppm)	Fosfato Concentración inicial (ppm)	Nitrato Concentración final (ppm)
4	1									
	2									
	3									
6	1									
	2									
	3									
8	1									
	2									
	3									

Revisado por: _____ Firma: 
 Dr. César Edgardo Jiménez Calderín
 C.M. 42355

Revisado por: ACOSTA SUASABARAR EUSTELIO ADRIANO Firma: 
 C.I.P. N.º 25450

Revisado por: JAVE NARAYO JORGE LEONARDO Firma: 
 C.I.P. 43444



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAXAYO JORGE LEONARDO
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REGISTRO CADENA DE CUSTODIA
 I.4. Autor(A) de Instrumento: BRICENO TACUNAN RICHARD MANUEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 03 de Abril del 2019


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 01066653. Telf. 992.00.1015

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE, UCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSPECCION DEL DISEÑO DE LOS REACTORES BIOLÓGICOS SECUENCIALES
 I.4. Autor(A) de Instrumento: BRIEYD TACUMAN RICHARD MANUEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 03 de Abril del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP N° 25450
 DNI No. 08306325 Telf. 97442836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO TORGE LEONARDO
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DCU
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REPORTE DE RESULTADO DE EFUENTES DEL SERVICIO COMERCIAL DE SOPORTE DE SOPORTE
 I.4. Autor(A) de Instrumento: BRICENO TACUNAN RICHARD MANUAL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

sí

no

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 3 de Abril del 2019


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No 2066653 Telf: 992005015

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSPECCIÓN DEL DISEÑO DE LOS REACTORES BIOLÓGICOS SECUENCIALES
 I.4. Autor(A) de Instrumento: BRICEÑO TACUNAN RICHARD MANUEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, ... 03 de Abril ... del 2019

[Firma manuscrita]

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 07066655 Telf.: 992005015

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUAREZ, EUSTERIO HORACIO
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSPECCIÓN EN MEDIOS DE SOPORTE EN RBS
 I.4. Autor(A) de Instrumento: BRICENO TACUWAN, RICHARD MANUEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 03 de Abril del 2018



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP N° 25450
 DNI No. 08306521 Telf. 974142836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNAVAR EUSTERIO HORACIO
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA
 I.4. Autor(A) de Instrumento: BRICEÑO TALCUNAN RICHARD MANUEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 03 de Abril del 2019



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP N° 25450
 DNI No. 08306575 Telf.: 97442836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASUVABAR ZUSTERIO HORACIO
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REPORTE DE RESULTADOS DE EFLUENTES DE JSR CON MEDIOS DE SOPORTE
 I.4. Autor(A) de Instrumento: BRICEÑO TACUMAN RICHARD MANUEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 03 de Abril del 2019



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
CIP N° 25450

DNI No. 0830675 Telf.: 974142836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: JIMÉNEZ CALDERÓN CÉSAR EDUARDO
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE TIEMPO COMPLETO - UCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSPECCIÓN DE MEDIOS DE SOPORTE EN RBS
 I.4. Autor(A) de Instrumento: BRICEÑO TACUNAN RICHARD MANUEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %



Richard Manuél Briceño Tacunan
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355

Lima, 10 de Abril del 2019

 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: JIMÉNEZ CALDERÓN CÉSAR EDUARDO
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE TIEMPO COMPLETO - UCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSPECCIÓN DEL DISEÑO DE REACTORES RBS
 I.4. Autor(A) de Instrumento: BRICENO TACWAN RICHARD MANUEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												/	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												/	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												/	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

Edgar Jiménez

85 %

Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP. 42355

Lima, 10 de Abril del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. Telf:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: JIMÉNEZ CALDERÓN CÉSAR EDUARDO
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE TIEMPO COMPLETO - UCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REPORTE DE RESULTADO DE EFLUENTES DEL SBA CON MEDIOS DE SOPORTE
 I.4. Autor(A) de Instrumento: BRICENO TACUMA RICARDO MANUEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

Si

85 %



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP. 42355

Lima, 10 de Abril del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Tel:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: JIMÉNEZ CALDERÓN CÉSAR EDUARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC - UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA
 1.4. Autor(A) de Instrumento: BRICEÑO TACUNAN RICHARD HANUEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

Si

85 %



César Eduardo Jiménez Calderón
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355

Lima, 10 de Abril del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf.:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO
 I.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSPECCIÓN DE MEDIOS DE SOPORTE EN REACTOR ENRICO BELENZON
 I.4. Autor(A) de Instrumento: BRICEÑO TACUNAN RICHARD MANUEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Sí
 No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 3 de Abril del 2018



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

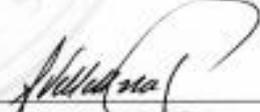
DNI No. 01066653 Telf. 992 005015

Anexo 8 Informe de ensayo composición química de la piedra pómez

	UNSA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AUCAPATA	LABINVSERV Laboratorio de Investigación y Servicios
INFORME DE ENSAYOS		
REPORTE N°: 20497-19		
Concentración de muestra: piedra pómez		
ELEMENTO	CONCENTRACIÓN (%)	
SiO ₂	75,1	
Al ₂ O ₃	16,6	
K ₂ O	3,96	
CaO	1,68	
Fe ₂ O ₃	1,51	
TiO ₂	0,31	
Cl	0,303	
SO ₃	0,137	
MnO	0,118	
BaO	0,0682	
V ₂ O ₅	0,0672	
SrO	0,048	
NiO	0,0199	
CuO	0,0167	
ZrO ₂	0,014	
ZnO	0,0125	
Rb ₂ O	0,0081	
PbO	0,0045	
Y ₂ O ₃	0,0015	
CdO	0,0013	
As ₂ O ₃	0,0006	

Página 2 de 2

Emitido en Arequipa, 29 de enero de 2019.

 Dr. Juan Reyes Larico Jefe de Laboratorio RCQP - 348		 Lc. Fredy Valdivia Peña Químico Responsable RCQP - 642
--	---	---

Av. Independencia s/n. Ciudad Universitaria
Pueblo de Quinua - Laboratorio 308 - Primer Piso

Teléfono: 051 - 203360
E-mail: labinserv@unsa.edu.pe



Ficha Técnica

ARGEX® 8-16

DESCRIPCIÓN:

ARGEX® 8-16 es un árido ligero de arcilla que se expande en un horno rotatorio a 1200°C. Es un producto natural, ligero, resistente, incombustible, no inflamable e inalterable con el tiempo.

CAMPO DE APLICACIÓN

Rellenos con un buen comportamiento tanto térmico como acústico, tales como, soleras, recrecidos y aislamiento de forjados en edificios, relleno y formación de pendientes en cubiertas y rellenos de cámaras de aire.

Las propiedades mecánicas y físicas del árido, hace que sea indicado en obras de geotecnia, agricultura y paisajismo, drenaje y aislamiento de soleras sobre el terreno, muros de contención, jardinerías y cubiertas ajardinadas.

CARACTERÍSTICAS:

ARGEX® 8-16	Valor declarado	Unidades
Granulometría real	8,0 – 16,0	mm
Densidad aparente seca	274	(±15%) kg/m ³
Partículas machacadas	12	(% masa)
Resistencia a compresión (± 10%)	1,3	MPa
Conductividad Térmica	0,10	(W/m.°C)
Absorción de agua	22,8	(% masa seca)
Resistencia al fuego	Incombustible Euro Class A1	-

RECOMENDACIONES DE UTILIZACIÓN

ARGEX® puede ser utilizada suelta, regada con lechada de cemento o como árido para la confección de hormigones ligeros.

En la aplicación como rellenos y hormigones, hacer la mezcla con 2/3 del agua prevista, echando el resto al final, para evitar el exceso de agua y la fluctuación de ARGEX®.

MODO DE SUMINISTRO

ARGEX® 8-16 se encuentra disponible en sacos de 50 litros, y sacas de 1,5 m³ y de 3,0 m³.

También puede ser suministrada a granel o camiones cisternas.

El volumen considerado en fábrica es el aparente y no el del material compactado.

TRANSPORTE Y ALMACENAJE

Durante el transporte y almacenamiento, puede existir una segregación de los áridos más finos, alteraciones en el contenido de humedad, y disminución del volumen aparente debido a la compactación del material, similar a la de otros áridos como arena y grava.

HIGIENE Y SEGURIDAD

Producto inerte, no representa riesgo para la salud ni el medio ambiente. En algunas aplicaciones se puede dar la formación de polvo, por lo que es conveniente la utilización de máscaras de protección.

ARGEX – Argilla Expandida, SA
Zona Industrial, Azaruéis
3770-811 Busto – Aveiro – Portugal
T (+351) 234-781 820 F (+351) 234-781 824
@ argex@argex.pt W www.argex.pt



	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002	 <small>Registro N° LE - 002</small>									
INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1913986 Rev. 0											
RICHARD MANUEL BRICEÑO TACUNAN PUEBLO JOVEN JAVIER HERAUD MZ K SUB LOTE 8 ENV / LB-345762-002 PROCEDENCIA : FISCAL											
Fecha de Recepción SGS : 08-06-2019 Fecha de Ejecución : Del 08-06-2019 al 17-06-2019 Muestreo Realizado Por : CLIENTE											
<table border="1"><thead><tr><th>Estación de Muestreo</th></tr></thead><tbody><tr><td>AT1-R1</td></tr><tr><td>AT1-R2</td></tr><tr><td>AT1-R3</td></tr><tr><td>BT1-R1</td></tr><tr><td>BT1-R2</td></tr><tr><td>BT1-R3</td></tr><tr><td>CT1-R1</td></tr><tr><td>CT1-R2</td></tr></tbody></table>			Estación de Muestreo	AT1-R1	AT1-R2	AT1-R3	BT1-R1	BT1-R2	BT1-R3	CT1-R1	CT1-R2
Estación de Muestreo											
AT1-R1											
AT1-R2											
AT1-R3											
BT1-R1											
BT1-R2											
BT1-R3											
CT1-R1											
CT1-R2											
Emitido por SGS del Perú S.A.C. Impreso el 17/06/2019  Frank M. Julcamoro Quispe C.Q.P. 1033 Coordinador de Laboratorio											
Página 1 de 7											



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1913986 Rev. 0**

Estación de Muestreo
CT1-R3
MEP-01
AT2-R1
AT2-R2
AT2-R3
BT2-R1
BT2-R2
BT2-R3
CT2-R1
CT2-R2
CT2-R3
AT3-R1
AT3-R2
AT3-R3
BT3-R1
BT3-R2
BT3-R3
CT3-R1
CT3-R2
CT3-R3
MED-02



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1913986 Rev. 0**

IDENTIFICACION DE MUESTRA					AT1-R1	AT1-R2	AT1-R3
FECHA DE MUESTREO					07/06/2019	07/06/2019	07/06/2019
HORA DE MUESTREO					12:00:00	12:10:00	12:15:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Antiones							
Fosfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.019	0.038	18.020	30.041	26.961
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	214.163	216.748	213.158

IDENTIFICACION DE MUESTRA					BT1-R1	BT1-R2	BT1-R3
FECHA DE MUESTREO					07/06/2019	07/06/2019	07/06/2019
HORA DE MUESTREO					12:20:00	12:25:00	12:30:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Antiones							
Fosfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.019	0.038	28.338	27.329	15.696
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	222.012	220.055	215.938

IDENTIFICACION DE MUESTRA					CT1-R1	CT1-R2	CT1-R3
FECHA DE MUESTREO					07/06/2019	07/06/2019	07/06/2019
HORA DE MUESTREO					12:35:00	12:40:00	12:45:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Antiones							
Fosfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.019	0.038	30.605	12.487	21.980
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	201.880	202.738	202.273

IDENTIFICACION DE MUESTRA					MEP-01	AT2-R1	AT2-R2
FECHA DE MUESTREO					07/06/2019	07/06/2019	07/06/2019
HORA DE MUESTREO					08:50:00	20:00:00	20:05:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Antiones							
Fosfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.019	0.038	43.949	34.116	34.217
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	229.803	211.532	210.930

IDENTIFICACION DE MUESTRA					AT2-R3	BT2-R1	BT2-R2
FECHA DE MUESTREO					07/06/2019	07/06/2019	07/06/2019
HORA DE MUESTREO					20:10:00	20:15:00	20:20:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Antiones							
Fosfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.019	0.038	32.132	33.382	38.301
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	210.843	209.436	211.184



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1913986 Rev. 0**

IDENTIFICACION DE MUESTRA						BT2-R3	CT2-R1	CT2-R2
FECHA DE MUESTREO						07/06/2019	07/06/2019	07/06/2019
HORA DE MUESTREO						20:25:00	20:30:00	20:35:00
CATEGORIA						AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA						MUNICIPAL	MUNICIPAL	MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado	
Fosfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.019	0.038	31.054	24.967	23.995	
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	210.275	186.371	186.811	

IDENTIFICACION DE MUESTRA						CT2-R3	AT3-R1	AT3-R2
FECHA DE MUESTREO						07/06/2019	08/06/2019	08/06/2019
HORA DE MUESTREO						20:40:00	09:00:00	09:05:00
CATEGORIA						AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA						MUNICIPAL	MUNICIPAL	MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado	
Fosfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.019	0.038	26.788	30.653	29.478	
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	187.292	214.367	213.030	

IDENTIFICACION DE MUESTRA						AT3-R3	BT3-R1	BT3-R2
FECHA DE MUESTREO						08/06/2019	08/06/2019	08/06/2019
HORA DE MUESTREO						09:10:00	09:15:00	09:20:00
CATEGORIA						AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA						MUNICIPAL	MUNICIPAL	MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado	
Fosfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.019	0.038	30.027	23.567	25.750	
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	213.167	213.015	198.181	

IDENTIFICACION DE MUESTRA						BT3-R3	CT3-R1	CT3-R2
FECHA DE MUESTREO						08/06/2019	08/06/2019	08/06/2019
HORA DE MUESTREO						09:25:00	09:30:00	09:35:00
CATEGORIA						AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA						MUNICIPAL	MUNICIPAL	MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado	
Fosfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.019	0.038	32.916	25.957	30.855	
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	214.188	194.737	212.928	

IDENTIFICACION DE MUESTRA						CT3-R3	MED-02
FECHA DE MUESTREO						08/06/2019	08/06/2019
HORA DE MUESTREO						09:40:00	08:50:00
CATEGORIA						AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA						MUNICIPAL	MUNICIPAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	
Fosfato	EW_EPA300_0	mg/L	0.019	0.038	25.088	47.066	
Nitrato	EW_EPA300_0	mg/L	0.031	0.062	199.440	227.080	

Notas: