



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Eficiencia del uso de plástico PET en los filtros biológicos  
paratratamiento de aguas residuales domésticas del  
Asentamiento Humano 09 de Octubre – Comas**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Vilchez Tacca, Ronald Bill (ORCID: 0000-0001-9535-7552)

**ASESOR:**

Dr. Cabrera Carranza, Carlos Francisco (ORCID: 0000-0002-5821-5886)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LIMA – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

Con mucho afecto a Dios y a mis seres queridos, quienes me brindaron apoyo incondicional durante la ejecución de la tesis.

A mi madre, por su apoyo incondicional, consejos y valores inculcados, además de ser mi motivación cada día.

A mis hermanos, por estar siempre conmigo en los buenos y malos momentos, y de quienes aprendo cada día de mi vida.

## **Agradecimiento**

A Dios, por permitirme culminar esta etapa de mi vida universitaria, y darme las fuerzas para superar los obstáculos que la vida presenta.

Así mismo agradezco a mi madre por ser el pilar fundamental de mi vida, y por enseñarme a no rendirme ante las dificultades que se presentaron durante la investigación.

A mis asesores por el apoyo brindado y por guiarme hacia la culminación del presente trabajo de investigación.

Y gracias a todos los que apoyaron directa o indirectamente en la realización del presente trabajo de investigación.

## Índice de Contenidos

<b>Índice de Contenidos</b>	i
<b>Índice de tablas</b>	ii
<b>Índice de gráficos y figuras</b>	iii
<b>RESUMEN</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	4
<b>III. METODOLOGÍA</b>	12
3.1 Tipo y diseño de investigación	12
3.2 Variables y operacionalización	12
3.3 Población, muestra y muestreo	13
Población	13
Muestra	13
Muestreo	13
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5 Procedimiento	14
Etapa 1: Diseño del filtro biológico	14
Etapa 2: Construcción del filtro	14
Etapa 3: Instalación del filtro biológico y funcionamiento	15
Etapa 4: Recolección de muestras	16
Etapa 5: Recolección de datos	17
3.6 Métodos de análisis de datos	17
<b>IV. RESULTADOS</b>	18
<b>V. DISCUSIÓN</b>	37
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	41
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	42
<b>REFERENCIAS</b>	43
<b>ANEXOS</b>	

## Índice de tablas

Tabla 1. Resultados de tratamientos	18
Tabla 2. Prueba de Normalidad	18
Tabla 3. Resumen estadístico	20
Tabla 4. Análisis de Varianza para Temperatura	21
Tabla 5. Análisis de varianza variable pH	22
Tabla 6. Análisis de varianza para DBO5	23
Tabla 7. Análisis de Varianza para DQO	24
Tabla 8. Análisis de varianza para Sólidos Totales	25
Tabla 9. Análisis de varianza para Aceites y Grasas	26
Tabla 10. Análisis de varianza para Coliformes Termorresistentes	27
Tabla 11. Prueba de diferencia de medias para tratamiento PET1	28
Tabla 12. Prueba de diferencia de medias para tratamiento PET2	30
Tabla 13. Comparación de medias entre tratamientos	33
Tabla 14. Comparación de resultados con LMP	34
Tabla 15. Porcentaje de reducción en parámetros – Tratamiento PET1	35
Tabla 16. Porcentaje de reducción en parámetros – Tratamiento PET2	36

## Índice de gráficos y figuras

<b>Gráfico 1.</b> Resultados Temperatura	21
<b>Gráfico 2.</b> Resultados pH	22
<b>Gráfico 3.</b> Resultados DBO5	23
<b>Gráfico 4.</b> Resultados DQO	24
<b>Gráfico 5.</b> Resultados Sólidos Totales Suspendidos	25
<b>Gráfico 6.</b> Resultados Aceites y Grasas	26
<b>Gráfico 7.</b> Resultados Coliformes Termotolerantes	27
<b>Gráfico 8.</b> Resultados del Tratamiento PET1	28
<b>Gráfico 9.</b> Resultados del Tratamiento PET2	31
<b>Gráfico 10.</b> Porcentaje de Remoción Tratamiento PET1	35
<b>Gráfico 11.</b> Porcentaje de Remoción Tratamiento PET2	36
<b>Figura 1.</b> Construcción de filtro biológico	14
<b>Figura 2.</b> Interior del filtro biológico	15
<b>Figura 3.</b> Interior del filtro biológico con plástico PET de relleno	15
<b>Figura 4.</b> Caracterización del agua residual	16
<b>Figura 5.</b> Muestras del agua residual	16

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia del plástico PET como medio filtrante en el tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en el Asentamiento Humano 09 de Octubre - Comas. Para ello se construyó un filtro biológico uniendo dos cilindros metálicos de forma vertical, asegurando flujo de agua adecuado para el tratamiento, al interior del filtro biológico se colocó una malla metálica que sirvió como soporte al plástico PET, así como al relleno de limo y arena. Asimismo, se realizó 20 litros de muestra de agua residual doméstica y 40 litros de muestra de agua tratada, tomando como referencia los siguientes parámetros en base al D.S N° 003-2010-MINAM (pH, temperatura, DBO, DQO, Aceites y Grasas, Sólidos Totales Suspendidos y Coliformes Termotolerantes). Los resultados obtenidos del tratamiento de las aguas residuales domésticas fueron que los parámetros presentaron los siguientes porcentajes de remoción: 99% (Coliformes Termotolerantes), 73% (Aceites y Grasas), 76% (Sólidos Totales Suspendidos), 84% (DQO), 90% (DBO) durante el primer tratamiento; mientras que para el segundo tratamiento los resultados fueron: 99% (Coliformes Termotolerantes), 73% (Aceites y Grasas), 76% (Sólidos Totales Suspendidos), 84% (DQO), 90% (DBO). Por ello, se concluye que el plástico PET es eficiente como medio filtrante para tratar aguas residuales domésticas, siendo una alternativa a la problemática ambiental suscitada por el agotamiento de este recurso natural.

**Palabras clave:** filtros biológicos, plástico PET, agua residual, domésticas, parámetros.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the efficiency of PET plastic as a filter medium in the treatment of domestic wastewater generated in the Human Settlement October 09 - Comas. To do this, a biological filter was built by joining two metal cylinders vertically, ensuring adequate water flow for the treatment, a metal mesh was placed inside the biological filter that served as a support for the PET plastic, as well as the silt and sand filling. Likewise, 20 liters of domestic wastewater sample and 40 liters of treated water sample were made, taking as reference the following parameters based on DS N ° 003-2010-MINAM (pH, temperature, BOD, COD, Oils and Fats, Total Suspended Solids and Thermotolerant Coliforms). The results obtained from the treatment of domestic wastewater were that the parameters presented the following removal percentages: 99% (Thermotolerant Coliforms), 73% (Oils and Fats), 76% (Total Suspended Solids), 84% (COD), 90% (BOD) during the first treatment; while for the second treatment the results were: 99% (Thermotolerant Coliforms), 73% (Oils and Fats), 76% (Total Suspended Solids), 84% (COD), 90% (BOD). Therefore, it is concluded that PET plastic is efficient as a filter medium to treat domestic wastewater, being an alternative to the environmental problems caused by the depletion of this natural resource.

**Keywords:** biological filters, PET plastic, waste water, domestic, parameters.



## I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el mundo atraviesa un serio problema, es el de la contaminación ambiental, que para muchos es de minúscula preocupación, pero para otros es trascendental para la existencia del ser humano. Circunscribiendo esta problemática al ciudadano de a pie, encontramos la contaminación por aguas residuales domésticas. En relación a esto, Rodríguez (2014) menciona que, al no dar un adecuado tratamiento a estas aguas, generan un significativo impacto en el ambiente, afectando a todos los seres vivos; es por ello que es de suma importancia un tratamiento adecuado, así como la disminución de los contaminantes, para de esta manera cumplir con los estándares vigentes. Ante esta problemática que debe de ser de interés de todas las personas, la ONU (2017) indicó que, en un futuro no muy lejano, el volumen de las aguas residuales que requerirán un tratamiento eficaz, aumentara de manera significativa en los países en vías de desarrollo. por otro lado, la ONU (2017) señala que estas aguas en mención, carecen de un tratamiento eficaz a nivel mundial, generando contaminación y atentando contra la salud, el porcentaje de aguas que carecen de tratamiento a nivel mundial, es de 80%.

No hay duda que existen países con una gran responsabilidad ambiental y compromiso con ello, pero existe otra parte que por sus escasos recursos y nivel de desarrollo presentan problemas con respecto al tema en mención. Es así que la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 2011) manifiesta que el tratamiento de aguas residuales es bajo, se llega a esa conclusión teniendo en cuenta cifras precedentes, en el 2010 el Perú tan solo trataba el 32.7% de agua residuales y ello hasta la actualidad no ha tenido una mejora. Un ejemplo claro de esto es la ciudad de Lima, quien trata un 66 % de aguas residuales domésticas, y en todo el Perú solo se trata el 20 %.

En relación con lo manifestado hasta el momento, el destino final de las aguas residuales producidas por las distintas actividades humanas, repercute a gran escala en el ambiente, si no son manejadas adecuadamente. Es por ello que la presente investigación tiene como finalidad determinar la eficiencia del plástico PET

en el tratamiento de aguas residuales domésticas y contribuir a la solución del problema.

La presente investigación tiene como problema general lo siguiente: ¿Es eficiente el uso de plástico PET como medio filtrante en el tratamiento de las aguas residuales domésticas del Asentamiento Humano 09 de octubre?, y como problemas específicos: ¿Cuánto reduce los valores de los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas utilizando el plástico PET como medio filtrante en los filtros biológicos?, ¿Cuánto reduce los valores de los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas utilizando el plástico PET como medio filtrante en los filtros biológicos?, ¿Cuánto reduce los valores de los parámetros biológicos de las aguas residuales domésticas utilizando el plástico PET como medio filtrante en los filtros biológicos?.

Existen diferentes métodos de tratamiento de aguas residuales, elegir el método más adecuado resulta complicado ya que eso depende de las características ambientales y geográficas, es por ello que este estudio se basará en el tratamiento de las aguas residuales mediante el uso de filtros biológicos, ya que por su alta eficiencia puede remover materia orgánica y sólidos suspendidos, además de no necesitar grandes espacios de terrenos así como una baja inversión, pero cumpliendo con su propósito que es el tratar las aguas residuales domésticas de la población. También, se propone el plástico PET como medio filtrante del sistema de filtros biológicos, debido a la facilidad de conseguir este material. El proyecto es viable debido a su bajo costo, es factible como sistema de tratamiento de aguas y adaptable con otros tipos de tratamientos. La importancia de los sistemas de tratamientos de aguas residuales recae en su eficiencia y efectividad, con el propósito de buscar el mayor rendimiento y costos mínimos de operación y mantenimiento. Asimismo, los recursos humanos y materiales nos ayudaran a mantener el equilibrio ambiental, económico y social.

Se planteó el siguiente objetivo general: Determinar la eficiencia del plástico PET como medio filtrante en el tratamiento de las aguas residuales domésticas del Asentamiento Humano 09 de octubre, y como objetivos específicos: Cuantificar los valores de reducción en los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas utilizando plástico PET como medio filtrante en lo filtros biológicos, cuantificar los

valores de reducción en los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas utilizando plástico PET como medio filtrante en los filtros biológicos, cuantificar los valores de reducción en los parámetros biológicos de las aguas residuales domésticas utilizando plástico PET como medio filtrante en los filtros biológicos.

Por otro lado, la hipótesis planteada fue la siguiente: El uso de plástico PET como medio filtrante es eficiente para el tratamiento de las aguas residuales domésticas del Asentamiento Humano 09 de octubre Comas.

## II. MARCO TEÓRICO

El Tereftalato de Polietileno, más conocido como PET, es un polímero resistente a la degradación, pero moldeable a temperaturas y presión altas. El principal uso del plástico, es de envase para bebidas, sin embargo, existen otros usos como, por ejemplo, en la industria textil, etc. Por otro lado, debido al excesivo consumo de bebidas en cada sector del país, la generación de este material ha incrementado considerablemente, llevando a reflexionar sobre la contaminación que ocasiona la mala disposición de estos materiales. Es por ello, que una de las técnicas más utilizadas en la actualidad es el reciclaje de estos materiales; la cual consiste en reaprovechar estos materiales y darles un uso adicional. Debido a la prevalencia mundial de este material, tiene un alto valor y es particularmente importante para reciclar (Nodal, 2011).

El PET en su estado natural es una resina incolora y semi cristalina. Con base en cómo se procesa, el PET puede ser semirrígido o rígido, y es muy liviano. Es una buena barrera para el gas y la humedad, así como una buena barrera para el alcohol (requiere un tratamiento de "barrera" adicional) y solventes; es fuerte y resistente a los impactos y se vuelve blanco cuando se expone al cloroformo y a otros químicos como el tolueno. Alrededor del 60% de cristalización es el límite superior para los productos comerciales, con la excepción de las fibras de poliéster. Los productos transparentes se pueden producir enfriando rápidamente el polímero fundido a una temperatura de transición vítrea de ( $T_g$ ) para formar un sólido amorfo (Guerrero et.ál, 2003).

El éxito de cualquier concepto de reciclaje está oculto en la eficiencia de la purificación y descontaminación en el lugar correcto durante el procesamiento y en la medida necesaria o deseada. En general, se aplica lo siguiente: Cuanto antes se eliminen las sustancias extrañas en el proceso y cuanto más se haga esto, más eficiente será el proceso. La alta temperatura de plastificación del PET es la razón por la cual casi todas las impurezas orgánicas comunes como PVC, PLA, poliolefina, pasta de madera química y fibras de papel, acetato de polivinilo, adhesivo de fusión, colorante, el azúcar y los residuos de proteínas se transforman en productos de degradación coloreados que, a su vez, podrían liberar

productos de degradación reactiva. Entonces, el número de defectos en la cadena de polímero aumenta considerablemente. La distribución del tamaño de partícula de las impurezas es muy amplia, las partículas grandes que son visibles a simple vista y fáciles de filtrar, representan el mal menor, ya que su superficie total es relativamente pequeña y, por lo tanto, la velocidad de degradación es menor. La influencia de las partículas microscópicas, debido a que son muchas, aumentan la frecuencia de defectos en el polímero (Mansilla y Ruiz, 2009).

El lema "lo que el ojo no ve el corazón no lo siente" se considera muy importante en muchos procesos de reciclaje. Por lo tanto, además de una clasificación eficiente, la eliminación de partículas de impurezas visibles mediante procesos de filtración por fusión desempeña un papel particular en este caso. En general, se puede decir que los procesos para hacer escamas de botellas de PET a partir de botellas recolectadas son tan versátiles como los diferentes flujos de residuos son diferentes en su composición y calidad; en vista de la tecnología, no hay una sola manera de hacerlo. Mientras tanto, hay muchas empresas de ingeniería que ofrecen plantas de producción de escamas, y es difícil decidir por una u otra planta de diseño. Sin embargo, hay procesos que comparten la mayoría de estos principios (Mansilla y Ruiz, 2009).

Por otro lado, la contaminación ambiente sigue siendo un tema que preocupa, para mermar esto se utilizan distintas vías. Una de esas vías es el tratamiento de aguas residuales tiene como principal propósito mejorar las condiciones del agua en el bienestar de la población que utiliza este recurso. Su principal accionar recae en la eliminación de sustancias nocivas del agua para el consumo humano y/o otras actividades a las que pueda estar destinada. Los procesos físicos, químicos y biológicos se utilizan para eliminar contaminantes y producir aguas residuales tratadas (o efluentes tratados) que son lo suficientemente seguros para su liberación al medio ambiente. Un subproducto del tratamiento de aguas residuales es un residuo semisólido o lodo, llamado lodo de aguas residuales. El lodo debe someterse a un tratamiento adicional antes de ser adecuado para su aplicación en tierra (Delgadillo & Condori, 2010).

Para la mayoría de las ciudades, el sistema de alcantarillado también llevará una proporción de efluentes industriales a la planta de tratamiento de aguas residuales,

el cual generalmente ha recibido un tratamiento previo en las propias fábricas para reducir la carga de contaminantes. Si el sistema de alcantarillado es un alcantarillado combinado, también llevará la escorrentía urbana (aguas pluviales) a la planta de tratamiento de aguas residuales. Las aguas residuales pueden viajar hacia las plantas de tratamiento a través de tuberías y en un flujo asistido por gravedad y bombas. La primera parte de la filtración de aguas residuales incluye típicamente la filtración de sólidos y objetos grandes, que luego se recolectan en contenedores y se desechan en vertederos; la grasa también se elimina antes del tratamiento primario de las aguas residuales (Delgadillo & Condori, 2010).

Un tipo de agua residual, es el agua residual doméstica. Se denomina así a las aguas que ya fueron utilizadas en actividades domésticas; y habitualmente presentan color oscuro. Por otro lado, están formadas por las aguas que son conducidas por la red de desagüe. Las aguas residuales son cualquier agua que ha sido afectada por el uso humano, son aguas usadas en cualquier combinación de actividades domésticas, escorrentía superficial o aguas pluviales. Las características de las aguas residuales varían según la fuente. Los tipos de aguas residuales incluyen: aguas residuales domésticas de hogares, aguas residuales municipales o aguas residuales industriales. Las aguas residuales pueden contener contaminantes físicos, químicos y biológicos. Los hogares pueden producir aguas residuales de inodoros, fregaderos, lavaplatos, lavadoras, bañeras y duchas. Los hogares que usan inodoros secos producen menos aguas residuales que los que usan inodoros (Boletín Informativo ANA, 2016).

Las aguas residuales domesticas pueden ser transportadas en una alcantarilla combinada que incluye escorrentía de aguas pluviales y aguas residuales industriales. Después del tratamiento en una planta de tratamiento de aguas residuales, las aguas residuales tratadas (también llamadas efluentes) se descargan a un cuerpo de agua receptor. Los términos "reutilización de aguas residuales" o "recuperación de agua" se aplican si los residuos tratados se utilizan para otro propósito. Las aguas residuales domesticas que se descargan al medio ambiente sin un tratamiento adecuado causan la contaminación del agua. En los países en desarrollo y en las zonas rurales con baja densidad de población, las

aguas residuales domesticas a menudo son tratadas por varios sistemas de saneamiento en el sitio y no se transportan en alcantarillas. Estos sistemas incluyen tanques sépticos conectados a campos de drenaje, sistemas de alcantarillado en el sitio (OSS), sistemas de vermifiltros, etc. (Boletín Informativo ANA, 2016).

Un tratamiento plausible de estas aguas son los sistemas de filtros biológicos. Por lo general, constan de dos compartimientos, esto con el fin de llevar a cabo correctamente las reacciones que se realizarán dentro de ellos. Un primer compartimiento, se realiza la reacción anaerobia, en el cual los microorganismos degradarán la materia orgánica asimismo la clarificación del agua es una de las funciones de este compartimiento. Por otro lado, en el segundo compartimiento, se realiza la oxidación aerobia de la materia orgánica por la acción de los microorganismos, también está formado por un medio filtrante, a base de plástico y un ingreso de aire necesario para la reacción aerobia. Los filtros biológicos son dispositivos para cultivar microorganismos que realizarán una tarea determinada para nosotros (Obdulio, 2010).

Un filtro biológico comercial a menudo viene en forma de una caja que contiene una esponja o un material similar a rizador de cabello donde las bacterias beneficiosas pueden crecer y alimentarse de las impurezas del agua a medida que fluye a través de la caja. Sin embargo, un filtro biológico mecánico no debe servir como la única forma de filtración y debe mejorarse a través de otras plantas acuáticas. Un filtro biológico mecánico se puede omitir por completo y se puede construir completamente compuesto del material vegetal seleccionado para un cuerpo de agua. En el área pantanosa de un estanque, por ejemplo, las coletas realizan casi la misma función que un hígado humano. Sus raíces tuberosas atraen y absorben impurezas del agua. Las plantas marginales, como las juncias o las caléndulas de pantano, también son excelentes para crear condiciones para las bacterias beneficiosas que pueden ayudar a limpiar el cuerpo de agua (Obdulio, 2010).

Los sistemas de filtros biológicos por lo general, constan de dos compartimientos, esto con el fin de llevar a cabo correctamente las reacciones que se realizarán dentro de ellos. Un primer compartimiento, se realiza la reacción anaerobia, en el cual los microorganismos degradarán la materia orgánica asimismo la clarificación del agua es una de las funciones de este compartimiento. Por otro lado, en el segundo compartimiento, se realiza la oxidación aerobia de la materia orgánica por la acción de los microorganismos, también está formado por un medio filtrante, a base de plástico y un ingreso de aire necesario para la reacción aerobia. Los filtros biológicos son dispositivos para cultivar microorganismos que realizarán una tarea determinada para nosotros (Obdulio, 2010).

Romero (2017) desarrolló una investigación, la cual se basó en diseñar el sistema de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales, evaluar las características de agua y formular el plan de seguimiento y mantenimiento del sistema de biofiltros. La metodología aplicada es descriptiva, basada en una investigación de campo. Sus conclusiones arrojaron, para que el sistema de biofiltros sea óptimo y eficiente su plan de funcionamiento debe contemplar diferentes actividades, se debe controlar el caudal si se dan aumentos de precipitaciones, es importante que la limpieza de las rejillas se realice todos los días, que va a evitar taponamientos por la presencia de material de gran tamaño, para que el tratamiento no solo sea efectivo, si no que funciones correctamente se debe contar con el personal idóneo.

Nagua (2016), realizó un estudio el cual tuvo como objetivo principal: implementar el sistema de depuración "biofiltros" construidos con materiales que sean de fácil acceso, de bajo presupuesto y con enfoque de sostenibilidad socio ecológico de manera que cuando se envié el agua residual gris se determiné la eficiencia y eficacia del proyecto. Se utilizó como metodología el aforo volumétrico para determinar el caudal de agua, el levantamiento de información del área de estudio, y el análisis de agua residual, dichas actividades permitieron implementar el prototipo del sistema de tratamiento. Como conclusión final, el resultado fue el proceso de implementación del prototipo. Con la ejecución del sistema se buscó generar interés por solucionar problemas presentes en la universidad y proyectar la importancia de la reutilización de aguas, la funcionalidad del prototipo aplicará una vez que las plantas estén crecidas y adaptadas al lugar. Esta tecnología ha



sido implementada en otros países como Nicaragua en donde se han obtenido buenos resultados en la remoción de contaminantes de aguas residuales grises.

Cortez (2015), desarrolló la investigación sobre bioabsorción del Cr (VI) presente en soluciones sintéticas, empleando un sistema de filtración biológica con olote de maíz, en la comunidad de San Lorenzo Huitzilapan, la metodología empleada corresponde a la construcción del sistema de biofiltración en dos etapas, en la que cada una tenía el biomaterial, se pasaron por el sistema de doble filtración las soluciones preparadas con diferentes niveles de concentración, para luego llevar a cabo la cuantificación del Cr (VI) en las soluciones que se obtuvieron, por medio de la técnica de Espectrofotometría de UV y de Absorción Atómica. Las conclusiones del estudio muestran que el olote no absorbió totalmente el Cr (VI), sin embargo, una buena parte se redujo a Cr (III), por lo que este tipo de materiales se puede emplear para la remoción y absorción eficiente de los materiales pesados que se encuentran presentes en el agua.

Coronel (2015), implementó en la Escuela Superior Politécnica Chimborazo un biofiltro Tohá a escala piloto para efectuar el tratamiento de aguas residuales domésticas, provenientes de la comunidad Langos La Nube, la metodología empleada corresponde a una investigación aplicada, longitudinal con un enfoque cualitativo-cuantitativo. Las conclusiones del estudio muestran que la biofiltración es un tratamiento biológico que resulta eficaz para deputar las aguas residuales domésticas, entre las ventajas se encuentra el hecho de que no produce lodos inestables por qué se degradan todos los sólidos orgánicos que se presentan en el las aguas residuales domésticas y que al no requerir trabajadores calificados disminuyen los costos de operacionalización, además, no necesita impermeabilización debido a la creación de canales en el sistema por parte de las lombrices, permitiendo una mayor porosidad.

Quispe (2018), evaluó el comportamiento eficaz entre dos sistemas pilotos de biofiltros para el tratamiento de las aguas residuales mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos y examinar la calidad del agua residual antes y después de su tratamiento en función de los parámetros ya establecidos a fin de determinar la eficiencia en la remoción de la carga de contaminantes entre los dos sistemas pilotos de biofiltros. La metodología

implementada fue descriptiva y cuantitativa, basada en una investigación de campo. Arrojando como conclusión que en función de los resultados de eficiencia obtenidos se propone el diseño del sistema de biofiltro SB1, considerando una población servida de 100 habitantes con una dotación de agua aprox. de 45 lt/hab.día, se realizó los cálculos de los diferentes procesos, el área total del sistema propuesto es 170 m<sup>2</sup>, la misma que está distribuida para los diferentes tratamientos planteados.

Manzanares (2017), determinó el porcentaje de remoción de materia orgánica de agua residual sintética empleando un filtro aerobio en la mejor condición de caudal y medio filtrante, lo que se desarrolló en una unidad experimental a escala piloto conformada por seis filtros aerobios, la metodología empleada corresponde a un procedimiento experimental que estuvo basado en la biopercolación que consiste en el paso lento de un fluido por un material con una determinada superficie, donde los microorganismos tanto aerobios como anaerobios crean un muro biológico, con el propósito de la degradación de los materiales orgánicos. Las conclusiones del estudio muestran que los filtros aerobios sirven para la remoción de contaminantes en el agua, lo que puede representar un beneficio para las zonas tanto urbanas como rurales, ya que hace posible el descargue de los efluentes tratados a cualquier cuerpo receptor de agua dulce, porque los valores demostrados en el estudio cumplen con la normativa ambiental.

Chávez (2017), presentó un método ecológico que no es costoso y resulta eficaz en las plantas de tratamiento a pequeña y mediana escala, por medio del tratamiento Tohá Modificado, la metodología empleada corresponde a la construcción de un biofiltro tipo Tohá de un metro cúbico de capacidad para el tratamiento del efluente de una industria láctea. Las conclusiones del estudio muestran que el tratamiento de efluentes por medio de biofiltros representa un beneficio para las industrias lácteas, lo que puede ser aplicado también a otros tipos de aguas residuales, por lo que es un tratamiento recomendado para combatir la problemática de las aguas residuales. El nivel de eficiencia de remoción del biofiltro supera el 50% de la carga inicial del efluente que se analizó.

Pérez (2016), publicó su estudio; donde su objetivo principal fue verificar la eficiencia del biodigestor para el tratamiento de aguas residuales domésticas. La

metodología que se uso fue de tipo descriptiva, cuantitativa y experimental. En conclusión, como resultado de esta investigación, se pudo determinar que tres parámetros importantes en la evaluación de calidad de las aguas tratadas en el biodigestor prefabricado, no cumplieron con los límites máximos permisibles. Estos fueron coliformes termotolerantes, DBO y DQO. Por lo tanto, las aguas tratadas por el biodigestor prefabricado no podrán ser vertidas en cuerpos de agua como ríos, lagos o el mar por su grado de contaminación.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada, debido a que se busca solucionar las problemáticas actuales aplicando los conocimientos adquiridos en la presente investigación. (Hernández et ál., 2010). Para este caso, se aplicó la eficiencia del plástico PET en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

El diseño de investigación es de tipo Experimental Puro debido a que se manipuló la variable independiente para evaluar los efectos que tenga sobre la variable dependiente. Además, podemos verificar la relación causa-efecto que ocurren entre las variables.

El enfoque es cuantitativo, ya que se utilizan los parámetros son medibles en base a una cantidad determinada (valor numérico), los cuales permitieron realizar las pruebas matemáticas y estadísticas. Para este caso, los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio.

#### 3.2 Variables y operacionalización

**Variable independiente:** FILTRO BIOLÓGICO USANDO PLÁSTICO PET COMO MEDIO FILTRANTE

El tratamiento biológico de las aguas residuales consiste en aprovechar la actividad biológica en las aguas residuales y las condiciones de los sistemas de tratamiento, para eliminar las sustancias nocivas mediante actividades de oxidación y transformación de las sustancias y así poder reutilizarla. (Alvarez *et.ál.* ,2013)

**Variable dependiente:** AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Se denomina aguas residuales doméstica a las aguas que ya fueron utilizadas en actividades domésticas; y habitualmente presentan color oscuro. (Boletín Informativo ANA, 2016)

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Aguas residuales domésticas generadas por las actividades de los pobladores del Asentamiento Humano 09 de octubre, las cuales desembocan en un canal clandestino subterráneo que tiene como destino final el Río Chillón.

#### **Muestra**

El tamaño de la muestra se tomó de las aguas residuales domésticas en el canal clandestino, a fin de cuantificar los valores de los parámetros de estudio. Para el caso del agua tratada, se realizó la toma de muestra del reservorio donde desfoga el agua tratada del filtro biológico.

20 Litros de aguas residuales (fase pre)

40 Litros de agua tratadas (fase post)

#### **Muestreo**

El muestreo es de método probabilístico y de tipo aleatorio, toda vez que se ha establecido y logrado que todos los parámetros de medición sean incluidos. Asimismo, cada muestra recolectada y llevada al laboratorio se realizó en base a lo dispuesto en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA).

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de los datos para la investigación se empleó técnicas como la observación, así como los ensayos de laboratorio, Adicionalmente, se utilizó los formatos y procedimientos del Protocolo para Monitoreo de Agua.

La validez de los instrumentos de recolección de datos se realizó a través del juicio de expertos, los cuales fueron dos docentes de la Universidad César Vallejo y un ingeniero ambiental con experiencia en el ámbito de la investigación científica y/o ingeniería ambiental. (Ver ANEXO)

### 3.5 Procedimiento

#### Etapa 1: Diseño del filtro biológico

Se ha realizado el diseño del filtro biológico para el tratamiento de aguas residuales domésticas, el cual recibe el agua residual doméstica proveniente de un pozo donde se descargan las aguas residuales generadas en el Asentamiento Humano 09 de octubre.

El filtro biológico diseñado para la investigación tiene una altura de 1.70 metros en total, el funcionamiento es mediante bombeo ya que no se tiene una pendiente considerable para el funcionamiento por gravedad, el sistema de distribución de agua residual doméstica se realiza por bombeo y se distribuye de manera uniforme al lecho filtrante de material PET reciclado para obtener mayor área de contacto. El diseño del filtro biológico se realizó en el programa AutoCAD. (Ver ANEXO)

#### Etapa 2: Construcción del filtro

En vista de que el filtro biológico construido se realizó con fines de investigación, se ha determinado usar una estructura liviana para evitar que la misma necesite una base demasiado pesada, además de disminuir el tiempo de construcción y el costo de la misma; se utiliza para ello cilindros metálicos obtenidos en una empresa privada dedicada a la reutilización de estos materiales.

*Figura 1. Construcción de filtro biológico*



### **Etapa 3: Instalación del filtro biológico y funcionamiento**

Una vez que las estructuras culminadas, se procederá instalar el filtro biológico en la zona de estudio. Asimismo, se procedió a rellenar el material filtrante plástico PET, del mismo modo se rellenará la parte superior con grava y limo a fin de dar consistencia al proceso de filtración biológico. Para esta etapa se utilizó 5kg de plástico PET (5000 botellas aprox.) para el primer tratamiento y 3 kg (3000 botellas aprox.) para el segundo tratamiento.

*Figura 2. Interior del filtro biológico*



*Figura 3. Interior del filtro biológico con plástico PET de relleno*



#### **Etapa 4: Recolección de muestras**

Se tomaron muestras de agua residual antes de ingresar al filtro biológico y después del tratamiento para el análisis de los parámetros Físicos (pH, Temperatura), Químicos (Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Totales, Aceites y Grasas), y Biológicos (Coliformes Termotolerantes). Las muestras de agua fueron llevadas al laboratorio TYPESA ubicado en Calle Delta 269 – Callao.

*Figura 4. Caracterización del agua residual*



*Figura 5. Muestras del agua residual*





### **Etapa 5: Recolección de datos**

Una vez que se realizó los análisis en laboratorio, se obtuvieron los datos de entrada y salida de las muestras tomadas, para los parámetros pH, Temperatura, DBO, DQO, Aceites y Grasas, Coliformes Termotolerantes.

### **3.6 Métodos de análisis de datos**

Los datos recogidos en la fase pre y post, implicará los diversos métodos estadísticos:

- Prueba descriptiva
- Análisis de varianza
- Prueba de hipótesis

### **3.7. Aspectos éticos**

Los aspectos éticos de la presente investigación se circunscriben a lo estipulado mediante la Resolución del Consejo Universitario N°0126/2017 – UCV en donde señalan de manera explícita que el desarrollo de las investigaciones debe de cumplir con los estándares de rigor científico, responsabilidad y honestidad.

Para ello, la Universidad Cesar Vallejo cuenta con el programa TURNITIN que permite determinar el nivel de similitud o coincidencias con otros estudios.

#### IV. RESULTADOS

A efectos del diseño del experimento, se tomarán en cuenta dos factores, el sitio de la toma de muestra (entrada o salida) y el experimento (Tratamiento PET1 y Tratamiento PET2). Para cada una de las siete variables de estudio, se tomaron ocho mediciones, dos para cada una de las combinaciones posibles de los factores. La tabla 1 reporta los valores obtenidos de los análisis de laboratorio para las variables seleccionadas.

**Tabla 1. Resultados de tratamientos**

PARAMETRO	UNIDAD	TRATAMIENTO PET 1		TRATAMIENTO PET 2	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
PH	Unidad pH	7.36	7.01	7.37	7.01
TEMPERATURA	°C	14.70	16.70	14.80	16.50
DBO5	mg/L	148.50	7.10	161.70	7.40
DQO	mg/L	225	11.53	225.40	15.85
SOLIDOS TOTALES	mg/L	27.30	2.60	63.00	2.50
ACEITES Y GRASAS	mg/L	15.37	0.50	17.59	0.50
COLIF. TERMO	NMP/100ml	220000	1.8	790000	1.8

Fuente: elaboración propia

La tabla 2 muestra el modelo estadístico a elegir para diseños experimentales antes y después con muestras pequeñas depende de los resultados individuales con el modelo Shapiro-Wilk.

**Tabla 2. Prueba de Normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Temperatura de Entrada	,307	4	.	,729	4	,024
Temperatura de Salida	,151	4	.	,993	4	,972
pH de Entrada	,307	4	.	,729	4	,024
pH de Salida	,221	4	.	,941	4	,658
DBO5_Entrada	,307	4	.	,729	4	,024
DBO5_Salida	,225	4	.	,975	4	,873
DQO_Entrada	,307	4	.	,729	4	,024
DQO_Salida	,151	4	.	,995	4	,982
SolidosTotales_Entrada	,307	4	.	,729	4	,024
SolidosTotales_Salida	,364	4	.	,732	4	,026
AceitesyGrasas_Entrada	,307	4	.	,729	4	,024

AceitesyGrasas_Salida	,191	4	.	,979	4	,894
ColiformesTermo_Entrada	,307	4	.	,729	4	,024
ColiformesTermo_Salida	,262	4	.	,832	4	,172

a. Corrección de significación de Lilliefors

Dado el caso de los resultados con el modelo Shapiro-Wilk de la mayoría de las variables, presentaron valores de significancia mayores a 0,05 ( $p > 0,05$ ) se procedió en todos los contrastes estadísticos con el modelo T Student.

La tabla 3 reporta la media, desviación estándar y coeficiente de varianza de cada una de las siete variables de estudio, clasificados según el tratamiento al cual pertenecen.

A continuación, se analiza el coeficiente de variación de cada una de las variables de estudio. Para la variable temperatura, se reporta un coeficiente de variación de 0.031 para ambos tratamientos, razón por la cual se afirma que ambos tratamientos tienen la misma variabilidad. Para los valores registrados de pH, el tratamiento PET1 reporta un valor de 0.012, mientras que el tratamiento PET2 posee un valor de 0.004, siendo este último más homogéneo que el primero. Respecto a la demanda biológica de oxígeno, los valores reportados para los tratamientos PET1 y tratamiento PET2 son 0.076 y 0.117, respectivamente, lo cual permite afirmar que el tratamiento PET1 es más homogéneo que el tratamiento PET2. Comparando los valores reportados de la demanda química de oxígeno, los coeficientes para los tratamientos PET1 y PET2 son 0.040 y 0.036, respectivamente, por lo que puede afirmarse que el tratamiento PET2 posee un comportamiento más homogéneo que el tratamiento PET1. En la variable correspondiente a los sólidos disueltos totales, se reporta que el valor para el tratamiento PET1 es 0.000, mientras que el valor para el tratamiento PET2 es 0.026, por este motivo puede afirmarse que el tratamiento PET1 tiene una variación más homogénea que el tratamiento PET2. Para la variable de aceites y grasas, los valores reportados para los tratamientos PET1 y PET2 son 0.003 y 0.005, por lo que se puede afirmar que el tratamiento posee menor variabilidad que el tratamiento PET2. Para finalizar, analizando la variabilidad de la variable correspondiente a los coliformes termotolerantes, se observa que el coeficiente del tratamiento PET1 (0.804) es superior al coeficiente

del tratamiento PET2 (0.202), razón por la cual puede afirmarse que el tratamiento PET2 posee una variación más homogénea en comparación con el tratamiento PET1.

**Tabla 3. Resumen estadístico**

Parámetro	Tratamiento	Media	Desviación	Coef Var
Temperatura	PET1	22.500	0.707	0.031
	PET2	23.000	0.707	0.031
pH	PET1	7.715	0.092	0.012
	PET2	7.540	0.028	0.004
DBO <sub>5</sub>	PET1	13.587	1.037	0.076
	PET2	12.272	1.436	0.117
DQO	PET1	34.635	1.382	0.040
	PET2	31.359	1.129	0.036
Sólidos Totales	PET1	6.520	0.000	0.000
	PET2	6.365	0.163	0.026
Aceites y Grasas	PET1	4.140	0.014	0.003
	PET2	4.195	0.021	0.005
Coliformes Termoresistentes	PET1	2,550.000	2050.610	0.804
	PET2	3,500.000	707.107	0.202

**Fuente:** elaboración propia

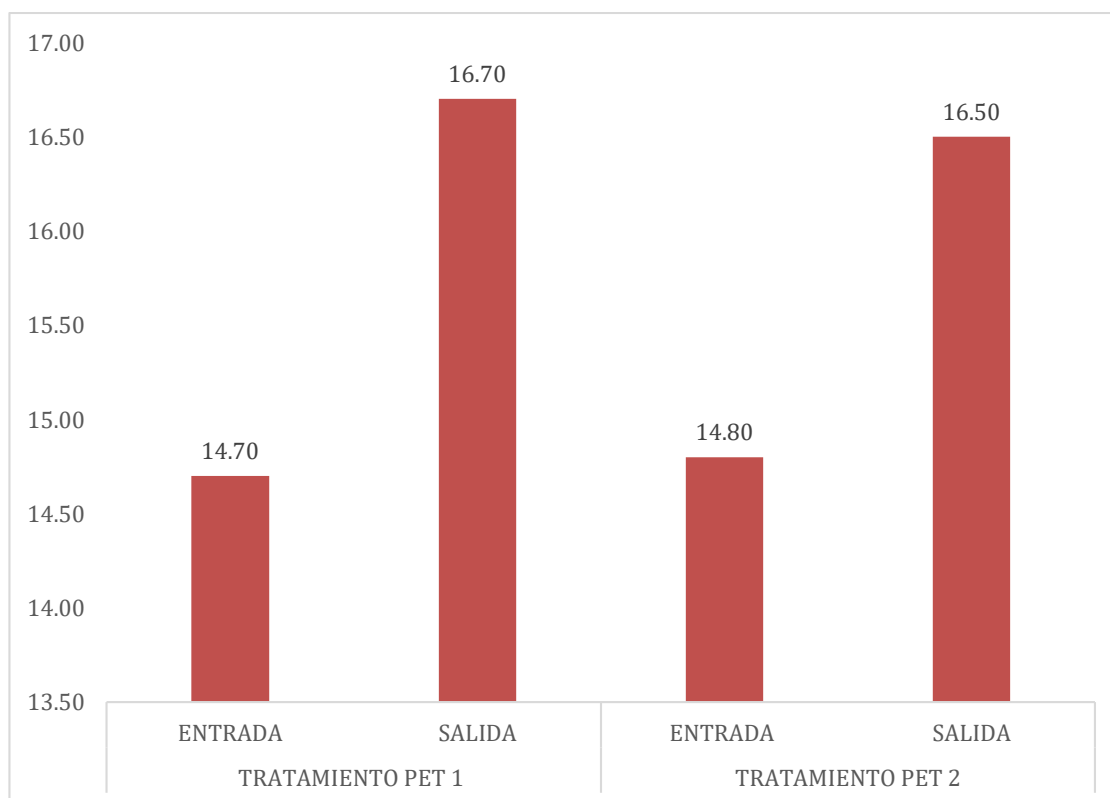
Del mismo modo, se muestra el análisis de varianza para cada una de las variables de estudio, a fin de determinar la naturaleza de la variabilidad de los valores reportados, para todos los estudios, el nivel de significancia seleccionado es de 5%. Para este análisis de varianza, los factores a tomar en cuenta son el tratamiento (PET1 ó PET2) y el sitio de toma (Entrada o Salida). Con este análisis se pretende localizar la fuente de origen de las variaciones con respecto a la media. Para todos los análisis de varianza, la hipótesis nula planteada es la igualdad de medias para todas las medias de la población, mientras la hipótesis alterna es que al menos una de las medias es diferente.

Para la variable temperatura, los valores reportados en la tabla 4 indican que la significancia correspondiente al factor tratamiento y a la interacción entre el tratamiento y la toma es superior a la significancia preestablecida, razón por lo cual, se descarta que haya alguna variación significativa en los valores a consecuencia de estos factores; por otra parte, el análisis del factor toma indica que sí hay una variación significativa de los datos reportados (figura 1).

**Tabla 4. Análisis de Varianza para Temperatura**

Origen	Suma Cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	,000	1	,000	,000	1,000
Toma	136,125	1	136,125	1067,647	,000
Interacción	,000	1	,000	,000	1,000
Error	,510	2	,128		
Total	2986,760	4			

**Gráfico 1. Resultados Temperatura**

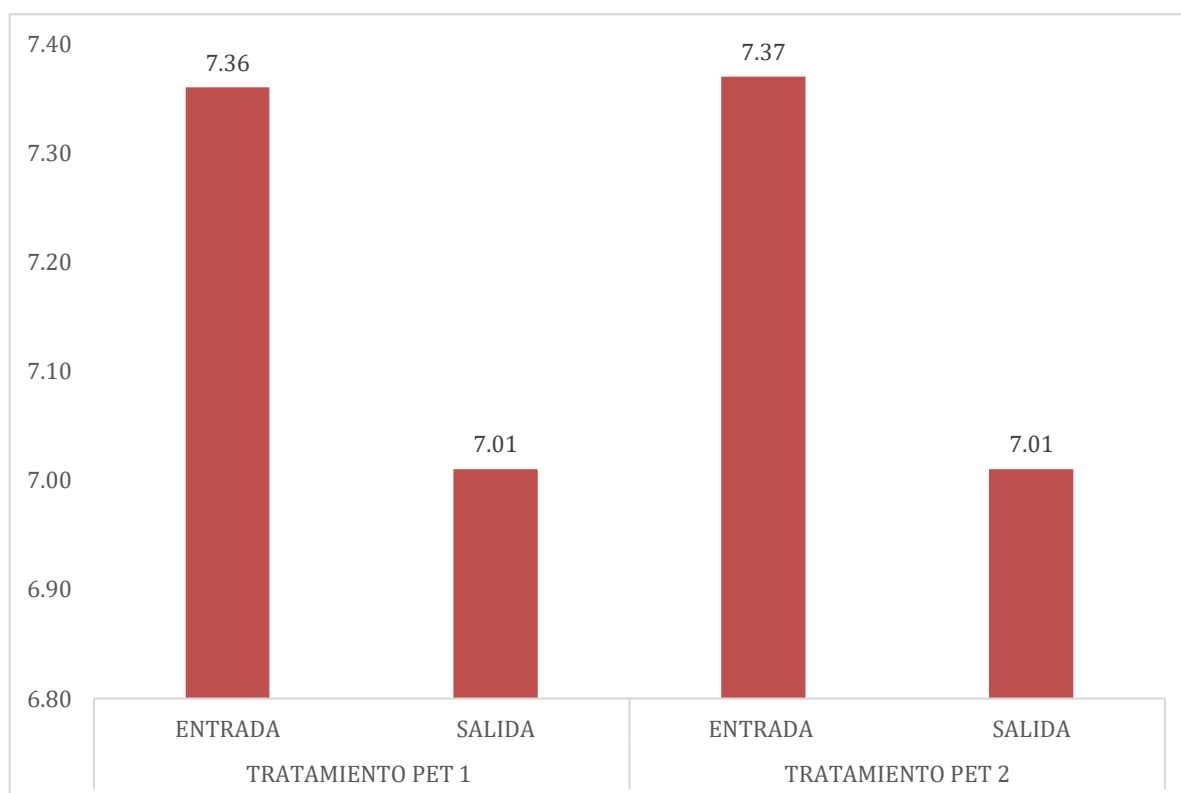


En base a los datos reportados para la tabla 5, se evidenció que la significancia del factor tratamiento es superior a la significancia prestablecida, por lo que puede afirmarse que no hay diferencia significativa entre los dos tratamientos definidos; en cuanto al factor sitio de toma, el valor calculado de la significancia es inferior al valor prestablecido, razón por la cual se afirma que sí hay variaciones significativas entre los valores reportados a la entrada y a la salida del sistema (figura 2).

**Tabla 5. Análisis de varianza variable pH**

Origen	Suma cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	,015	1	,015	6,551	,063
Toma	,138	1	,138	58,957	,002
Interacción	,015	1	,015	6,551	,063
Error	,009	2	,002		
Total	449,728	4			

**Gráfico 2. Resultados pH**

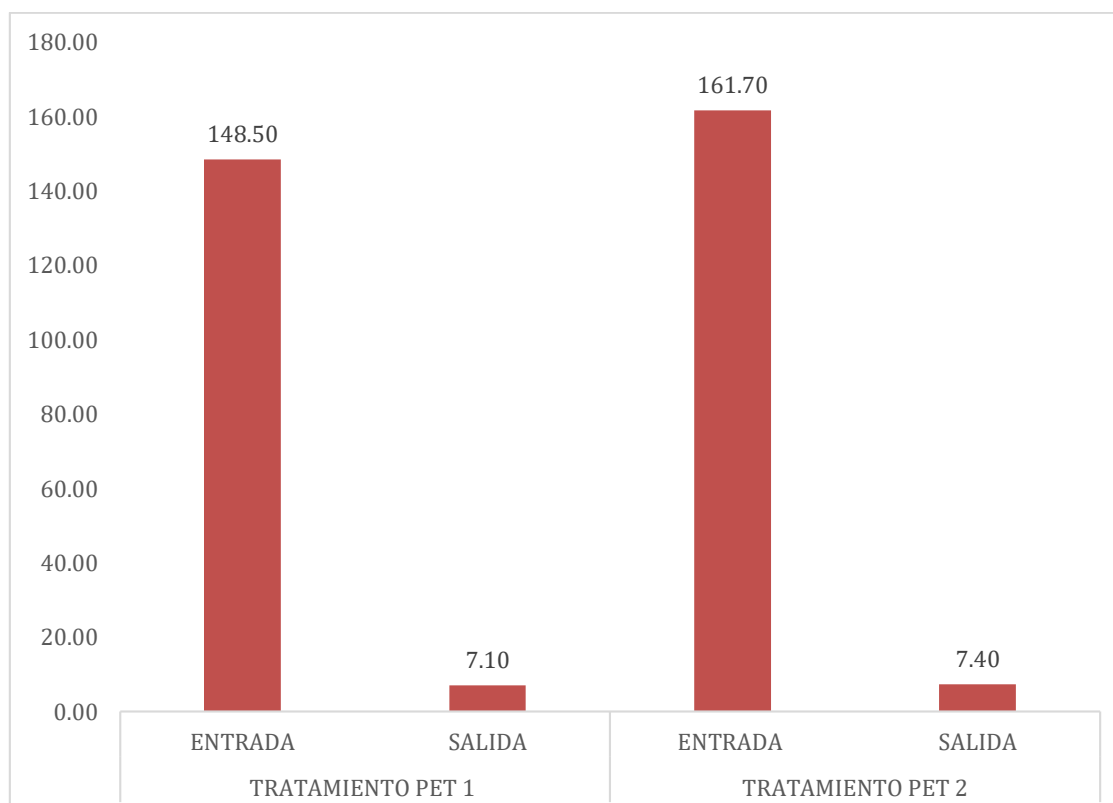


El análisis de varianza reportado en la tabla 6 muestra que la significancia calculada para el factor tratamiento es superior al valor elegido como límite, razón por la cual puede afirmarse que no existe diferencia significativa entre PET1 y PET2 para este parámetro. Para el factor toma, se reporta que su significancia es menor a la definida como crítica, por este motivo, puede afirmarse que existe una diferencia significativa entre los valores reportados a la entrada y a la salida de cada uno de los dos dispositivos (Figura 3).

**Tabla 6. Análisis de varianza para DBO5**

Origen	Suma cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	,865	1	,865	,020	,896
Toma	40425,044	1	40425,044	911,618	,000
Interacción	,865	1	,865	,020	,896
Error	177,377	2	44,344		
Total	97071,810	4			

**Gráfico 3. Resultados DBO5**

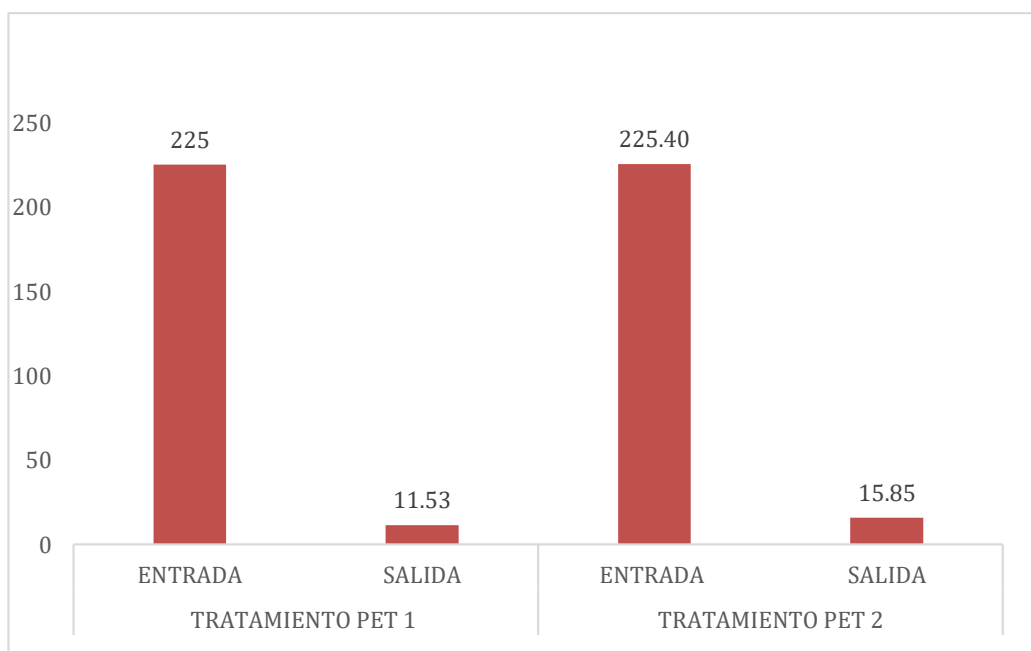


La tabla 7 contiene los cálculos realizados para el análisis de varianza del parámetro DQO. Revisando los valores correspondientes al factor tratamiento, puede observarse que la significancia preestablecida es menor que la significancia calculada, razón por la cual puede afirmarse que no existen diferencias significativas entre las medias correspondientes al DQO para los tratamientos denominados PET1 y PET2. Del mismo modo, la significancia calculada para la interacción entre los factores tratamiento y toma es superior al valor considerado límite, por lo que puede afirmarse que no existe una variación significativa que pueda asignarse a la interacción entre el tratamiento y el sitio de toma de muestra. Para el factor toma, se reporta una significancia inferior al calor crítico, es por esto que puede afirmarse que existe una diferencia significativa entre los valores tomados a la entrada y salida del sistema diseñado (Figura4).

**Tabla 7. Análisis de Varianza para DQO**

Origen	Suma Cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	536,609	1	536,609	6,741	,060
Toma	21953,506	1	21953,506	275,775	,000
Interacción	536,609	1	536,609	6,741	,060
Error	318,427	2	79,607		
Total	639772,608	4			

**Gráfico 4. Resultados DQO**



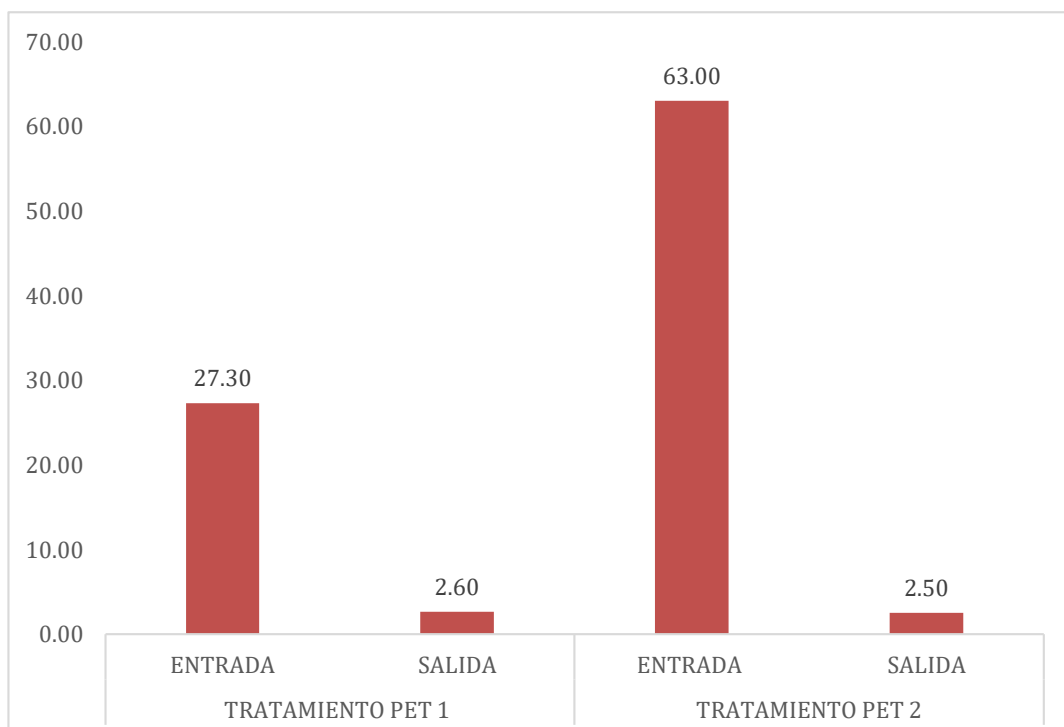


La tabla 8 contiene los valores del cálculo para el análisis de varianza del parámetro Sólidos Totales. Para el factor toma, se reporta una significancia inferior al límite preestablecido, este motivo permite afirmar que existen diferencias consideradas como significativas para el valor promedio de este parámetro entre las lecturas obtenidas a la entrada y a la salida de los tratamientos elaborados. Para el factor tratamiento, la significancia calculada permite afirmar que no hay diferencias significativas entre los valores reportados, para el factor interacción se reporta que la significancia calculada es superior a la preestablecida, por lo que puede afirmarse que no hay efectos significativos de la interacción entre los dos factores considerados en el análisis de varianza (Figura 5).

**Tabla 8.** Análisis de varianza para Sólidos Totales

Origen	Suma Cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	,012	1	,012	,000	,995
Toma	2996,541	1	2996,541	9,404	,037
Interacción	,012	1	,012	,000	,995
Error	1274,516	2	318,629		
Total	9594,654	4			

**Gráfico 5.** Resultados Sólidos Totales Suspendidos

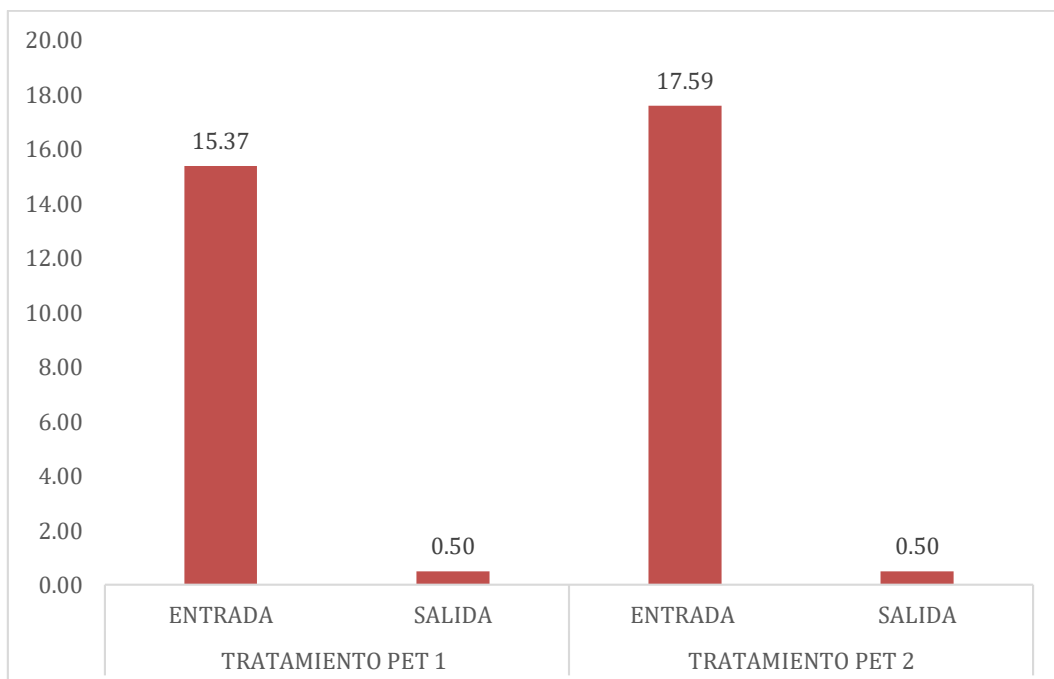


La tabla 9 reporta los valores del análisis de varianza para el parámetro aceites y grasas. Revisando los cálculos referidos al factor tratamiento, puede observarse que la significancia calculada es superior al límite preestablecido, por lo que puede afirmarse que no existen variaciones significativas relacionadas a este factor. Respecto al factor toma, se reporta que la significancia calculada es inferior al valor crítico, razón por la cual se concluye que existen diferencias significativas entre los valores obtenidos a la entrada y a la salida del sistema objeto de estudio. El análisis de varianza permite afirmar además que no existen diferencias significativas que puedan ser asignables a la interacción entre los factores considerados en el estudio.

**Tabla 9.** Análisis de varianza para Aceites y Grasas

Origen	Suma Cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	,002	1	,002	,001	,974
Toma	303,195	1	303,195	246,048	,000
Interacción	,002	1	,002	,001	,974
Error	4,929	2	1,232		
Total	1160,766	4			

**Gráfico 6.** Resultados Aceites y Grasas

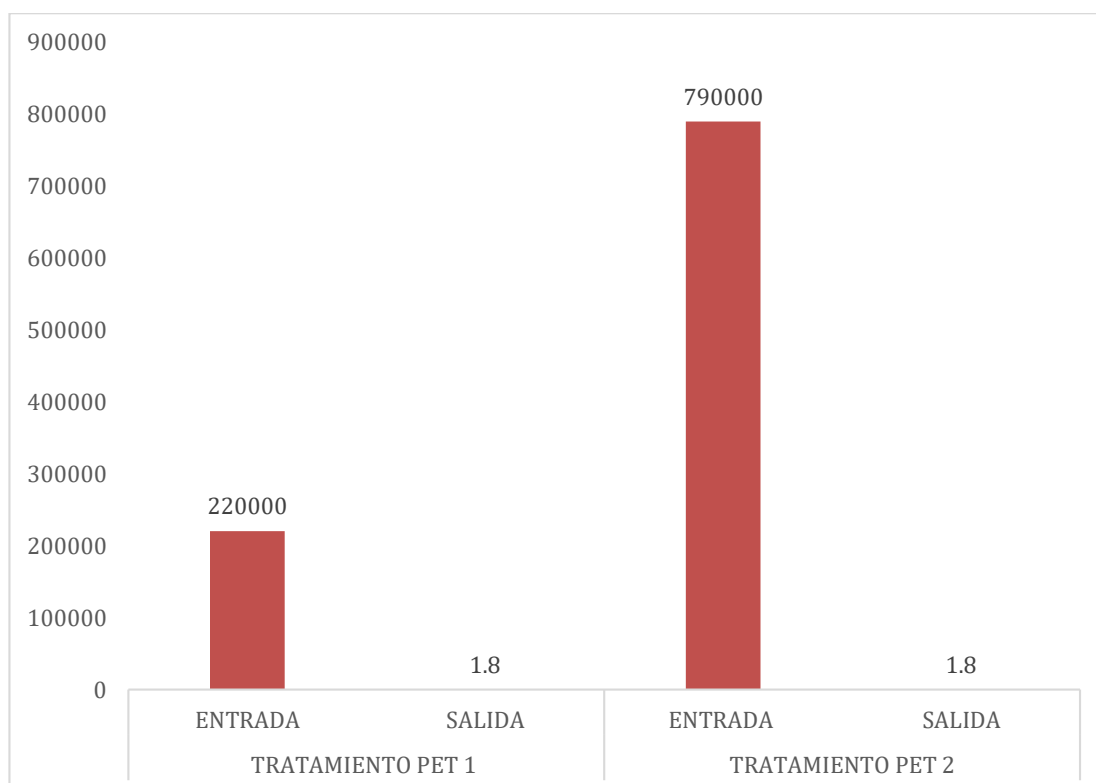


La tabla 10 presenta el análisis de varianza para los valores asociados a los coliformes termorresistentes. Para los dos factores del estudio y para su interacción, se reportar valores de significancia superiores al límite preestablecido, motivo por el cual se afirma que no hay diferencias significativas que puedan ser asignables al tipo de tratamiento, al sitio de toma de muestras o a la interacción entre ambos factores. Esto significa que la variación observada es asignada totalmente a la aleatoriedad del sistema.

**Tabla 10.** Análisis de varianza para Coliformes Termorresistentes

Origen	Suma Cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	0,451E12	1	0,451E12	,028	,874
Toma	2,142E12	1	2,142E12	,135	,732
Interacción	0,451E12	1	0,451E12	,028	,874
Error	63,687E12	4	15,921E12		
Total	167,126E11	8			

**Gráfico 7.** Resultados Coliformes Termotolerantes



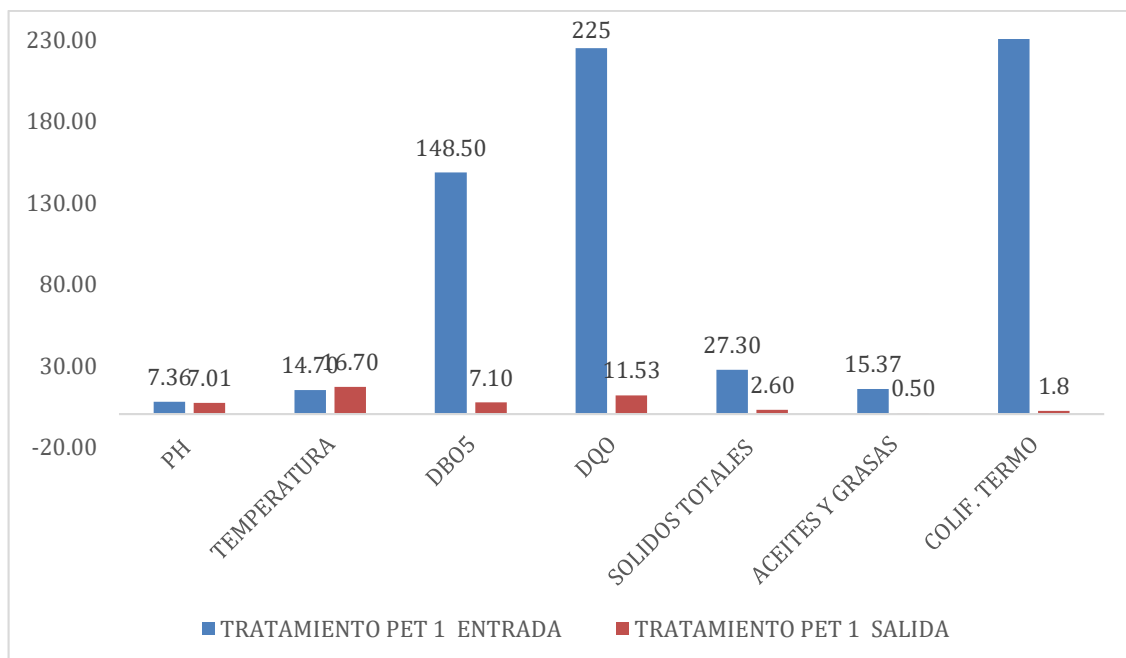
La Tabla 11 contiene los resultados de la diferencia de medias entre las tomas de entrada y salida para el tratamiento PET1. Para esta prueba, se asume la igualdad de varianzas de los valores obtenidos, al provenir del mismo sistema. Para esta prueba de hipótesis, la hipótesis nula planteada es la igualdad de sus medias, es decir, que la diferencia de sus medias sea igual a cero; por otra parte, la hipótesis alterna es que hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias reportadas. El valor de significancia preestablecido es de 0.05.

**Tabla 11. Prueba de diferencia de medias para tratamiento PET1**

Variable	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Temperatura	-165,000	2	0,000	-2,00	0,050
pH	-5,369	2	0,033	0,35	0,0651
DBO5	21,310	2	0,002	141,40	6,640
DQO	-12,398	2	0,006	213,47	9,772
SolTot	2,164	2	0,163	24,70	17,850
AyG	11,117	2	0,008	14,87	1,110
ColiTermo	0,368	2	0,748	219998,20	4104643,711

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 8. Resultados del Tratamiento PET1**



Para la variable temperatura, se reporta una diferencia de medias de -8.25 grados centígrados, lo cual corresponde a un valor t de -165, lo cual escapa de la zona de aceptación de la hipótesis nula, razón por lo cual se puede afirmar que hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias reportadas para esta variable.

Para la variable pH, se reporta una diferencia de medias de -0.350 unidades de pH, lo cual corresponde a un valor t de -5.369, este valor tiene una significancia menor a la considerada como límite, razón por lo cual se puede afirmar que hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias reportadas para esta variable.

Para la variable DBO5, se reporta una diferencia de medias de 141.513, lo cual corresponde a un valor t de 21.310, lo cual escapa de la zona de aceptación de la hipótesis nula, razón por lo cual se puede afirmar que hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias reportadas para esta variable.

En el caso de la variable DQO, la diferencia entre las medias de los valores reportados es de -121.150, lo cual equivale a un valor t de -12.398, la significancia bilateral asociada a este valor es inferior a la significancia crítica, por lo que se puede afirmar que existe una diferencia significativa entre las medias de los valores tomados a la entrada y salida del tratamiento.

Para los sólidos totales, se reporta una diferencia entre medias de 38.630, este valor tiene un t valor equivalente de 2.164, puesto que la significancia de este valor es superior a la significancia preestablecida, puede afirmarse que las medias reportadas son iguales.

Analizando los valores reportados para la variable aceites y grasas, se observa que la diferencia de medias es de 1.110, que equivale a un t-valor de 11.117; la diferencia entre la significancia reportada para este valor (0.008) y la considerada

como límite (0.05) permite afirmar que existe una diferencia significativa entre las medias para los valores tomados a la entrada y a la salida.

Para los valores reportados de los coliformes termorresistentes, la diferencia de medias reportada es de 1510000, lo cual equivale a un t-valor de 0.368 y una significancia de 0.748, la diferencia entre este valor y el límite permite afirmar que no existe una diferencia significativa entre las medias para los valores tomados a la entrada y la salida del tratamiento.

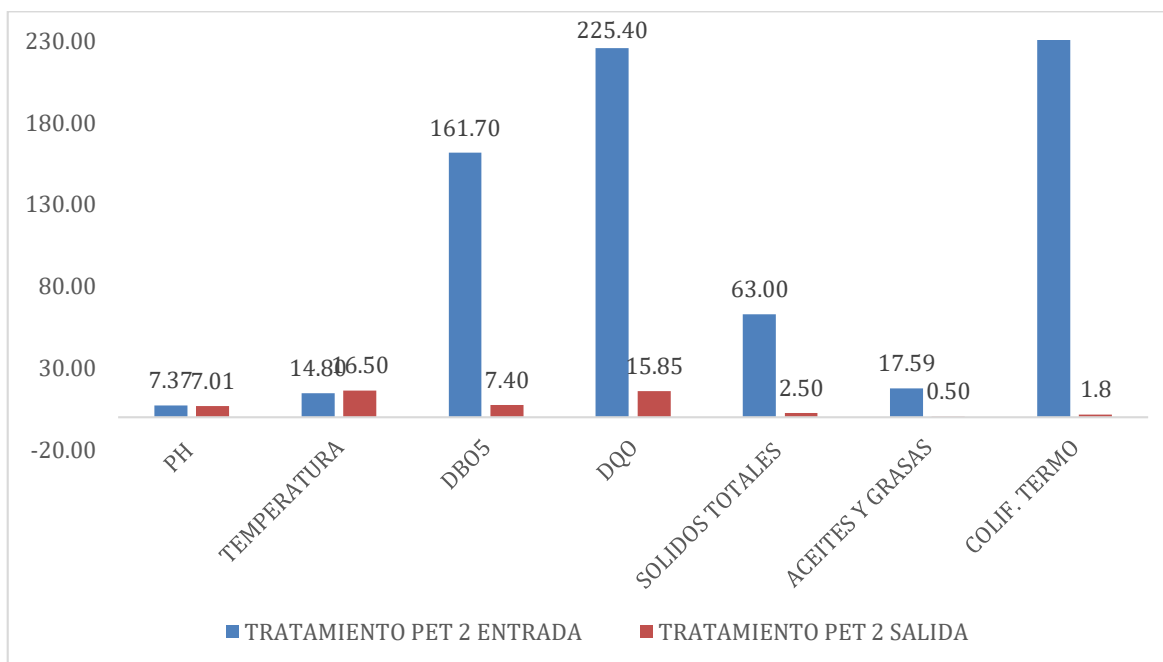
La Tabla 12 contiene los resultados de la diferencia de medias entre las tomas de entrada y salida para el tratamiento PET2. Para esta prueba, se asume la igualdad de varianzas de los valores obtenidos, al provenir del mismo sistema. Para esta prueba de hipótesis, la hipótesis nula planteada es la igualdad de sus medias, es decir, que la diferencia de sus medias sea igual a cero; por otra parte, la hipótesis alterna es que hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias reportadas. El valor de significancia preestablecido es de 0.05.

**Tabla 12.** Prueba de diferencia de medias para tratamiento PET2

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Temperatura	-16,418	2	0,004	-1,70	0,502
pH	-8,489	2	0,014	0,36	0,0206
DBO5	21,389	2	0,002	154,30	6,677
DQO	-11,073	2	0,008	209,55	7,982
SolTot	2,173	2	0,162	60,50	17,850
AyG	11,067	2	0,008	17,09	1,110
ColiTermo	0,145	2	0,898	789998,20	3872415,266

**Fuente:** elaboración propia

**Gráfico 9. Resultados del Tratamiento PET2**



Para la variable temperatura, se reporta una diferencia de medias de -8.25 grados centígrados, lo cual corresponde a un valor t de -16.418, lo cual escapa de la zona de aceptación de la hipótesis nula, razón por lo cual se puede afirmar que hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias reportadas para esta variable.

Para la variable pH, se reporta una diferencia de medias de -0.175 unidades de pH, lo cual corresponde a un valor t de -8.489, este valor tiene una significancia menor a la considerada como límite, razón por lo cual se puede afirmar que hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias reportadas para esta variable.

Para la variable DBO5, se reporta una diferencia de medias de 142.828, lo cual corresponde a un valor t de 21.389, lo cual escapa de la zona de aceptación de la hipótesis nula, razón por lo cual se puede afirmar que hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias reportadas para esta variable.

En el caso de la variable DQO, la diferencia entre las medias de los valores reportados es de -88.390, lo cual equivale a un valor t de -11.073, la significancia bilateral asociada a este valor es inferior a la significancia crítica, por lo que se

puede afirmar que existe una diferencia significativa entre las medias de los valores tomados a la entrada y salida del tratamiento.

Para los sólidos totales, se reporta una diferencia entre medias de 38.785, este valor tiene un t valor equivalente de 2.173, puesto que la significancia de este valor es superior a la significancia preestablecida, puede afirmarse que las medias reportadas son iguales.

Analizando los valores reportados para la variable aceites y grasas, se observa que la diferencia de medias es de 12.285, que equivale a un t-valor de 11.067; la diferencia entre la significancia reportada para este valor (0.008) y la considerada como límite (0.05) permite afirmar que existe una diferencia significativa entre las medias para los valores tomados a la entrada y a la salida.

Para los valores reportados de los coliformes termorresistentes, la diferencia de medias reportada es de 560000 lo cual equivale a un t-valor de 0.145 y una significancia de 0.898, la diferencia entre este valor y el límite permite afirmar que no existe una diferencia significativa entre las medias para los valores tomados a la entrada y la salida del tratamiento.

La Tabla 13 contiene los resultados de la diferencia de medias entre las tomas de salida de los tratamientos PET1 y PET2. Para esta prueba, se asume la igualdad de varianzas de los valores obtenidos, al provenir del mismo sistema. Para esta prueba de hipótesis, la hipótesis nula planteada es la igualdad de sus medias, es decir, que la diferencia de sus medias sea igual a cero; por otra parte, la hipótesis alterna es que hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias reportadas. El valor de significancia preestablecido es de 0.05.



**Tabla 13.** Comparación de medias entre tratamientos PET 1 y PET 2

Parámetro	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Temperatura	0,000	2	1,000	0,000	0,500
pH	2,573	2	,124	0,175	0,068
DBO5	1,050	2	,404	1,315	1,252
DQO	2,597	2	,122	32,760	12,614
Sólidos Totales	1,348	2	,310	,1550	0,115
Aceites y Grasas	-3,051	2	,093	-,0550	0,018
Coliformes Termo	-0,619	2	,599	-950000,000	1533786,165

**Fuente:** elaboración propia

Para la variable temperatura, se reporta una diferencia de medias de 0.000 grados centígrados, lo cual corresponde a un valor t de 0.000, lo cual está dentro de la zona de aceptación de la hipótesis nula, razón por lo cual se puede afirmar que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias reportadas para esta variable.

Para la variable pH, se reporta una diferencia de medias de 0.175 unidades de pH, lo cual corresponde a un valor t de 2.573, este valor tiene una significancia mayor a la considerada como límite, razón por lo cual se puede afirmar que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias reportadas para esta variable.

Para la variable DBO5, se reporta una diferencia de medias de 1.315, lo cual corresponde a un valor t de 1.050, lo cual está dentro de la zona de aceptación de la hipótesis nula, razón por lo cual se puede afirmar que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medias reportadas para esta variable.

En el caso de la variable DQO, la diferencia entre las medias de los valores reportados es de 32.760, lo cual equivale a un valor t de 2.597, la significancia bilateral asociada a este valor es superior a la significancia crítica, por lo que se

puede afirmar que no existe una diferencia significativa entre las medias de los valores tomados a la entrada y salida del tratamiento experimental.

Para los sólidos totales, se reporta una diferencia entre medias de 0.155, este valor tiene un t valor equivalente de 1.348, puesto que la significancia de este valor es superior a la significancia preestablecida, puede afirmarse que las medias reportadas son iguales.

Analizando los valores reportados para la variable aceites y grasas, se observa que la diferencia de medias es de -0.550, que equivale a un t-valor de -3.051; la diferencia entre la significancia reportada para este valor (0.093) y la considerada como límite (0.05) permite afirmar que no existe una diferencia significativa entre las medias para los valores tomados a la entrada y a la salida.

Para los valores reportados de los coliformes termorresistentes, la diferencia de medias reportada es de 950000 lo cual equivale a un t-valor de 0.619 y una significancia de 0.599, la diferencia entre este valor y el límite permite afirmar que no existe una diferencia significativa entre las medias para los valores tomados a la entrada y la salida del tratamiento.

En la tabla 14 se muestra la comparación de los resultados obtenidos en los tratamientos PET1 y PET2 en comparación con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S N° 003-2010-MINAM), asimismo se visualiza que los resultados se encuentran dentro de los límites establecidos por la autoridad ambiental.

**Tabla 14.** Comparación de resultados con LMP

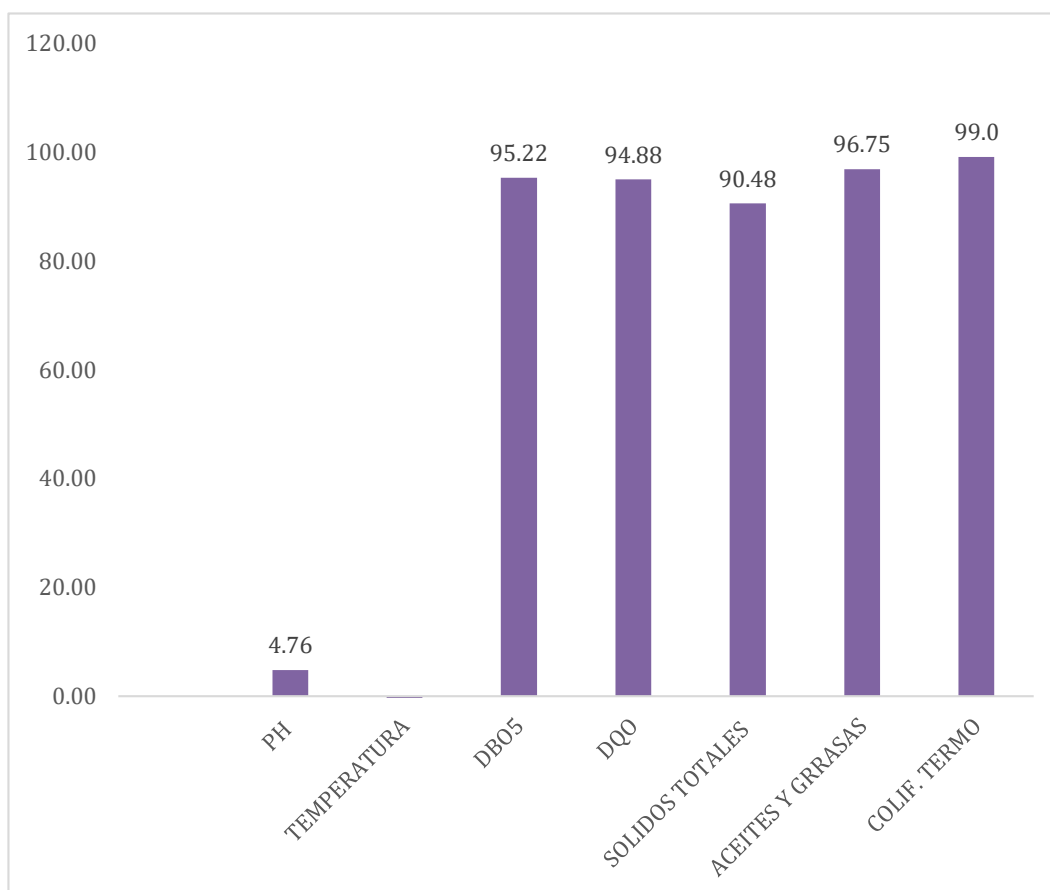
PARAMETRO	UNIDAD	LMP	TRATAMIENTO PET 1	TRATAMIENTO PET 2
PH	Unidad pH	6.5 – 8.5	7.01	7.01
TEMPERATURA	°C	<35	16.7	16.50
DBO5	mg/L	100	7.1	7.40
DQO	mg/L	200	11.53	15.85
SOLIDOS TOTALES	ml/L	150	2.6	2.5
ACEITES Y GRASAS	mg/L	20	0.5	0.5
COLIF. TERMOTOLERANTES	NMP/100ml	10000	1.8	1.8

En la tabla 15 visualiza los porcentajes de reducción en cada parámetro para el tratamiento PET 1. Para lo cual se aplica el porcentaje a la diferencia de valores en la muestra de entrada y la muestra de salida.

**Tabla 15.** Porcentaje de reducción en parámetros – Tratamiento PET1

PARAMETRO	UNIDAD	TRATAMIENTO PET 1		% DE REDUCCIÓN
		ENTRADA	SALIDA	
PH	Unidad pH	7.36	7.01	4.76
TEMPERATURA	°C	14.70	16.70	-13.61
DBO5	mg/L	148.50	7.10	95.22
DQO	mg/L	225	11.53	94.88
SOLIDOS TOTALES	mg/L	27.30	2.60	90.48
ACEITES Y GRASAS	mg/L	15.37	0.50	96.75
COLIF. TERMO	NMP/100ml	220000	1.8	99.0

**Gráfico 10.** Porcentaje de Remoción Tratamiento PET1

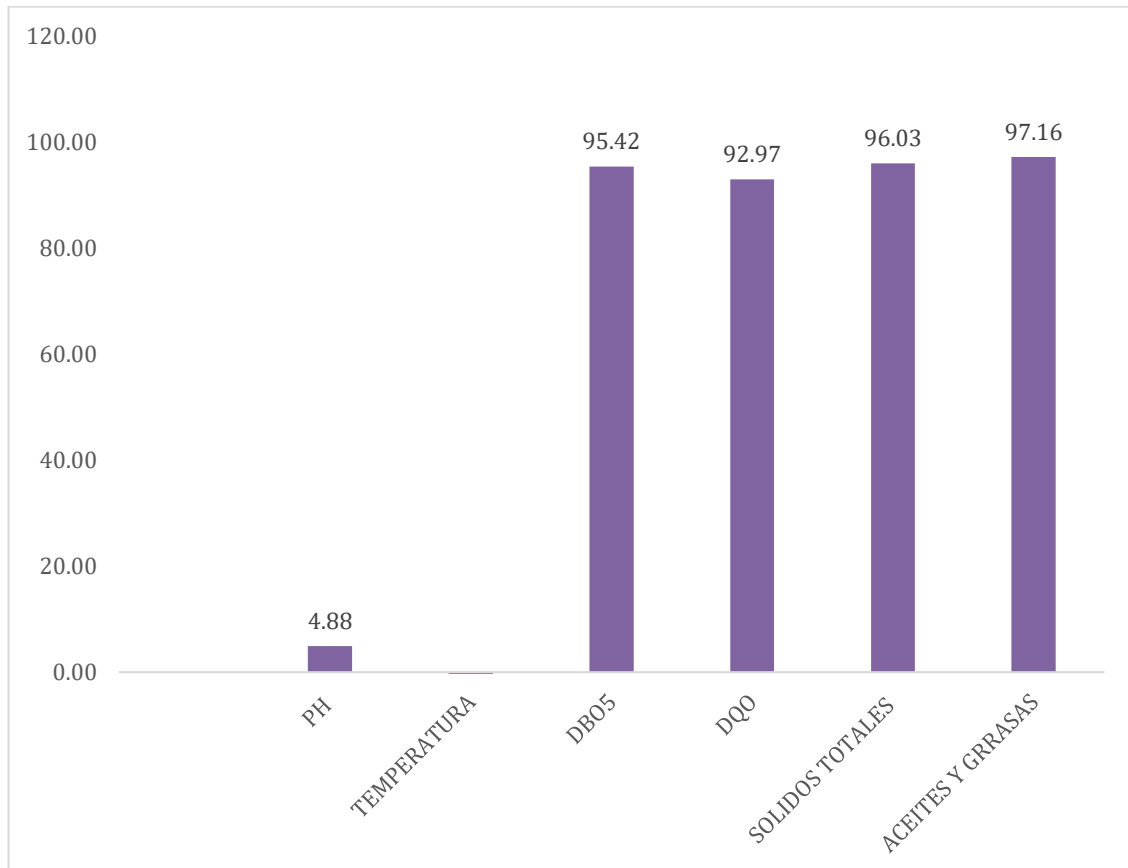


En la tabla 16 visualiza los porcentajes de reducción en cada parámetro para el tratamiento PET 2. Para lo cual se aplica el porcentaje a la diferencia de valores en la muestra de entrada y la muestra de salida.

**Tabla 16.** Porcentaje de reducción en parámetros – Tratamiento PET2

PARAMETRO	UNIDAD	TRATAMIENTO PET 2		% DE REDUCCIÓN
		ENTRADA	SALIDA	
PH	Unidad pH	7.37	7.01	4.88
TEMPERATURA	°C	14.80	16.50	-11.49
DBO5	mg/L	161.70	7.40	95.42
DQO	mg/L	225.40	15.85	92.97
SOLIDOS TOTALES	mg/L	63.00	2.50	96.03
ACEITES Y GRASAS	mg/L	17.59	0.50	97.16
COLIF. TERMO	NMP/100ml	790000	1.8	99.00

**Gráfico 11.** Porcentaje de Remoción Tratamiento PET2



## V. DISCUSIÓN

Se demostró que el uso del plástico PET es eficiente como medio filtrante en las propiedades físicas de las aguas residuales domésticas del Asentamiento Humano 09 de octubre; ya que se obtuvo un incremento promedio de 0.175; estadísticamente significativo de los niveles de PH, en el post tratamiento con el uso de plástico PET en los filtros biológicos. Además, se determinó que los niveles de temperatura de las aguas residuales domésticas se mantuvieron con el uso de plástico PET en los filtros biológicos, considerando que esta variable se observó en condiciones de temperatura de ambiente. Chávez (2017), afirmó que en su estudio se muestra que el tratamiento de efluentes por medio de biofiltros representa un beneficio para las industrias lácteas, lo que puede ser aplicado también a otros tipos de aguas residuales, por lo que es un tratamiento recomendado para combatir la problemática de las aguas residuales. El nivel de eficiencia de remoción del biofiltro supera el 50% de la carga inicial del efluente que se analizó.

En relación con la investigación se demostró que el uso de plástico PET es eficiente como medio filtrante en el tratamiento de las aguas residuales domésticas del Asentamiento Humano 09 de octubre. Se obtuvo una reducción promedio de 141.513; estadísticamente significativo de los niveles de DBO5, con el post tratamiento del uso de plástico PET en los filtros biológicos. De igual forma, se observó incremento promedio de 121.150; estadísticamente significativo de los niveles de DQO, post tratamiento con el uso de plástico PET en los filtros biológicos. Finalmente, se estableció una reducción promedio de 1.110; estadísticamente significativo de los niveles de aceites y grasas, con el post tratamiento del uso de plástico PET en los filtros biológicos.

Nina (2015), dio como conclusión de su investigación que la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento de aguas residuales en biodigestores, es alta, para la primera fase, con un 71% de remoción para (DBO), 69% (DQO), 76% (SST), 64% Coliformes totales, 87% Coliformes Fecales, encontrándose por debajo de los límites máximos permisibles según D.S. N° 003 – 2009 – MINAM. El dimensionamiento del biofiltro se realizó en función de algunos parámetros intervinientes como, la temperatura, DBO afluente proveniente del biodigestor, y

DBO efluente deseado, para esto se consideraron factores externos tales como la profundidad de raíz de la planta que estará presente, al igual que el volumen del caudal.

Se demostró que el uso de plástico PET es eficiente como medio filtrante en las propiedades biológicas de las aguas residuales domésticas del Asentamiento Humano 09 de octubre. Se obtuvo una reducción promedio 1510000; estadísticamente significativo de los niveles de Coliformes Termotolerantes, en el post tratamiento con el uso de plástico PET en los filtros biológicos. En su estudio Coronel (2015), explico que la biofiltración es un tratamiento biológico que resulta eficaz para deputar las aguas residuales domésticas, entre las ventajas se encuentra el hecho de que no produce lodos inestables por qué se degradan todos los sólidos orgánicos que se presentan en el las aguas residuales domésticas y que al no requerir trabajadores calificados disminuyen los costos de operacionalización, además, no necesita impermeabilización debido a la creación de canales en el sistema por parte de las lombrices, permitiendo una mayor porosidad.

En este trabajo de investigación se observó que la eficiencia promedio de los filtros percoladores con respecto a los parámetros DBO5 y DQO es de 90 % y 84 % respectivamente. Resultados similares obtuvo Pacheco (2015), con 80.27 % de reducción en el parámetro DBO5 y 76.92 % de DQO. Asimismo, Rivera et al. (2012) alcanzó una eficiencia de remoción de DQO de 87 %.

Para el investigador Rosero (2016) obtuvo con el sistema de tratamiento estudiado (ozonificación y biológico aerobio) logro llegar a una remoción del 92,16% en color real, 92,10% en DBO5, 94,63% en DQO y 91,13% en tensoactivos, y así se logró cumplir la normativa ambiental. Además, se logró el 75,78% de remoción en el COT. En el caso de la investigación se obtuvo las concentraciones promedias finales de 29.1 mg/L, 9.37 mg/L y 4.27 mg/L para DQO, DBO y SST respectivamente lo que permite evidenciar una mayor eficiencia por los valores arrojados. Es por ello, León (2018) afirma el PET es el de mayor eficiencia en el tratamiento de Sólidos totales en suspensión lo que podemos afirmar que su eficiencia es de 94.33%, con respecto a las esponjas que es de 69.87% inferior a los del PET.

Nina (2015), dio como conclusión de su investigación que la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento de aguas residuales en biodigestores, es alta, para la primera fase, con un 71% de remoción para (DBO), 69% (DQO), 76% (SST), 64% Coliformes totales, 87% Coliformes Fecales, encontrándose por encima de los límites máximos permisibles según D.S. N° 003 – 2010– MINAM. Sin embargo, como se refirió en la investigación anteriormente hubo o se percibió una mayor eficiencia porque los valores dados son DBO<sub>5</sub>, 94,63% en DQO y 91,13% en tensoactivos. Es por ello, esta situación se afirma con León (2018) evidenciando con los siguientes valores relacionado a los sólidos totales en suspensión afirmándose que en el tanque séptico mejorado (biodigestor) se ha removido en promedio en un 94.33%, quedando un remanente de un 4% de los Sólidos totales en suspensión no removida utilizando el pet.

La investigadora Yucra (2016) afirma la remoción de los sólidos sedimentables en el sistema con el uso del PET reciclado manufacturado en forma de espiral, es muy favorable. Por otro lado, Freschia (2017) menciona con los filtros aerobios se favorece la remoción de la materia orgánica, pero dándole una especial atención al parámetro de la demanda bioquímica de oxígeno, el agua residual sintética inicial presento un valor de concentración  $\text{vii}$  aproximada de 360 mg/L y, el efluente tratado arrojo un valor mínimo de 52,2 mg/L, alcanzando una remoción total similar al 85,5%, con un caudal de 50 mL/min, y un medio filtrante de caucho. Además, Rosero (2016) afirma el sistema de tratamiento estudiado (ozonificación y biológico aerobio) logro llegar a una remoción del 92,16% en color real, 92,10% en DBO<sub>5</sub>, 94,63% en DQO y 91,13% en tensoactivos, y así se logró cumplir la normativa ambiental. Además, se logró el 75,78% de remoción en el COT. Es por ello, Carreño (2016) menciona la eficacia de este filtro para remover cromo; por ende, se conforma un sistema de tratamiento factible para variados sectores industriales, por su costo bajo y la accesibilidad en el montaje. Es importante entonces lo dicho León (2018) afirma el PET es el de mayor eficiencia en el tratamiento de Sólidos totales en suspensión lo que podemos afirmar que su eficiencia es de 94.33%, con respecto a las esponjas que es de 69.87% inferior a los del PET.

Por otro lado, Bejarano y Escobar(2019) en las conclusiones de su estudio permiten evidenciar, ejecutándose la comparación de las concentraciones iniciales y finales

de los parámetros fisicoquímicos DQO, DBO, y SST y al emplearse microorganismos aerobios antes reconocidos en el sistema de tratamiento de lodos activados; se halló que el uso de estos microorganismos facilita la remoción de un 79.8 % de carga orgánica en el reactor, permitiendo así un buen funcionamiento de la PTARD y a su vez cumpliéndose la normatividad ambiental legal vigente.

Según el estudio de Romero (2017), para que el sistema de biofiltros sea óptimo y eficiente su plan de funcionamiento debe contemplar diferentes actividades, es importante que la limpieza de las rejillas se realice todos los días, que va a evitar taponamientos por la presencia de material de gran tamaño, para que el tratamiento no solo sea efectivo, si no que funciones correctamente se debe contar con el personal idóneo. Sosa (2015), determinó que la biofiltración es un tratamiento biológico que resulta eficaz para deputar las aguas residuales domésticas, entre las ventajas se encuentra el hecho de que no produce lodos inestables por qué se degradan todos los sólidos orgánicos que se presentan en el las aguas residuales domésticas y que al no requerir trabajadores calificados disminuyen los costos de operacionalización, además, no necesita impermeabilización debido a la creación de canales en el sistema por parte de las lombrices, permitiendo una mayor porosidad.

Según estos resultados existen coincidencias a nivel teórico y experimental en referente a la eficiencia de los filtros biológicos como es el caso de plástico PET para filtrar aguas residuales, demostrando su capacidad en recuperar las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua contaminada.



## VI. CONCLUSIONES

- a) Se demostró la eficiencia del plástico PET, como medio filtrante biológico, en las características del agua residual doméstica del Asentamiento Humano 09 de octubre, a partir de la reducción en los valores de los parámetros químicos y biológicos del agua.
- b) Para los parámetros físicos, la variable Temperatura en el Tratamiento 1 aumentó 2 °C y para el Tratamiento 2 aumentó 1 °C, se evidenció diferencia significativa. Esto se debe a que ambos tratamientos se realizaron a temperatura ambiente. Asimismo, para el parámetro físico pH en el tratamiento 1 redujo 0.35 unidades y para el tratamiento 2 redujo 0.36 unidades, esto se debe a que la toma de muestras se realizó en horario tardío donde el ambiente presenta los valores máximos.
- c) Para los parámetros químicos, la variable DBO presentó 141.40 mg/L de reducción en el tratamiento 1, mientras que para el tratamiento 2 la reducción fue de 154.30 mg/L; la variable DQO se redujo en 213.47 mg/L y 209.55 mg/L para los tratamientos 1 y 2 respectivamente; para Aceites y Grasas los valores de reducción fueron 14.87 mg/L (tratamiento 1) y 17.09 mg/L (tratamiento 2); los valores de la variable Sólidos Totales Suspendidos para el tratamiento 1 fue 24.780 mg/L, así como 60.5 mg/L para el tratamiento 2. Finalmente, los valores se encuentran dentro del rango de aceptación de los LMP (D.S 003-2010-MINAM)
- d) Para el parámetro coliformes termotolerantes, se evidencia que hay diferencias significativas entre los valores reportados, ya que para el tratamiento 1 se redujo 219998 unidades NMP/100mL, mientras que para el tratamiento 2 se redujo 789998 unidades NMP/100mL; razón por la cual se concluye que los dos tratamientos tienen la capacidad de modificar este parámetro de naturaleza biológica. Finalmente, los valores se encuentran dentro del rango de aceptación de los LMP (D.S 003-2010-MINAM).

## VII. RECOMENDACIONES

- Estudiar profunda y detalladamente, los filtros biológicos mediante el uso de otros materiales similares la PET, ya que representan una alternativa amigable para el medio ambiente, de igual manera seguir comprobando la eficiencia de los plásticos PET en otros sistemas de tratamiento con la finalidad de aprovechar todos los beneficios que nos pueda brindar.
- Reutilizar las aguas residuales tratadas con el filtro biológico mediante el uso de plásticos PET, para las diferentes actividades como el riego de jardines u otras actividades, siempre que se encuentren en los valores aptos para tales fines, según indique las instituciones reguladoras.
- Realizar campañas de concientización para dar a conocer las características positivas que tienen los filtros biológicos, de cómo influyen de manera eficaz en las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, de manera que estos sean empleados en las pequeñas y grandes industrias para tratar sus aguas residuales.

## REFERENCIAS

- ABOU-ELELA, S. *et.ál* Potential of using biological aerated filter as a post treatmentfor municipal wastewater. *Ecological Engineering*. 2015; 84:53-7.
- ALMEIDA, P., G. (2007). Efeito de diferentes tipos de meio suporte no desempenho de filtros biológicos percoladores aplicados ao pós-tratamento de efluentes de reatores uasb, com ênfase na nitrificação. *Disertação*. Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais. Recuperado del 20 de febrero de 2019 de <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/286M.PDF>
- ALVARES, Angela *et.ál*. *Ensayo sobre Tratamiento de Aguas Residuales*. Universidad de Manizales. Bogota, Colombia. 2013.
- ARANGO, A. (2004). *La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua* *Revista Lasallista de Investigación*. Vol. (1), núm. (2), p. 62. Recuperada de: <http://www.redalyc.org/pdf/695/69510210.pdf>
- ARISTA, W., Peña, L. (2015). *Filtros físicos en el tratamiento de las aguas residuales domesticas para su reutilización en el regadío en la I.E E N° 00813, Ochamé-Moyobamba, 2013*. (Tesis de Ingeniero Sanitario, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto). Recuperada de: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/308/6053813.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. R.J N° 010-2016-ANA.
- BOTERO, E., Muñoz, L., Ossa, A., Romo, M. (2014). *Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas*. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. Núm. (70), p. 208. Recuperada de: <http://www.redalyc.org/pdf/430/43030033019.pdf>
- BUSATO, R. *Desempenho de um filtro anaerobio de fluxo ascendente como tratamento de efluente de reator UASB: estudo de caso da ete de Imbituva*. (Tesis de post-grado). Curitiba, Brasil: Universidade Federal de Paraná; 2004.
- BUSTÍOS, C., Martina, M., Arroyo, R. (2013) *Deterioro de la calidad ambiental y la salud en el Perú actual*. *Revista Peruana de Epidemiología*. Vol. (17), núm. (1), p. 3.

- CHÁVEZ, J. (2017). *Eficiencia de un biofiltro en la reducción de carga orgánica de un efluente industrial en la ciudad de Celendín*. (Tesis de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional de Cajamarca).
- CORONEL, N. (2015). *Diseño e implementación a escala de un biofiltro Tohá en la ESPOCH para la depuración de aguas residuales domesticas de la comunidad Langos La Nube*. (Tesis de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador). Recuperada de:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4802/1/236T0150.pdf>
- CORTEZ, J. (2015). *Propuesta de un sistema de biofiltración de cromo hexavalente en agua, utilizando olote de maíz*. (Tesis de Licenciada en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma del Estado de México). Recuperada de:  
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/23558/UAEM-FAPUR-TEISIS-CORTES%2C%20JENNIFER.pdf?sequence=1>
- CROMBET, S., Abalos, A., Rodriguez, S., Perez, N. (2016). *Evaluación del tratamiento anaerobio de las aguas residuales de una comunidad universitaria*. Revista Colombiana de Biotecnología. Vol. (18), núm. (1), p. 50. Recuperada de: <http://www.redalyc.org/pdf/776/77645907005.pdf>
- DELGADILLO, Marcelo & Condori, Luisa. Artículo. *“Planta de tratamiento de aguas residuales con macrófitas para comunidades cercanas al lago Titicaca”*. Cochabamba, Bolivia. 2010.
- ELGEGREN, M., Tiravanti, G., Ortiz, B., Otero, M., Wagner, F., Cerrón, D, Nakamatsu, J. (2012). *Reciclaje químico de desechos plásticos*. Revista de la Sociedad Química del Perú. Vol. (78), núm. (2), p. 105. Recuperada de:  
<http://www.redalyc.org/pdf/3719/371937627005.pdf>
- GAGGINO, R. (2018). *Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción*. Revista INVI. Vol. (23), núm. (63). Recuperada de: <http://www.redalyc.org/pdf/258/25806306.pdf>
- GARZÓN, M., Buelna, G., Moeller, G. (2012). *La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias*. Revista Tecnología y Ciencias del Agua. Vol. (3), núm. (3), p. 154. Recuperada de <http://www.redalyc.org/pdf/3535/353531978011.pdf>

- GUERRERO, C., Lozano, T., González, V., Arrollo, E. (2003). *Morfología y propiedades de politereftalato de etilen-glicol y polietileno de alta densidad*. Revista Ciencia UANL. Vol. (6), núm. (2). Recuperada de:  
<http://www.redalyc.org/pdf/402/40260208.pdf>
  
- LARIOS, F., Gonzales, C., Morales, Y. (2015). *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú*. Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL. Vol. (2), núm. (2), p. 14. Recuperada de:  
<http://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
  
- LAZCANO, Pedro. Tratamiento del agua residual generada en un edificio mediante contactores biológicos rotatorios.2013.
  
- LORENZO, Y., Obaya, M. (2005). *La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I*. Revista ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. Vol. (39), núm. (1), p. 36. Recuperada de:  
<http://www.redalyc.org/pdf/2231/223120659006.pdf>
  
- MANSILLA, L., Ruiz, M. (2009). *Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster*. Revista Ingeniería Industrial. Núm. 27. Recuperada de:  
<http://www.redalyc.org/pdf/3374/337428493008.pdf>
  
- MANZANARES, F. (2017). *Remoción de materia orgánica de agua residual sintética con filtros aerobios en medio sintético reciclable a escala piloto*. (Tesis de Ingeniero Químico Ambiental, Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperada de:
  
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. Límites Máximos permisibles para efluentes de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. D.S 003-2010-MINAM.
  
- MINISTERIO DEL AMBIENTE - OEFA. Boletín Informativo. Agosto. Lima, Perú.2014
  
- Nagua, G. (2016). Recuperación de aguas residuales grises mediante biofiltros. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador. Recuperada de: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3564/1/T-UTC-00801.pdf>
  
- NINA, R. (2015). *Evaluación de biodigestor de polietileno rotoplast en el tratamiento de aguas residuales domésticas y propuesta de diseño de biofiltro en la comunidad de Oquebamba-Espinar*. Universidad Nacional Del Altiplano – Puno. Lima, Perú. Recuperada de:

<http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2032/RUBEN%20SANTOS%20NINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

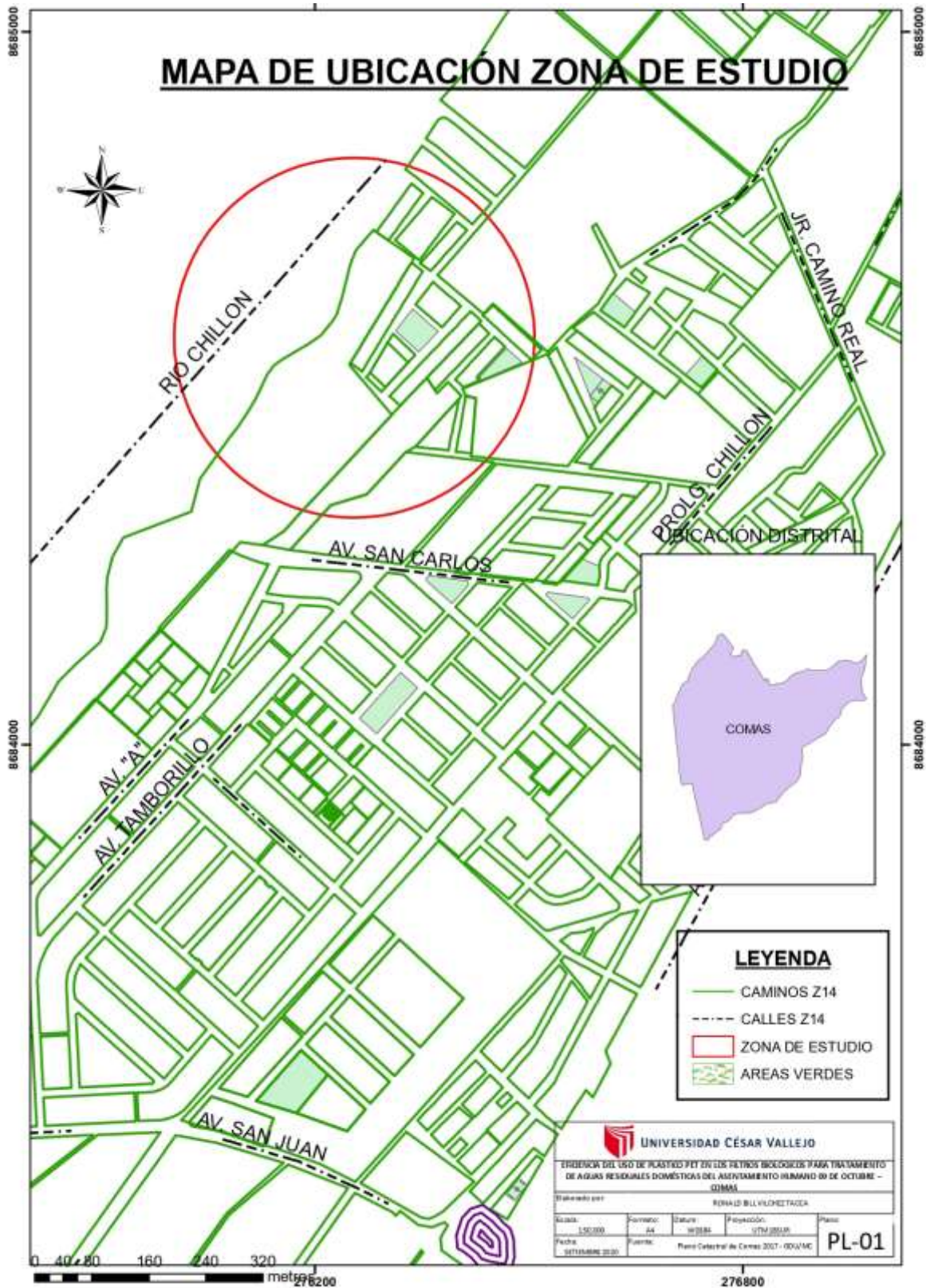
- NODAL, E. Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental. 2005.Vol XXII N° 04.
- PÉREZ, K. (2016). *Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un biodigestor prefabricado en la subestación eléctrica Cotaruse – Apurímac*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Recuperado de: [http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2591/P10\\_M43-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2591/P10_M43-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- QUISPE, A. (2018). *Evaluación de la eficiencia entre dos sistemas de biofiltros para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la localidad de Carapongo, Lurigancho-Chosica*. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. Recupera de: [http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/unfv/1930/tesis\\_andrea%20quispe%20pulido.pdf?sequence=1&isallowed=y](http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/unfv/1930/tesis_andrea%20quispe%20pulido.pdf?sequence=1&isallowed=y)
- RAMALHO, Rubens. Tratamiento de aguas residuales. Editorial Reverte S.A. España. 1996.
- RAMÍREZ, A., Navarro, L., Conde, A. (2010). *Degradación química del poli (etilen tereftalato)*. Revista Colombiana de Química. Vol. (39), núm. (3). Recuperada de: <http://www.redalyc.org/pdf/3090/309026685002.pdf>
- RAMOS, C., Gutiérrez, J., Rodríguez, X., Agramonte, M. (2010). *Filtro biológico en el tratamiento de lixiviados*. Revista CENIC. Ciencias Biológicas. Vol. (41), p. 3. Recuperada de: <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181220509035.pdf>
- RIVERA, G. *Plantas de tratamiento de aguas negras, Apuntes de Cátedra*. Universidad Mayor de San Andrés. Instituto de Ingeniería Sanitaria. 2006
- ROMERO, L. (2017). *Diseño de un sistema de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales que llegan de manera directa al humedal neutra en el Municipio de Soacha*. Universidad Libre. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/8906/proyecto%20DE%20grado.pdf?Sequence=1&isallowed=y>
- SERTÓRIO P. Efeito de diferentes tipos de meio suporte no desempenho de filtros biológicos percoladores aplicados ao pós-tratamento de efluentes de

- reatores uasb, com ênfase na nitrificação (Tese de Mestrado). Brasil: Universidade Federal de Minas Gerais; 2007
- SOSA, D. (2015) *Uso de astillas de madera de mezquite (Prosopis) en un sistema de biofiltros para tratar aguas residuales municipales*. (Tesis de Maestra en Ciencias en Gestión Ambiental, Instituto Politécnico Nacional, México). Recuperada de: <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/22018/1/Tesis%20Dolores%20Beatriz%20Sosa%20Hernandez.pdf>
  - TORRES, G. (2014). *Tratamiento de aguas residuales mediante la combinación de técnicas avanzadas de oxidación y biofiltros*. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. España. Recuperado de: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/2150/1/T-SENESCYT-01239.pdf>
  - U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, *Desing Manual Constructed wetlands and aquatic plant systems for municipal wastewater treatment*, USA: EPA, 1988.
  - VELIZ, E., Llanes, J., Asela, L., Bataller, M. (2009). *Reúso de aguas residuales domesticas para riego agrícola. Valoración crítica*. Revista CENIC. Ciencias Biológicas. Vol. (40), núm. (1). Recuperada de: <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181221574007.pdf>
  - YUCRA, R. (2016). *Influencia del PET reciclado en las características del agua residual domestica mediante el proceso del filtro percolador para el distrito de Taraco, provincia de Huancané, región Puno*. Tesis (para optar el título profesional de ingeniero civil) Juliaca, Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.2016.
  - ZHANG, D., JINADASA, K., GERSBERG, R., LIU, Y., TAN, S. and NG, W. Application of constructed wetlands for wastewater treatment in tropical and subtropical regions, Elsevier, *Journal of Environmental Sciences*, Vol.30, (Pags.609-615), 2015.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VD: AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS</b>	Se denomina aguas residuales doméstica a las aguas que ya fueron utilizadas en actividades domésticas; y habitualmente presentan color oscuro. (Boletín Informativo ANA, 2016)	Las aguas residuales domésticas serán evaluadas mediante sus propiedades físicas y químicas	PROPIEDADES FÍSICAS	pH	-
			PROPIEDADES QUÍMICAS	Temperatura	°C
				DBO	mg/L
				DQO	mg/L
<b>VI: PLASTICO PET EN LOS FILTROS BIOLÓGICOS</b>	El tratamiento biológico de las aguas residuales consiste en aprovechar la actividad biológica en las aguas residuales y las condiciones de los sistemas de tratamiento, para eliminar las sustancias nocivas mediante actividades de oxidación y transformación de las sustancias y así poder reutilizarlas. (Álvarez <i>et.ál.</i> ,2013)	El filtro biológico será evaluado mediante su diseño, componentes y remoción de contaminantes	PROPIEDADES BIOLÓGICAS	Coliformes termotolerantes	NMP/100
			DISEÑO DEL FILTRO BIOLÓGICO	Caudal	L/s
				Área superficial	m <sup>2</sup>
			COMPONENTES	Cantidad de Plástico PET	Kg



## ANEXO: MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



ANEXO: CADENA DE CUSTODIA

**CADENA DE CUSTODIA DE AGUA**

**INFORMACIÓN GENERAL:**

CLIENTE: ICBT - IBERICA S.A.C.  
 ACTIVIDAD: Tratamiento de Agua Potable  
 LOCALIZACIÓN: Calle Dada 1728, Urb. Fátima Industrial, Callao, Teléfono 1181391724

**DESCRIPCIÓN DEL MUESTREO:**

UBICACIÓN: RESECCION DE MUESTRAS  
 LABORATORIO: RESECCION DE MUESTRAS

**DETALLE DEL MUESTREO:**

Nº	FECHA	HORA	TURBIDIDAD	CONDUCIVIDAD	PH	CLOROFILA	OTROS
1	20-01	3:00 PM	AR	AR	AR	AR	AR
2	20-01	3:00 PM	AR	AR	AR	AR	AR
3							
4							
5							

**ANÁLISIS REALIZADOS:**

ANÁLISIS	FECHA	RESULTADO
DB5	20-01	AR
DBD	20-01	AR
ST5	20-01	AR
AT8	20-01	AR
Coliformos Totales	20-01	AR
Coliformos Fecales	20-01	AR
Turbidez	20-01	AR

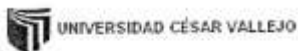
**OTROS DATOS:**

Temperatura del agua: AR  
 pH: AR  
 Conductividad: AR

**VALIDACIÓN Y FIRMAS:**

Elaborado por: [Firma]  
 Revisado por: [Firma]  
 Aprobado por: [Firma]

## ANEXO: FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Drevolo Ramirez, Angel  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Ingeniera Ambiental - Municipalidad de Lima  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Revisión - Cálculo de Costos  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ronald Vilchez Torres

**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	Esta 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,    de Junio del 2017

Ing. \_\_\_\_\_  
 CIP 184288

## ANEXO: FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Peralta Medina, Juan Alberto  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV Lima Norte  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Extr. de Resúmenes - Cadena de Custodia  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ronald Vilchez, T. C. C. A.

**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	Esta 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

/

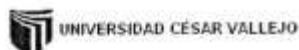
**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

85 %

Lima, de Junio del 2017

Ing. JUAN ALBERTO PERALTA  
 QIP 56071 MEDIN  
 DNI 09127909

## ANEXO: FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cecilia Gutierrez, Cecilia  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV Lima Norte  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de validación - Validación de contenido  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ronald Vilchez Torres

**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	Esta 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 :**

45 %

Lima, de Junio del 2017

Ing. \_\_\_\_\_

*CJP/23075*



## INFORME DE ENSAYO N° 000056059

CLIENTE:	RONALD VILCHEZ TACCA
DOMICILIO LEGAL:	( )
REFERENCIA CLIENTE:	AR-01
CÓDIGO TYPASA:	000051793
MATRIZ:	Agua residual. Doméstica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N°00020005612. Muestreo realizado por TYPASA. Aproximadamente 3.350 L de muestra (Agua residual Doméstica). Proyecto: "Eficiencia de Filtros Biológicos para Tratamientos de Aguas Residuales Domésticos de AA .HH 09 de Octubre - Comas."
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.02 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N:8680428 / E:274550 COMAS
FECHA DE TOMA:	30/09/2020 03:00:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	30/09/2020
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	30/09/2020 - 09/10/2020

### RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
pH "in situ"	ud. pH	7.37	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	14.8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

### RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	17.59	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	161.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	225.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	63.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

### RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	790000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1.Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8
Numeración de Coliformes totales	NMP/100 mL	1700000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPASA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce


LABORATORIO TYPASA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)


## INFORME DE ENSAYO N° 000056059

CLIENTE: RONALD VILCHEZ TACCA  
DOMICILIO LEGAL: ( )  
REFERENCIA CLIENTE: AR-01  
CÓDIGO TYPSA: 000051793  
MATRIZ: Agua residual. Doméstica  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Cotización N°00020005612.  
Muestreo realizado por TYPSA.  
Aproximadamente 3.350 L de muestra (Agua residual Doméstica).  
Proyecto: "Eficiencia de Filtros Biológicos para Tratamientos de Aguas Residuales Domésticos de AA .HH 09 de Octubre - Comas."  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: PNTE-LTMO-03. Rev.02 Aguas residuales  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: Despejado  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: N:8680428 / E:274550 COMAS  
FECHA DE TOMA: 30/09/2020 03:00:00 p.m.  
FECHA DE RECEPCIÓN: 30/09/2020  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 30/09/2020 - 09/10/2020

Callao, 9 de Octubre de 2020



  
Fdo. Jorge Alberto Neyra Ariza  
Jefe de Laboratorio de Microbiología  
CBP N° 8303

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)



## INFORME DE ENSAYO N° 000056060

CLIENTE:	RONALD VILCHEZ TACCA
DOMICILIO LEGAL:	( )
REFERENCIA CLIENTE:	AR-02
CÓDIGO TYPASA:	000051794
MATRIZ:	Agua residual. Doméstica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N°00020005612. Muestreo realizado por TYPASA. Aproximadamente 3.350 L de muestra (Agua residual Doméstica). Proyecto: "Eficiencia de Filtros Biológicos para Tratamientos de Aguas Residuales Domésticos de AA .HH 09 de Octubre - Comas."
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.02 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N:8680428 / E:274550 COMAS
FECHA DE TOMA:	30/09/2020 03:30:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	30/09/2020
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	30/09/2020 - 09/10/2020

### RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
pH "in situ"	ud. pH	7.36	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	14.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

### RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	15.37	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	148.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	225.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	27.3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

### RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	220000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1.Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8
Numeración de Coliformes totales	NMP/100 mL	1300000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPASA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe.


Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce


LABORATORIO TYPASA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)


## INFORME DE ENSAYO N° 000056060

CLIENTE:	RONALD VILCHEZ TACCA
DOMICILIO LEGAL:	( )
REFERENCIA CLIENTE:	AR-02
CÓDIGO TYPSA:	000051794
MATRIZ:	Agua residual. Doméstica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N°00020005612. Muestreo realizado por TYPSA. Aproximadamente 3.350 L de muestra (Agua residual Doméstica). Proyecto: "Eficiencia de Filtros Biológicos para Tratamientos de Aguas Residuales Domésticos de AA .HH 09 de Octubre - Comas."
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.02 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N:8680428 / E:274550 COMAS
FECHA DE TOMA:	30/09/2020 03:30:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	30/09/2020
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	30/09/2020 - 09/10/2020

Callao, 9 de Octubre de 2020

  
Fdo. Jorge Alberto Neyra Ariza  
Jefe de Laboratorio de Microbiología  
CBP N° 8303

  
TECNICA Y PROYECTOS S.A.  
TYPSA Laboratorio  
Tel. 952268716  
Calle Delta 269 Urb. Parque Industrial Callao

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000058955**

**CLIENTE:** RONALD VILCHEZ TACCA

**DOMICILIO LEGAL:**

**REFERENCIA CLIENTE:** AR-01

**CÓDIGO TYPSA:** 000054165

**MATRIZ:** Agua residual. Doméstica

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020005649  
Muestreo realizado por TYPSA.  
Aproximadamente 3.350 L de muestra (Agua residual. Doméstica).  
Proyecto: Eficiencia de Filtros Biológicos para Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del AAHH 09 de Octubre - Comas.  
PNTE-LTMO-03. Rev.02 Aguas residuales

**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** Despejado

**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:** N 8680428 / E 274550 COMAS.

**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** 28/11/2020 04:00:00 p.m.

**FECHA DE TOMA:** 29/11/2020

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 28/11/2020 - 15/12/2020

**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:**

**RESULTADOS ANALITICOS IN SITU**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
pH "in situ"	ud. pH	7.01	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	16.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

**RESULTADOS ANALITICOS FISICO-QUIMICOS GENERALES**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	< 0.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	7.1	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	11.63	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	2.6	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

**RESULTADOS ANALITICOS MICROBIOLOGIA**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	< 1.8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:


Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9733 E-mail: [laboperu@typsa.com](mailto:laboperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000058955**

CLIENTE:	RONALD VILCHEZ TACCA
DOMICILIO LEGAL:	
REFERENCIA CLIENTE:	AR-01
CÓDIGO TYPSA:	000054165
MATRIZ:	Agua residual. Doméstica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N°00020005849 Muestreo realizado por TYPSA. Aproximadamente 3.350 L de muestra (Agua residual. Doméstica). Proyecto: Eficiencia de Filtros Biológicos para Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del AAHH 09 de Octubre - Comas.
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.02 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N.8680428 / E.274550 COMAS.
FECHA DE TOMA:	28/11/2020 04:00:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	29/11/2020
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	28/11/2020 - 15/12/2020

Callao, 15 de Diciembre de 2020

  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP. N° 927



  
Fdo. Jorge Alberto Neyra Arza  
Jefe de Laboratorio de Microbiología  
CBP N° 8303

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 811-711-8736/711-8783 E-mail: [labgen@typsa.com](mailto:labgen@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000058956**

**CLIENTE:** RONALD VILCHEZ TACCA  
**DOMICILIO LEGAL:**  
  
**REFERENCIA CLIENTE:** AR-02  
**CÓDIGO TYPESA:** 000054166  
**MATRIZ:** Agua residual, Doméstica  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020005849.  
 Muestreo realizado por TYPESA.  
 Aproximadamente 3.350 L de muestra (Agua residual, Doméstica).  
 Proyecto: Eficiencia de Filtros Biológicos para Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del AAHH 09 de Octubre - Comas.  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:** PNTE-LTMO-03, Rev.02 Aguas residuales  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:** Despejado  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8680428 / E:274550 COMAS.  
**FECHA DE TOMA:** 28/11/2020 04:30:00 p.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 29/11/2020  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 28/11/2020 - 15/12/2020

**RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
pH "in situ"	ud. pH	7.01	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method	
Temperatura del agua "in situ"	°C	16.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods	

**RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	< 0.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	7.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.6
Demanda Química de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	15.85	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux. Colorimetric Method	2.2
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg TSS/L	< 2.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5

**RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 mL	< 1.8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1 Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPESA PERÚ Urb. Parque Industrial Calleao, C/ Delta, 269. Calleao, Telef 511-711-8736/711-8753 E-mail: [labperu@typesa.com](mailto:labperu@typesa.com)

INFORME DE ENSAYO N° 000058956

CLIENTE:	RONALD VILCHEZ TACCA
DOMICILIO LEGAL:	
REFERENCIA CLIENTE:	AR-02
CÓDIGO TYPASA:	000054166
MATRIZ:	Agua residual Doméstica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N°00020005849. Muestreo realizado por TYPASA. Aproximadamente 3.350 L de muestra (Agua residual Doméstica). Proyecto: Eficiencia de Filtros Biológicos para Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del AAHH 09 de Octubre - Comas.
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03, Rev.02 Aguas residuales Despejado
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	N:8680428 / E:274550 COMAS.
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	28/11/2020 04:30:00 p.m.
FECHA DE TOMA:	29/11/2020
FECHA DE RECEPCIÓN:	28/11/2020 - 15/12/2020
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	

Callao, 15 de Diciembre de 2020

  
Fdo. Jorge Alberto Neyra Arza  
Jefe de Laboratorio de Microbiología  
CBP N° 8303



  
Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopia  
CQP. N° 927

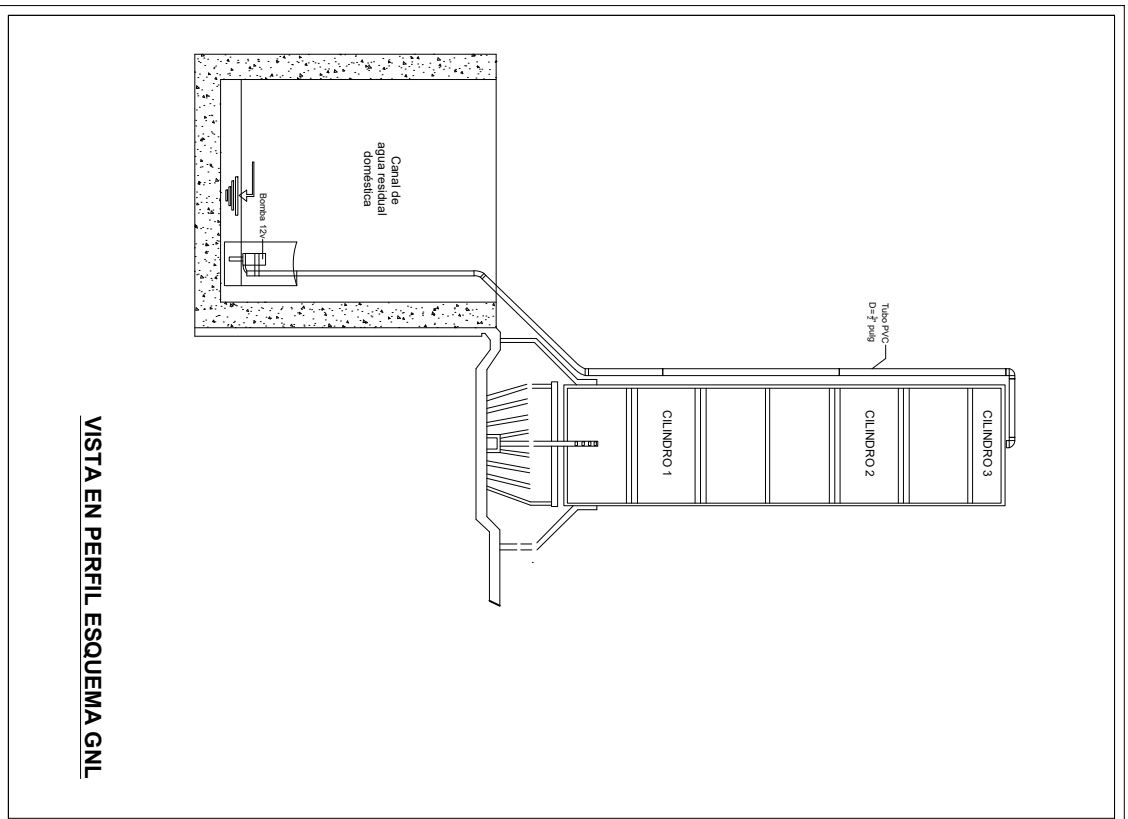
L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

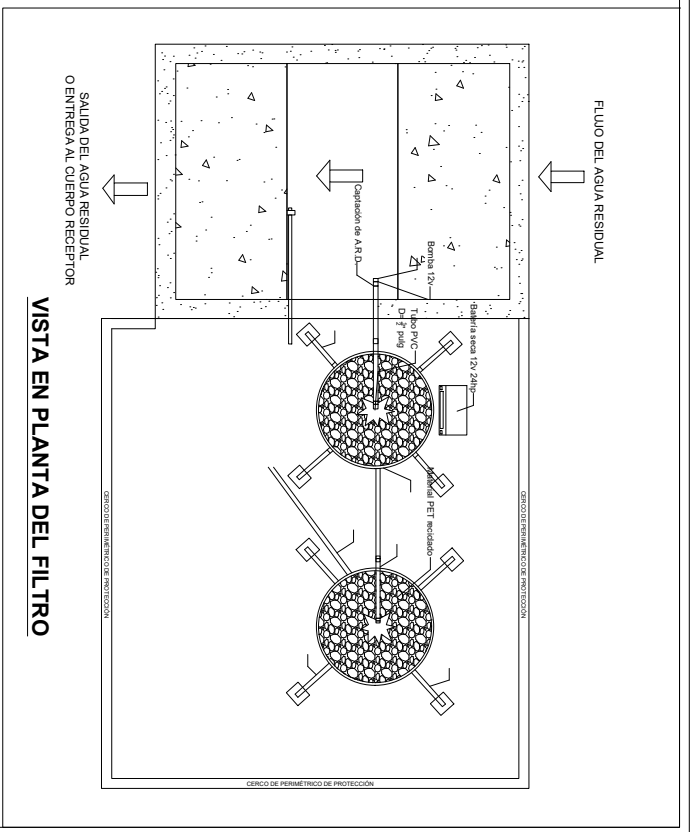
NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPASA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

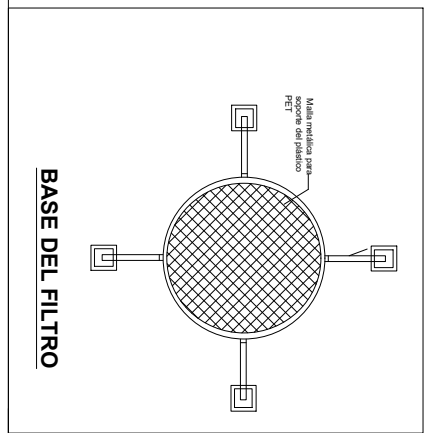
LABORATORIO TYPASA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typasa.com](mailto:labperu@typasa.com)




VISTA EN PERFIL ESQUEMA GNL



VISTA EN PLANTA DEL FILTRO



BASE DEL FILTRO

 <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	
<b>PLAN:</b> RENOVACION	<b>ESCALA:</b>
<b>OBJETO:</b> DISEÑO DEL UNIDAD KANASO PARA LOS RINOS	<b>FECHA:</b>
<b>PROYECTISTA:</b> JOSE ANTONIO TORO	<b>PROYECTO:</b> 01
<b>PROFESOR:</b> ALBERTO TORO	<b>FECHA:</b> 20/12/20
<b>PROYECTO:</b> 01	<b>FECHA:</b> 20/12/20