

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIA**

**ESTUDIO DE UN SISTEMA COMBINADO DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DE UN CAMAL A ESCALA LABORATORIO
CON EL USO DE UN FILTRO BIOLÓGICO Y UN PROCESO DE
OXIDACIÓN AVANZADA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
QUÍMICO**

RODRIGO ALEJANDRO RÍOS CRUZ

DIRECTOR: ING. JADY PAULINA PÉREZ GUAMANZARA MSc.

Quito, enero 2022

© Escuela Politécnica Nacional (2022)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Rodrigo Alejandro Ríos Cruz, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Rodrigo Alejandro Ríos Cruz

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Rodrigo Alejandro Ríos Cruz, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'JP' with some additional markings, positioned above a horizontal line.

Ing. Jady Paulina Pérez Guamanzara MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

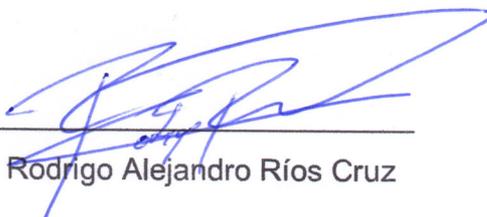
Dedico a mis padres, hermanos y abuelos por todo el apoyo incondicional desde mi primer día en la etapa universitaria hasta verme culminar este proceso de desarrollo profesional y académico. A Paula Paredes por el apoyo incondicional durante mi etapa como tesista, quien me brindó su ayuda y cariño en momentos que más lo necesitaba.

Este trabajo de tesis involucra muchas emociones y experiencias que nos hacen madurar como estudiante, persona y profesional; agradezco a José Cruz, mi abuelo que me ayudó en cada parte de la investigación en campo, cada amanecida, cada tropiezo, él me ayudó a levantarme y darme cuenta que mi proyecto tenía un fin.

Gracias a mi tutora Ing. Jady Pérez, la persona que me guió y acompañó durante todo el proceso en contra de las vicisitudes que generó la pandemia para la elaboración de este proyecto. Resalto la ayuda de la Ing. Lucía Montenegro y Dr. Paul Vargas, quienes me aconsejaron con base a su experiencia sobre el desarrollo de mi trabajo.

Gracias al Ing. Edison Vera que me ayudó durante la experimentación y análisis en laboratorio. Un extenso agradecimiento al Laboratorio del Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM) por la colaboración y entrega en el proyecto, en especial a Jairo Jimpikit quien estuvo al pendiente del cumplimiento de los ensayos que se trabajaron en conjunto.

Finalmente, quiero agradecer a mis mentores y amigos, Ing. Marcelo Salvador, quien me ha guiado y apoyado durante mi etapa universitaria, quien me brindó su tiempo y ayuda para realizar proyectos muy significativos para la comunidad de Ingeniería Química de la EPN, como lo es AICHe-EPN. Quiero agradecer a mis amigos quienes me vieron crecer como persona y estudiante: Veronica Bedón, mi gran amiga y consejera, Theo Coronel, mi mejor amigo, y Eduardo Guerrero, mi compañero y amigo, etc. Gracias Ingeniería Química, gracias EPN.



Rodrigo Alejandro Ríos Cruz

Estudio de un Sistema Combinado de Tratamiento de Aguas Residuales de un Camal a Escala Laboratorio con el Uso de un Filtro Biológico y un Proceso de Oxidación Avanzada

Resumen: Este estudio aplicó, a escala laboratorio, un tratamiento biológico aerobio y un proceso Fenton convencional, en modalidad "Batch", para la depuración de las aguas residuales del camal rural de Calacalí. Se caracterizaron los efluentes del proceso de faenamiento y del proceso de limpieza y desinfección. Con el efluente del proceso de faenamiento se logró una remoción de 58,6 % de A&G al emplear una trampa de grasas y mediante un sistema de biofiltración, constituido por cascarilla de arroz, humus, lombrices californianas (*Eisenia foetida*), piedras y grava, se alcanzó una remoción de 89,3 % de la DBO₅. La remoción de DBO₅ en este sistema sigue una cinética de primer orden con un tiempo óptimo de retención hidráulico de 28 h, y alcanzó una reducción de 89,4 % de DQO; 81,5 % de SST y 61,4 % de coliformes fecales. Mediante ensayos de supervivencia con lombrices se determinó que el efluente del proceso de limpieza y desinfección fue tóxico para los organismos vivos del biofiltro, por lo tanto, se estudió un proceso Fenton convencional a tres diferentes concentraciones molares con base en una relación molar ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) constante de 0,4. Se determinó al cabo de una hora que, a las concentraciones de 12,8 mM Fe^{2+} y 32 mM H_2O_2 , las remociones fueron de 86,7 % de DQO; 76,8 % de tensoactivos, 83,5 % de COT y se logró la reducción de la toxicidad. Los resultados indicaron que los procesos aplicados en este estudio facilitaron la degradación de los contaminantes.

Palabras clave: Depuración de aguas residuales, efluentes de camal, biofiltro, cascarilla de arroz, lombrices *Eisenia foetida*, Fenton convencional.

Laboratory-scale Study of a Combined Wastewater Treatment System for a Slaughterhouse using a Biologic Filter and Advanced Oxidation Process

Abstract: For this study, an aerobic biological treatment and a traditional Fenton process was applied at laboratory scale and through batch processing for the purification of wastewater at the Calacalí rural slaughterhouse. The effluents from the slaughtering, cleaning, and disinfection process were characterized. A removal of 58.6 % of oils and greases was achieved by using a grease trap treatment of the slaughtering process, and by means of a biofiltration system consisting of rice husks, humus, Californian earthworms (*Eisenia foetida*), stones and gravel, a removal of 89.3% of BOD₅ was achieved. BOD₅ removal in this system follows first-order kinetics with an optimum hydraulic retention time of 28 h, and achieved a removal of 89.4 % of COD, 81.5 % of TSS and 61.4 % of fecal coliforms. Through survival tests with earthworms, it was determined that the effluent from the cleaning and disinfection process was toxic to the living organisms in the biofilter. Therefore, a conventional Fenton process was studied at three different molar ratios based on a constant molar ratio ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) of 0.4. It was determined that after an hour, at concentrations of 12.8 mM Fe^{2+} and 32 mM H_2O_2 respectively, the removals were 86.7 % COD, 76.8 % surfactants, 83.5 % TOC and a reduction of toxicity. The results indicated that a high proportion of the pollutants can be removed by the processes applied in this study.

Keywords: Wastewater treatment, slaughterhouse effluents, rice husk, biofilter, *Eisenia foetida* earthworms, conventional Fenton.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es un problema de gran preocupación para la sociedad por el uso inadecuado de este recurso natural y escaso, lo cual está relacionado con las actividades antropogénicas provocadas por el ser humano. Por lo que, se deben priorizar en generar propuestas de solución para la protección y conservación del agua como la potabilización, depuración y reutilización de esta (Chivas, Berlanga, Martínez y Climent, 2017). El Informe Mundial de

las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos expone que el uso global de agua se ha multiplicado por 6 en los últimos 100 años y que continúa en un aumento constante del 1 % cada año. Adicionalmente, mejorar las modalidades de depuración de aguas residuales podrían reducir la emisión de gases de efecto invernadero (UNESCO/ONU-Agua, 2020).

En el noroccidente del Distrito Metropolitano de Quito se encuentra Calacalí, una de las seis parroquias rurales que conforman la Mancomunidad del Chocó Andino (MCA), que es a su vez parte de la séptima Reserva de la Biósfera de Ecuador, desde julio de 2018. El 65 % de la superficie de la MCA está cubierta por bosques y es parte de dos puntos calientes de biodiversidad, Tumbes Chocó-Magdalena y Andes Tropicales. La contaminación del agua en ese sector pone en peligro a la biodiversidad de estos ecosistemas, además de afectar negativamente a la seguridad alimentaria, la salud humana, los asentamientos urbanos y rurales, el desarrollo y el crecimiento económico (Ministerio de Ambiente, 2018; Condensan, 2021).

De acuerdo con el “Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador”, las técnicas de faenamiento en el país aún son precarias, en particular por la falta de infraestructura tecnológica. Además, sus procesos causan impactos ambientales negativos significativos a la calidad de agua debido a la generación de aguas residuales y desechos sólidos (Ministerio del Ambiente, 2012).

El camal del Gobierno Rural de Calacalí, exclusivo para el servicio de faenamiento de ganado bovino, cuenta con una capacidad máxima para 63 ranchos (reces). El camal es administrado por la Junta Parroquial de Calacalí, con el respaldo de la Empresa Metropolitana de Rastro de Quito. No cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales lo que representa un problema ambiental para la comunidad aledaña y su territorio.

El agua residual de los procesos de faenamiento presenta alta carga contaminante, por ejemplo: en la etapa de izado y lavado se producen aguas residuales con gran contenido de tierra, material lignocelulósico, estiércol y orina; en el degollado, desollado, y eviscerado se generan aguas residuales con sangre y contenido fecal debido al lavado de estómagos, y finalmente en el proceso de limpieza se utilizan detergentes, desinfectantes y desengrasantes (Medina, Montero, Orrego y Uriarte, 2020).

Según Cevallos (2015) en los procesos de faenamiento se presentan valores máximos de Demanda Química de Oxígeno (DQO) entre 774 a 35 000 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) entre 500 a 5 350 mg/L, de Sólidos Suspendidos Totales (SST) entre 220 a 5 350 mg/L y Aceites y Grasas (A&G) entre 23 a 1 200 mg/L, valores comparables con otros estudios que evidencian la contaminación generada por los procesos de faenamiento y limpieza en camales (Bustillo y Mehrvar, 2017).

La aplicación de tratamientos biológicos no convencionales en aguas residuales son un sustituto a los sistemas convencionales como fangos activados, estanques de estabilización, reactores aeróbicos y anaeróbicos, entre estos se puede mencionar al sistema *Tohá*, que consiste en un sistema de biofiltración con lombrices *Eisenia foetida* para la depuración de aguas servidas de pequeñas industrias y localidades rurales. (Salazar, 2005). Jiang, Liu, Hu, Zeng, Wang, y Zhou (2016) indican que estos

sistemas de tratamiento se caracterizan por ser de bajo costo de operación, de fácil mantenimiento, y permiten generar un valor agregado por medio de la generación de humus de lombriz, usado como fertilizante orgánico, una ventaja a comparación de los tratamientos convencionales en los cuales se produce una gran cantidad de lodos.

La implementación de un sistema de tratamiento biológico no es siempre efectiva para la regeneración y reutilización de las aguas depuradas, por lo cual se necesita de un tratamiento complementario, con el objetivo de eliminar compuestos de difícil degradación e incluso la eliminación de contaminantes patógenos (Chivas et al. 2017). Como lo menciona Bes, Silva y Bengoa (2018) los tratamientos convencionales de aguas residuales provenientes de camales presentan deficiencias en la eliminación de contaminantes recalcitrantes, ante ello los Procesos de Oxidación Avanzada (proceso Fenton, ozonización, oxidación electroquímica, etc.) pueden reducir o eliminar estos compuestos de difícil degradación y mejorar el índice de biodegradabilidad de las aguas residuales antes de su tratamiento biológico (Bustillo y Mehrvar, 2017).

El uso de detergentes y desengrasantes en la limpieza y desinfección de instalaciones de camales generan contaminantes recalcitrantes con características tóxicas, los cuales se consideran de difícil degradación y suelen presentar inconvenientes en el tratamiento biológico (Chivas et al., 2017). Medina et al. (2020) sugiere que una oxidación parcial de los contaminantes con el uso de un proceso de oxidación avanzada se manifiesta en una disminución de la toxicidad del efluente.

Este estudio presenta la efectividad de un sistema de biofiltración a escala laboratorio constituido por humus sólido en presencia de lombrices (*Eisenia foetida*) y cascarilla de arroz para la disminución de la carga contaminante de los efluentes del proceso de faenamiento que se generan en el camal rural de Calacalí. Además, se expone la efectividad de un proceso Fenton convencional como proceso complementario al tratamiento, específicamente para la depuración de los contaminantes del efluente de lavado y desinfección.

Los contaminantes que se generan en el proceso de faenamiento pueden incurrir en la generación de efectos adversos a la calidad del agua. Romero (2016) menciona que los sólidos suspendidos pueden ocasionar la acumulación de lodos y generar condiciones anaerobias en su descarga a cuerpos receptores de agua. La materia orgánica biodegradable, compuesta de carbohidratos, proteínas y grasas, disminuye el oxígeno disuelto del cuerpo receptor lo cual produce condiciones sépticas en el medio. Además, las coniformes detallan la presencia de organismos patógenos que producen enfermedades (Bustillo y Mehrvar, 2017). Por otro lado, los aceites y grasas (A&G) forman en la superficie del agua una nata que provoca interferencias con la actividad biológica y resistencia a la biodegradación. La presencia de estos contaminantes también incurre en afectaciones en el mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales (Romero, 2016).

Los contaminantes recalcitrantes, o también llamados materia orgánica refractaria, son resistentes a un tratamiento convencional e inhiben la actividad biológica además de disminuir la solubilidad del oxígeno en el agua. Esto se debe a que están constituidos por moléculas orgánicas de gran tamaño con características polares y solubles tanto en el agua como en el aceite. Entre ellos, el parámetro de Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM) que permite cuantificar la cantidad de detergentes, tensoactivos o surfactantes que se encuentran en un cuerpo de agua (Romero, 2016).

La función del biofiltro o filtro percolador aeróbico es reducir la carga orgánica del agua residual al poner en contacto el efluente contaminado con la biomasa que se encuentra adherida al medio filtrante natural o sintético. Los microorganismos son los encargados de la degradación de la materia orgánica, esto se debe a que se genera una biopelícula la cual está formada por bacterias y hongos. Las condiciones de un biofiltro estabilizado ofrecen a estos organismos un medio para el crecimiento óptimo debido al rango pH, que generalmente se encuentra entre 6,5 a 7,5 para las bacterias y 5,6 para los hongos (Salazar, 2005; Romero, 2016).

Las lombrices californianas (*Eisenia foetida*) son clasificadas como epigeas, y poseen la capacidad de degradar la biomasa, generalmente de sustratos ricos en materia orgánica, esto les permite producir humus. Además, estas se caracterizan por su adaptabilidad a lugares reducidos, con una gran densidad poblacional de convivencia (Jiang et al., 2016). De acuerdo a Vicente (2014) pueden vivir aproximadamente 16 años, además que su tasa de reproducción es de 1 500 lombrices por año, e incluso no se consideran un transmisor de enfermedades. Cevallos (2015) menciona que las condiciones de temperatura de un lombrifiltro deben encontrarse entre 15 °C a 25 °C, con un valor promedio de pH de 7,0.

Existen varias investigaciones que muestran la efectividad del sistema de biofiltración *Tohá*. En Chile se alcanzó una remoción del 95 % de la DBO₅, 95 % de sólidos totales, 93 % de sólidos suspendidos volátiles, y un promedio de remoción del 75 % de nitrógeno y fósforo total, en la depuración de aguas servidas (Guzmán, 2004). En el tratamiento del agua residual de una fábrica de embutidos, Jiménez (2016) obtuvo una remoción de la DBO₅ de 86,9 %. En Ecuador, se conocen de estudios de sistemas de biofiltración con lombrices *Eisenia foetida* para comunidades rurales.

Las investigaciones de Lima (2016) y Vicente (2014) presentaron una eficiencia de remoción de hasta el 82,37 % de la DBO₅, lograron cumplir con la normativa ambiental, y se corroboró que es una alternativa sustentable, económica y amigable con el ambiente. Por su parte, Ruiz (2020) usó cascarilla de arroz y aserrín en un biofiltro de lombrices *Eisenia foetida* y encontró que, a la salida de este, las aguas residuales de un camal municipal presentaron una coloración translúcida y una disminución en su olor característico.

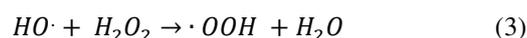
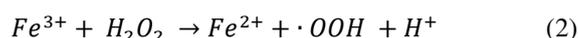
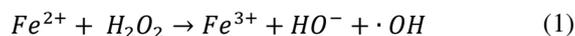
Los tratamientos biológicos no son efectivos para la remoción de distintos compuestos orgánicos, como los colorantes, compuestos fenólicos, tensoactivos y microorganismos patógenos, que se presentan en las aguas residuales de

camales. Los procesos de oxidación avanzada (POA's) son tecnologías usadas para la disminución de contaminación microbiológica y contaminantes recalcitrantes, como los tensoactivos, además de presentarse como una opción eficaz como tratamiento en presencia de sustancias tóxicas (Bekbolet, 2011; Chivas et al., 2017).

En el proceso Fenton convencional se generan radicales hidroxilo por descomposición del peróxido de hidrógeno, en presencia de iones ferrosos y en medio ácido. Se utiliza generalmente peróxido de hidrógeno y sulfato ferroso heptahidratado, para la generación de una reacción de radicales libres (Bes et al., 2018).

En la Ecuación (1) se observa el mecanismo de reacción de óxido-reducción en referencia a la descomposición catalítica del peróxido de hidrógeno en la cual la especie catiónica Fe²⁺ actúa como catalizador y el peróxido de hidrógeno como agente oxidante. El resultado de la reacción es la formación de radicales hidroxilos con alto poder oxidante. La Ecuación (2) detalla la regeneración de iones Fe²⁺ a partir de la especie catiónica Fe³⁺, esta reacción posee una velocidad de reacción menor a la de la formación del radical hidroxilo ($\cdot\text{OH}$), además se obtiene como producto el radical hidroperoxilo ($\cdot\text{OOH}$) de menor poder oxidante (Medina et al, 2020).

Los radicales hidroxilo son de carácter no selectivo, poseen un alto potencial oxidante (2,80 V) en relación con otros agentes oxidantes, lo que provoca que contaminantes orgánicos e inorgánicos sufran un cambio en su estructura y con ello obtener compuestos más biodegradables y menos tóxicos. Sin embargo, estos pueden reaccionar con el peróxido de hidrógeno como la que se expresa en la Ecuación (3) y formar el radical hidroperoxilo (Medina et al, 2020).



En Perú, el proceso Fenton convencional en el tratamiento de aguas residuales de camales consiguió un índice de biodegradabilidad de 0,5, así como una remoción de alrededor de 79,9 % del DQO (Medina et al., 2020).

Al aplicar este proceso en aguas residuales domésticas de una parroquia rural del Distrito Metropolitano de Quito, se logró la remoción completa de coliformes fecales, en 15 min, una disminución del 89 % del DQO y un 97 % de tensoactivos (0,25 mg/L, después de 120 min), a una concentración de 56,33 mM de H₂O₂, una relación molar Fe²⁺:H₂O₂ de 1:9 y agitación continua a 130 rpm (Semanate, Tovar, Pérez, Villacis, Vargas, Muñoz, 2019).

Por ello, el objetivo de esta investigación fue estudiar un sistema combinado de tratamiento de aguas residuales con el uso de un biofiltro y un proceso Fenton convencional, a escala laboratorio, para la reducción de la carga contaminante de los efluentes del camal del Gobierno Rural de Calacalí.

2. METODOLOGÍA

2.1 Caracterización de las aguas residuales del camal rural de Calacalí

Para la caracterización del efluente del proceso de faenamiento se revisó la guía orientativa de los parámetros de producción y procesamiento de cárnicos, Tabla No. A5 G, de la Norma Técnica para Control de Descargas Líquidas NT002 del Distrito Metropolitano de Quito, estos parámetros son: Caudal, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM), Aceites y Grasas (A&G), Sulfatos y Cloruros (Secretaría del Ambiente, 2016). Los parámetros seleccionados en este estudio fueron: DBO₅, DQO, SST, A&G, SAAM y coliformes fecales, debido a que son los parámetros que se presentan en mayor concentración en este tipo de efluentes y, por lo tanto, influyen en los procesos de depuración propuestos (Espín, 2014).

Con el objetivo de que el muestreo sea representativo, se realizó un muestreo compuesto durante dos semanas, los días lunes, miércoles y viernes de 00h00 a 08h00. El muestreo se realizó en el punto de descarga del camal donde confluyen los efluentes del proceso de faenamiento y lavado de estómagos, en este punto existe falta de facilidades técnicas para el muestreo, ya que el camal no posee un tanque de aproximación. El flujo de descarga de los efluentes del camal es continuo y se lo efectúa en un lapso de 8 h. Durante este tiempo se identificó que el caudal es mayor de 3 a.m. a 5 a.m. Por lo tanto, se tomaron cuatro alícuotas de 1 000 mL, con un periodo de una hora entre muestras desde las 3 a.m. a 6 a.m. de acuerdo con la guía de frecuencia de muestreo en flujo continuo que se presentan en la Norma Técnica NT002.

Para cada alícuota se tomaron los tiempos de aforo de cada muestreo simple. Se tomaron datos de pH y temperatura de cada muestra y se conservaron de acuerdo con la Norma Técnica INEN 2169:2013. Posteriormente, se conformó las muestras compuestas mediante la Ecuación (4) (INEN, 2013).

$$V_i = [V \times Q_i] / [n \times Q_m] \quad (4)$$

Donde:

V_i : Volumen de alícuota, mL

V : Volumen de muestra compuesta, mL

n : Número de muestras simples

Q_i : Caudal de muestreo, L/s

Q_m : Caudal promedio del periodo de muestreo, L/s

Para la caracterización del efluente del proceso de limpieza y desinfección, después del horario de faenamiento, se tomaron dos muestras y se realizó el análisis de SAAM, SST, DBO₅, DQO, coliformes fecales y Carbono Orgánico Total (COT). Los análisis se realizaron de acuerdo a los procedimientos establecidos en la APHA: Sólidos Suspendidos Totales (SST) mediante el procedimiento APHA 2540 D; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) mediante el procedimiento APHA 5210 B; Demanda Química de Oxígeno (DQO) con el procedimiento APHA 5220 D; Aceites y Grasas (A&G)

mediante el procedimiento APHA 5520 B; coliformes fecales (*Escherichia coli*) con el procedimiento NMKL 147; Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM) mediante el procedimiento APHA 5540 C; y Carbono Orgánico Total (COT), mediante el procedimiento SM 5310 B (APHA/WEF/AWWA, 2017).

Con base en los resultados de los análisis se determinó el índice de biodegradabilidad tanto para el efluente del proceso de faenamiento como para el efluente del proceso de limpieza y desinfección. Finalmente, se compararon los resultados con los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce presentes en la norma técnica municipal NT002 establecidas en la Resolución No. SA-DGCA-NT002-2016 vigente del Distrito Metropolitano de Quito y en la legislación nacional (Ministerio de Ambiente, 2015).

2.2 Evaluación de la efectividad del biofiltro para la disminución de la carga contaminante

2.2.1 Evaluación de un pretratamiento con trampa de grasas

Se evaluó el tiempo de separación de los aceites y grasas mediante pruebas de separación gravitatoria en tres embudos de separación, donde se colocó el agua residual. Se agitó y se contabilizó el tiempo de separación de los aceites, grasas y sólidos sedimentables presentes en el agua residual del camal. Se compararon con los tiempos de retención de la Norma CEP INEN 5. Código de práctica para el diseño de abastecimientos de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Se verificó con el tiempo obtenido la aplicabilidad de sistemas sencillos de separación de grasas en este efluente.

Se construyó una trampa de grasas a escala laboratorio de acuerdo con los parámetros de operación de un separador de aceite API, en el cual la relación profundidad/ancho debe encontrarse entre 0,3-0,5 con un tiempo mínimo de retención de 20 min (Romero, 2016). Las dimensiones de la trampa de grasa para un volumen de 44 L y una relación de profundidad/ancho de 0,4, fueron: 55 cm de largo, 45 cm de ancho, y 18 cm de profundidad. Se utilizó tol galvanizado como material base, tubería de 3/4 de pulgada para la entrada y la salida, y una llave de tipo bola para controlar la salida de efluente tratado.

El agua residual se suministró mediante una bomba de ½ HP desde el tanque de suministro, con ello se controló el flujo de agua tratada. Después del pretratamiento, se tomaron dos muestras para el análisis de A&G, DQO, DBO₅ y SST, antes del ingreso al sistema de biofiltración. Se determinó la efectividad del sistema de separación de acuerdo con el porcentaje de remoción de A&G, que se presenta en la Ecuación (5).

$$\%remoción\ A\&G = \frac{A\&G_i - A\&G_f}{A\&G_i} \times 100\% \quad (5)$$

Donde:

$\%remoción\ A\&G$: Porcentaje de remoción de A&G

$A\&G_i$: Resultados de A&G del afluente, en mg/L

A&G_f: Resultados de A&G del efluente tratado por la trampa de grasas, en mg/L

2.2.2 Evaluación de la efectividad del proceso de biofiltración

2.2.2.1 Determinación de las constantes hidráulicas del medio filtrante

Se utilizó un recipiente plástico transparente de 8,2 cm de largo por 8,2 cm de ancho y 27 cm de profundidad. En este recipiente se colocó el medio filtrante (cascarilla de arroz y humus sólido). Se determinó el tiempo de filtración del agua por el medio filtrante al aplicar diferentes caudales (0,45; 0,47; 0,65; 0,81; y 0,86 mL/min) y altura de filtración (0,05; 0,07; 0,09; 0,11 y 0,13 m) respectivamente. Con los datos del tiempo de filtración se aplicó la Ecuación de *Schulze* que se expone en la Ecuación (6). Con ello, se determinaron las *constantes hidráulicas del lecho filtrante* (Romero, 2016) mediante una regresión lineal.

$$\tau = \frac{C \times H}{q^n} \quad (6)$$

Donde:

τ : Tiempo de retención, h

H : Altura del medio filtrante, m

q : Carga hidráulica, m³/m²·h

C, n_i : Constantes hidráulicas del medio filtrante (adimensionales)

2.2.2.2 Aclimatación de lombrices *Eisenia foetida*

Se aclimataron las lombrices con el agua resultante de la trampa de grasas por un tiempo de 30 días, se suministró 250 mL de este efluente con un periodo de suministro de 24 h, y se proporcionó 100 mL de agua potable para mantener húmedo el sistema. Se verificó la adaptación de este organismo depurador, por la presencia de cocones (huevecillos de lombrices) y lombrices jóvenes (Cevallos, 2015).

2.2.2.3 Determinación de la cinética de degradación

Se constituyó un sistema de cinco filtros biológicos a escala laboratorio para el tratamiento aerobio de los efluentes del camal; cada filtro está conformado por tres capas. La primera capa se constituyó de humus sólido en presencia de lombrices *Eisenia foetida*, la segunda capa de cascarilla de arroz previamente lavada para la eliminación de impurezas, y la tercera capa de piedras de río, de un tamaño entre 3 a 7 cm de diámetro, y grava.

Las dimensiones del sistema fueron 40 cm de largo, 100 cm de ancho y 30 cm de profundidad; la división en cinco biofiltros fue de 20 cm de ancho. Se empleó tol galvanizado y vidrio para la construcción y en la base se colocó una malla plástica Nro. 10, una membrana textil (organza), piedras de río y grava. Posteriormente, se colocó la mezcla de lombrices con humus sólido y se instaló una tubería de PVC de ¾ de pulgada para la aireación de cada biofiltro. El suministro del efluente

pretratado se realizó desde un tanque de 40 L y se utilizó una bomba ½ HP para la aspersión mediante regaderas circulares de ducha. El caudal se controló con el uso de un temporizador analógico.

Se determinaron para los tiempos de retención hidráulica de 18, 20, 24, 28 y 32 h, las alturas de filtración para cada biofiltro. Se utilizó un caudal de 1,5 L/día del efluente pretratado en cada biofiltro y se tomaron muestras a la salida de cada uno de ellos al efluente tratado para el análisis de DQO y DBO₅. De acuerdo con los resultados de la DBO₅ se determinó el orden de la reacción y las constantes cinéticas. El tiempo óptimo de retención se obtuvo con base al mayor porcentaje de remoción de la DBO₅, y a este tiempo se procedió a analizar SST y coliformes fecales. Se determinó la eficiencia del biofiltro de acuerdo con los porcentajes de remoción de la DBO₅ y SST, mediante la aplicación de la Ecuación (7) y la Ecuación (8), respectivamente.

$$\varepsilon_{\text{filtro}} = \frac{DBO_i - DBO_f}{DBO_i} \times 100\% \quad (7)$$

Donde:

$\varepsilon_{\text{filtro}}$: Eficiencia de remoción de la DBO₅ del biofiltro, en %

DBO_i : Resultados de la DBO₅ al ingreso, en mg/L

DBO_f : Resultados de la DBO₅ del efluente tratado por el proceso de biofiltración, en mg/L

$$\% \text{remoción SST} = \frac{SST_i - SST_f}{SST_i} \times 100\% \quad (8)$$

Donde:

$\% \text{remoción SST}$: Porcentaje de remoción de SST

SST_i : Resultados de SST del afluente, en mg/L

SST_f : Resultados de SST del efluente tratado por el proceso de biofiltración, en mg/L

2.3 Evaluación de la efectividad del proceso Fenton convencional como proceso complementario en el tratamiento de aguas de limpieza y desinfección de camales.

2.3.1 Ensayo de supervivencia con lombrices

El ensayo se realizó con el efluente del proceso de limpieza y desinfección. Se tomó como referencia la metodología realizada por Gómez (2014) en la cual se recolectaron dos grupos de 10 lombrices aclimatadas con el efluente del proceso de faenamiento. Se colocaron en una caja Petri humedecida, durante 5 h, para que vacien sus intestinos. Se pesó 250 g de humus sólido en mezcla con cascarilla de arroz que se colocó junto a las lombrices en recipientes plásticos de 1 000 mL. Luego, se taparon los recipientes con fibra textil para que exista flujo de aire, y se dosificó 10 mL del efluente del proceso de limpieza y desinfección cada 24 h, durante siete días (Gómez, 2014). Se verificó la toxicidad del efluente de limpieza y desinfección en función del número de lombrices que murieron durante el periodo de exposición a este efluente, esta experiencia se realizó por duplicado.

2.3.2 Evaluación de la efectividad del proceso Fenton convencional como proceso complementario en el tratamiento de aguas residuales del camal

El ensayo del proceso Fenton convencional en un reactor "Batch" con agitación constante (130 rpm) y a temperatura ambiente (un rango entre 18,0 a 20,0 °C). Se utilizaron 600 mL de muestra acidificada a pH de 3,0 con ácido sulfúrico 0,5 N, Besharati, Ahmad y Pendasteh (2020) mencionan que este valor es el óptimo para la reacción, ya que se forman especies complejas que son más activas en el proceso de oxidación Fenton, esto también se corrobora con los resultados favorables de remoción de DQO de Becerra y Cadena (2016) y Medina et al. (2020). El sulfato ferroso heptahidratado se añadió a la muestra acidificada. Posteriormente, se añadió el peróxido de hidrógeno al 30% v/v en volumen, con ello se efectuó la reacción Fenton. Se tomaron alícuotas de 10 mL durante intervalos de tiempo de 5, 10, 15, 30, 60 y 120 min. Con el objetivo de detener la reacción Fenton y realizar la medición del DQO, se elevó el pH a 12 a cada alícuota, con el uso de una solución de NaOH 1 N, después de 15 min se redujo el pH a 7,0 y se filtró con el uso de papel filtro 0,43 µm y filtros de jeringa (Semante et al. 2019).

El diseño experimental fue unifactorial, se estudió la dosificación de los reactivos de sulfato de hierro heptahidratado y peróxido de hidrógeno, y el tiempo de reacción. Se tomó como variable de respuesta al porcentaje de remoción de DQO y se consideró una relación molar constante Fe^{2+}/H_2O_2 de 0,4, sobre la base de investigaciones que lograron mejorar el índice de biodegradabilidad y obtuvieron resultados favorables en la remoción de DQO en efluentes contaminados. La primera dosis se realizó de acuerdo a concentraciones de 4 mM de Fe^{2+} y 10 mM H_2O_2 , la segunda dosis a concentraciones de 12,8 mM de Fe^{2+} y 32 mM H_2O_2 , y la tercera dosis a 42 mM de Fe^{2+} y 105 mM H_2O_2 (Becerra y Cadena, 2016; Delgado, 2019; Medina et al, 2020).

La evaluación del proceso Fenton convencional se realizó con base en el tiempo de reacción y dosis de reactivo Fenton que presentaron mayor remoción de DQO. El cálculo del porcentaje de remoción de DQO se realizó de acuerdo con la Ecuación (9). Con este tiempo de reacción y dosis se analizaron: coliformes fecales, SAAM y COT, bajo las metodologías estandarizadas indicadas anteriormente.

Adicionalmente, se realizó un segundo ensayo de supervivencia con el efluente tratado por el proceso Fenton tradicional para verificar la reducción de toxicidad del efluente (Gómez, 2014). Finalmente, se analizaron los resultados del proceso Fenton convencional como tratamiento complementario para depurar las aguas de limpieza y desinfección de la planta de faenamiento.

$$\% \text{remoción DQO} = \frac{DQO_i - DQO_f}{DQO_i} \times 100\% \quad (9)$$

Donde:

$\% \text{remoción DQO}$: Porcentaje de remoción de DQO

DQO_i : Resultados de SST del afluente, en mg/L

DQO_f : Resultados de SST del efluente tratado por el proceso de biofiltración, en mg/L

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización de las aguas residuales del camal rural de Calacalí

Durante dos semanas de muestreo se determinó que el caudal promedio fue de 75,24 m³/día para una media de 80 reses faenadas diariamente. En los días viernes se puede apreciar un mayor caudal comparado con los otros días de operación, esto se debe a que se recibe más ganado bovino que en los otros días de operación; por lo tanto, el caudal es proporcional a la cantidad de animales faenados. El camal frigorífico de Ambato en el año 2008 presentó un caudal de 240 m³/día con base en 150 reses faenadas/día, por otro lado, la Empresa Metropolitana de Rastro de Quito en el año 2020 presentó un caudal de 529,2 m³/día, que corresponde a un faenamamiento anual de 64 000 bovinos, 79 000 porcinos y 20 252 ovinos. En la Figura 1 se exponen los caudales promedio de los diferentes días de operación (Ruiz, 2020; Guevara, 2011).

La caracterización del efluente del proceso de faenamamiento se presenta en la Tabla 1, en la cual se expone el promedio de los parámetros analizados. De acuerdo a los resultados de DBO₅ y DQO se evidencia una carga orgánica elevada, esto se debe a que no se tiene un proceso de aprovechamiento de la sangre y vísceras que se generan (Salas y Condorhuamán, 2008).

En la Tabla 2 se exponen los parámetros analizados del efluente pretratado para el biofiltro. Cabe mencionar que, aunque los resultados de A&G cumplen con la normativa municipal y nacional, se requiere remover la mayor parte de este contaminante, ya que puede ocasionar el taponamiento de la bomba y del sistema de aspersión lo que ocasionaría problemas en el sistema de biofiltración en general.

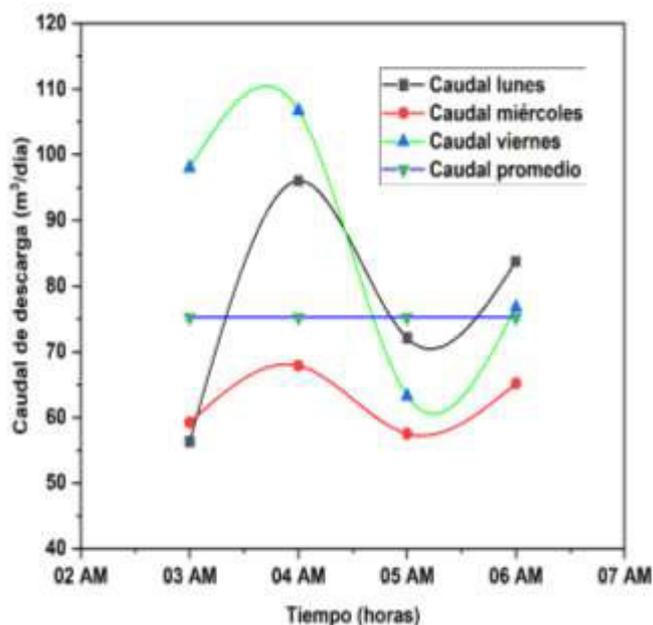


Figura 1. Caudal del efluente del proceso de faenamamiento en diferentes días de operación de acuerdo a las horas de muestreo.

Tabla 1. Caracterización del efluente del proceso de faenamiento y del proceso de limpieza y desinfección, comparado con los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce presentes en la normativa municipal y nacional.

Parámetro	Efluente de faenamiento	Efluente de limpieza y desinfección	Límites norma municipal	Límites norma nacional
DBO ₅ (mg/L)	5 483,33 ± 2 116,99	27±15,56	100,00	100,00
DQO (mg/L)	12 581,67 ± 4 644,31	4 810 ±56,57	160,00	200,00
SST (mg/L)	830 ±236,56	402 ±2,83	100	130
A&G (mg/L)	9,45 ±6,48	-	30,0	30,0
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	8,55E+05 ±1,22E+05	<3	Remoción>al 99,9 %	2 000
Tensoactivos (mg/L)	<2,50E-02	4,7 ±0,27	0,5	0,5
pH	7,51±0,27	6,8±0,14	6,0-9,0	6,0-9,0

El valor de SST es superior al valor expuesto en la normativa municipal y nacional, esto se debe al gran porcentaje de residuo lignocelulósico, tierra y estiércol que se genera en el proceso de faenamiento y lavado de estómagos. El valor alto de coliformes fecales respecto a la normativa se presenta debido a que, en el proceso de lavado de estómagos, se retira una gran cantidad de rumen y estiércol (Guevara, 2011).

Los resultados del parámetro SAAM cumplen con la normativa e indican que durante el proceso de faenamiento no se usan agentes de limpieza. De acuerdo con lo que menciona Guevara (2011) durante las etapas de eviscerado y lavado de canales se produce un gran porcentaje de aceites y grasas. Sin embargo, el valor analizado cumple con la normativa ambiental con un promedio de 9,45 mg/L de A&G, pero este resultado se determinó con base a un coeficiente de variabilidad del 68,62%. Sin embargo, se optó por tomar el máximo valor de A&G que se determinó durante el periodo de muestreo (18,1 mg/L), valor crítico para la representación de este contaminante en el agua residual, este valor corresponde a la segunda muestra compuesta del día lunes.

Al comparar los resultados de la caracterización del efluente del proceso de faenamiento con la normativa municipal y nacional se evidenció que los parámetros de DQO, DBO₅, SST, y coliformes fecales no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce, esto puede provocar impactos ambientales negativos que requieren ser depurados. El índice de biodegradabilidad representa la relación entre la DBO₅ y el DQO, esto indica la capacidad biológica y química de degradación que tiene un cuerpo de agua, si se tiene un índice mayor a 0,6 el agua residual con contenido orgánico es fácilmente biodegradable, en un rango de 0,41 – 0,59 el contenido orgánico es parcialmente biodegradable y si el índice es menor a 0,40 el

contenido orgánico es de difícil biodegradabilidad (Medina et al 2020). Para este efluente se determinó un índice de biodegradabilidad de 0,44 lo que indica que el efluente contiene materia orgánica parcialmente biodegradable por lo tanto se puede utilizar un tratamiento biológico.

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la caracterización del efluente del proceso de limpieza y desinfección, en el cual se determinó la presencia tensoactivos mediante el análisis SAAM. El valor de la DBO₅ resulta ser menor comparado con el efluente del proceso de faenamiento debido a la presencia de desinfectantes, estos inhiben el desarrollo microbiano como lo indica Hernández (2012), por lo tanto, afectan a los agentes microbianos que oxidan biológicamente la materia orgánica y los contaminantes patógenos como las coliformes fecales, cuyo valor en este efluente es menor a 3 NMP/100mL.

Para el efluente del proceso de limpieza y desinfección los parámetros de DQO, SST, y tensoactivos no cumplen con la normativa municipal y nacional vigente, sin embargo, los valores de DBO₅ y coliformes fecales cumplen con los límites máximos permisibles. Al determinar el índice de biodegradabilidad se obtuvo un valor de 5,61E-03 lo cual indica que el efluente no es de carácter biodegradable, y, por lo tanto, se requiere de un tratamiento oxidativo para la reducción de contaminantes de difícil biodegradación como los tensoactivos y ciertos contaminantes recalcitrantes que incrementan el valor de DQO (Bustillo y Mehrvar, 2017).

3.2 Evaluación de la trampa de grasas

De acuerdo con la Norma CEP INEN 5 el tiempo de separación de grasas y aceites para aguas residuales con caudales menores a 10 L/s debe ser menor a 3 min. En los cuatro ensayos realizados para el efluente del proceso de faenamiento se determinó un tiempo de separación promedio de 2,56 ± 0,51 min. Por lo tanto, el efluente estudiado puede ser tratado por sistemas sencillos de separación de aceites y grasas (CEP INEN 5, 1992). Se evidenció una formación de una capa de grasa (nata) en la trampa de grasas construida a escala laboratorio. Se utilizó un tiempo de retención de 20 min según lo expuesto en Romero (2016), ya que con este tiempo se toma en cuenta la sedimentación de sólidos y una mejor formación de natas. En la determinación de la efectividad de la trampa de grasas se tomaron los valores máximos que se obtuvieron en el muestreo del efluente del proceso de faenamiento, debido a la gran variabilidad de los parámetros analizados, con estos datos se determinó una remoción del 58,56 % de A&G.

Tabla 2. Comparación de los parámetros de contaminación del efluente pretratado de la trampa de grasas con los valores máximos del efluente del proceso de faenamiento

Parámetro	Efluente inicial (Proceso de faenamiento)	Efluente pretratado (Trampa de grasas)
DBO ₅ (mg/L)	8400	6 605
DQO (mg/L)	21 250	13 740
SST (mg/L)	1140	500
A&G (mg/L)	18,1	7,5

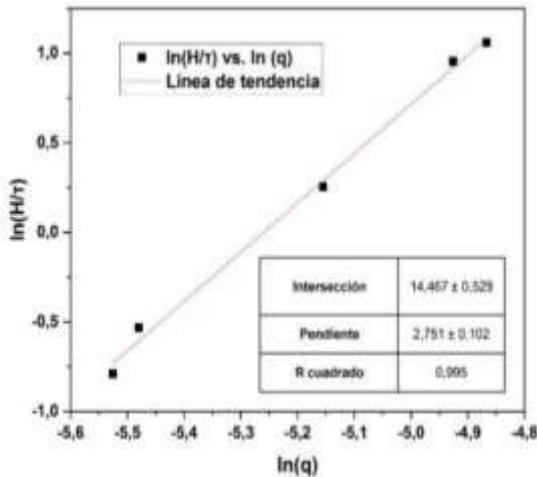


Figura 2. Determinación de constantes hidráulicas mediante la ecuación de Schulze con los datos del ensayo de filtración

En la Tabla 2 se exponen los parámetros analizados del efluente pretratado para el biofiltro. Cabe mencionar que, aunque los resultados de A&G cumplen con la normativa municipal y nacional, se requiere remover la mayor parte de este contaminante, ya que puede ocasionar el taponamiento de la bomba y del sistema de aspersión lo que ocasionaría problemas en el sistema de biofiltración en general.

3.3 Aclimatación de las lombrices

Las lombrices *Eisenia foetida* se aclimataron al dosificar 250 mL del efluente proveniente de la trampa de grasas. Se consiguió que estos organismos se aclimataran en un tiempo de 30 días, muestra de la efectividad de la aclimatación fue la presencia de cocones, actividad sexual y lombrices jóvenes. Sin embargo, se apreció también la disminución de la población de lombrices durante el periodo de aclimatación debido posiblemente al *Gozzo ácido* o *Síndrome proteico*, el cual se presenta como una intoxicación proteica en la lombriz, ya que esta no logra asimilar la proteína ingerida y esto le provoca su muerte (Martínez, 2004).

Como se puede apreciar en la Tabla 2, el DBO₅ alcanzó un valor máximo de 21 250 mg/L, lo cual explica el gran contenido orgánico relacionado con proteínas y carbohidratos presentes en la sangre de la vaca. Algunos autores mencionan que el alimento orgánico suministrado a la lombriz no debe tener un exceso proteico superior al 19 % ya que puede ocasionar su muerte; en la sangre de bovinos existe un 18 % de proteína y un 2 % de carbohidratos, esto al estar tan cercano al límite proteico pudo haber generado estas afecciones en la lombriz (Bermúdez, 2019; Barragán, 2013).

3.4 Evaluación del sistema de biofiltración

De acuerdo con los resultados experimentales del tiempo de filtración sobre la base de las alturas del medio filtrante y caudales definidos, se determinaron las constantes hidráulicas al aplicar una regresión lineal a la Ecuación de Schulze, Ecuación (10), esto se presenta en la Figura 2 y presentó un R² de 0,995. La pendiente de 2,751 representa la constante *n*, este resultado es específico para el medio filtrante de cascarilla de

arroz con humus sólido y se compara con el valor de 2,246 obtenido por Ruiz (2020), en ensayos con un medio filtrante de las mismas características (cascarilla de arroz y humus sólido de lombriz). La constante *C* se determinó de la Figura 2, se obtuvo un valor de 5,213E-07; este resultado difiere de la literatura ya que depende del área filtrante aplicada y de la carga hidráulica del biofiltro (Romero, 2016).

$$\ln\left(\frac{H}{r}\right) = n \ln(q) - \ln(C) \quad (10)$$

Al aplicar las constantes hidráulicas del medio filtrante en la Ecuación de Schulze con un caudal de 1,5 L/día y tiempos de retención de 18, 20, 24, 28 y 32 h, se determinaron las alturas de filtración de 9,78; 10,86; 13,04; 15,21 y 17,38 cm, respectivamente. Estas alturas se utilizaron en el sistema biofiltración construido para la conformación de cada biofiltro, con cascarilla de arroz y humus sólido.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la DBO₅ del efluente tratado, por cada uno de los biofiltros, a los diferentes tiempos de retención y alturas de filtración correspondientes; por duplicado. Se determinó que a diferentes alturas de filtración se tiene una disminución de la carga orgánica, esto se debe principalmente a que cada altura presenta diferente tiempo de retención hidráulica, ya que a mayor tiempo de retención existe más contacto del agua residual con las lombrices. Esto permite que la lombriz tome el alimento necesario para la remoción de nutrientes y con ello lograr la reducción del DBO₅, DQO y SST. (Sinha, Barambe, y Chaudhari, 2008).

La reducción de la carga orgánica también se debe a la formación de la biopelícula en la cascarilla de arroz y el soporte filtrante (piedras y grava), donde las bacterias facultativas oxidan la materia orgánica en condiciones aeróbicas, las cuales se favorecen por acción de las lombrices que actúan como aireadoras sin la necesidad de un sistema de inyección de aire (Cardoso, Ramírez, y Garzón, 2013).

Como se puede apreciar en la Tabla 3, a la altura de 17,38 cm en el primer ensayo existe un incremento de la DBO₅, esto se debió a que la regadera circular que conformaba el sistema de aspersión para este biofiltro se encontraba dañada, lo cual ocasionó un aumento en el caudal de aspersión del efluente pretratado, no obstante, en el segundo ensayo al arreglar este problema se disminuyó la carga orgánica.

Tabla 3. Resultados del ensayo de biofiltración a diferentes alturas filtración en función del tiempo de retención.

Tiempo de retención (h)	Altura medio filtrante (cm)	DBO ₅ (mg/L)		DQO (mg/L)	
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2
0	0,00	6 605	6 605	13 740	13 740
18	9,78	3 833	2 811	5 470	4 100
20	10,86	1 255	1 624	2 300	2 820
24	13,04	1 064	1 798	1 940	2 770
28	15,21	652	763	1 490	1 420
32	17,38	1511	760	2 000	1 710

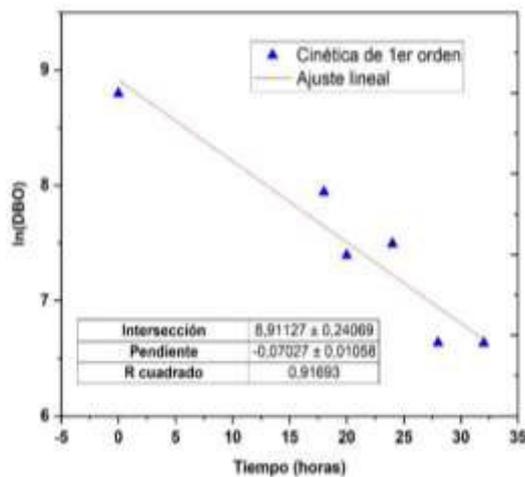


Figura 3. Linealización de la cinética de primer orden ($Q = 1,5 \text{ L/día}$)

Con lo cual se evidenció que la influencia de la carga hidráulica afecta directamente a los organismos vivos del biofiltro y al desarrollo de la película biológica tanto en el medio filtrante como en el soporte de piedras y grava, lo cual no permite una buena degradación de la materia orgánica. Sinha et al., (2008) menciona que una carga hidráulica inadecuada no permite que exista un correcto tiempo de retención en el biofiltro y esto repercute en la disminución de la eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos.

En la Figura 3 se muestra la cinética de la DBO_5 del segundo ensayo de biofiltración, debido a que los resultados del primer ensayo presentaron problemas en el sistema de irrigación. Se ajustó a una cinética de primer orden, con un R^2 de 0,917. Estos resultados se comparan con los resultados de Ruiz (2020), quien presentó una cinética de primer orden para un biofiltro con las mismas características filtrantes en el tratamiento de los efluentes del proceso de faenamiento de la EMRAQ-EP, además esto cumple con lo que menciona Romero (2016) para filtros percoladores de tasa baja, donde se tiene una tasa de remoción DBO_5 con base en un comportamiento de primer orden. Se determinó la constante de velocidad cuyo valor fue de $7,03\text{E-}02 \text{ h}^{-1}$, este resultado representa el comportamiento de degradación de la materia orgánica para un biofiltro de tasa baja con cascarilla de arroz y humus sólido como medio filtrante.

A un tiempo de 28 h se tiene una remoción considerable de 84,45 % de la DBO_5 . En comparación con el tiempo de 32 h, donde el valor de la DBO_5 es muy cercano, por lo tanto, se optó por tomar el tiempo de 28 h como el tiempo óptimo de retención, valor que representa una altura de filtración de 15,21 cm en el biofiltro. En la Tabla 4 se presentan los análisis del efluente tratado por el biofiltro al tiempo óptimo de retención. Se determinó la eficiencia del biofiltro mediante el 89,29 % de remoción de DBO_5 , 89,41 % de remoción de DQO, 81,50 % remoción de SST y de 61,40 % remoción de coliformes fecales. Las remociones de estos contaminantes se comparan con los resultados obtenidos por Ruiz (2020) en biofiltros con las mismas características filtrantes, quien consiguió una remoción de la DBO_5 del 93,05 %.

Tabla 4. Remoción de contaminantes del efluente inicial proveniente de la trampa de grasas con el efluente tratado por el biofiltro a un tiempo óptimo de retención.

Parámetro	Efluente pretratado (Trampa de grasas)	Efluente tratado (biofiltro)	Porcentaje de remoción (%)
DBO_5 (mg/L)	6 605,0	707,5	89,29%
DQO (mg/L)	13 740	1 455	89,41%
SST (mg/L)	500,0	92,5	81,50%
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	$8,55\text{E}+05$	$3,30\text{E}+05$	61,40%

La reducción de este parámetro se debe principalmente a la acción enzimática de las lombrices con la carga orgánica presente en el agua residual, a causa de la presencia de enzimas, hormonas y microorganismos en el intestino de la lombriz que descomponen la materia orgánica y con ello lograr la generación humus de lombriz (Garkal, Mapara, y Prabhune, 2015).

La disminución de SST se debió a dos factores principalmente, el primero por la utilización de un medio filtrante acoplado previo al ingreso al biofiltro y el segundo factor se debe a que las lombrices capturan la mayor parte de los sólidos suspendidos para realizar su metabolismo. La disminución en el parámetro de coliformes fecales se debe a la flora microbiana que posee la lombriz *Eisenia foetida* en su intestino, lo cual ayuda a la remoción de patógenos como los coliformes, ya que existe una secreción de fluido celómico el cual funciona como fluido antibacteriano (Arora, Rajpal, Bhargava, y Kumar, 2013).

Al comparar los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, de la normativa nacional, con los resultados del efluente tratado por el biofiltro, existe cumplimiento solo en el parámetro de SST. En los coliformes fecales en cuyo caso no se alcanzó el valor máximo de 2 000 NMP/100 mL. En los parámetros de DBO_5 y DQO, el efluente tratado tuvo concentraciones siete veces más altas que las estipuladas en la normativa nacional. Por lo tanto, se podría utilizar un proceso anaeróbico complementario, con el objetivo de disminuir la carga orgánica remanente, esto lo menciona Bustillo y Mehrvar (2017), ya que al tener una combinación entre un proceso aeróbico y anaeróbico se puede mejorar la eficiencia de remoción de contaminantes de carácter orgánico, y más aún en aguas residuales con elevada carga orgánica como son los efluentes del proceso de faenamiento.

3.5 Ensayo de supervivencia con lombrices

Se determinó que, de 4 a 6 lombrices de una población de 10, murieron durante la exposición al efluente del proceso de limpieza y desinfección; en ensayos por duplicado. Es posible que la toxicidad del efluente afectara el trabajo del biofiltro, en la degradación del contenido orgánico. Sinha et al. (2008) menciona que se ha demostrado que estos anélidos pueden llegar a tolerar una cierta concentración de químicos tóxicos presentes en el suelo, por lo tanto, es importante conocer la concentración óptima letal de los químicos a los que son expuestos. Durante las visitas al proceso de limpieza y

desinfección se evidenció el uso de desinfectantes y fungicidas para la limpieza de instalaciones y equipos, que podrían ser los causantes de la toxicidad en este efluente.

3.6 Evaluación del proceso Fenton convencional para el efluente del proceso de limpieza y desinfección

La evaluación del proceso Fenton para el tratamiento del efluente del proceso de limpieza y desinfección se desarrolló en un rango de temperatura entre 18,0 a 20,8 °C y a una velocidad de agitación constante de 130 rpm, estos factores se mantuvieron durante la experimentación. Medina et al. (2020) indica que el proceso Fenton presenta un mejor efecto a temperatura ambiente y que la agitación no tiene un efecto relevante, en el caso de procesos Fenton de tipo homogéneo.

Los resultados del proceso Fenton convencional se pueden evidenciar en la Figura 4 donde se exponen los porcentajes de remoción DQO durante un tiempo de reacción de 120 min a diferentes dosis de reactivo Fenton con base en una relación molar constante $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ de 0,4. En cada gráfica se observa que a menos de 10 min de iniciada la reacción se produjo una reducción notable de DQO de aproximadamente un 70,0 %, debido a que la velocidad de reacción de la Ecuación (1) es relativamente más rápida que las otras reacciones del proceso Fenton. El alto poder oxidante del radical hidroxilo genera una rápida mineralización de los compuestos orgánicos e inorgánicos (Taco y Mayorga, 2012).

En la Figura 4a se aprecia que en los dos ensayos realizados para la relación de 4:10 (4 mM Fe^{2+} y 10 mM H_2O_2) existe una oscilación de la curva entre los 5 a 30 min de reacción, esto se debe generalmente a la gran cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el efluente que reaccionan con los radicales hidroxilo ($\cdot\text{OH}$), lo cual genera reacciones favorables y otras que no favorecen a la mineralización de los contaminantes debido a la presencia de otros radicales como el radical hidroperoxilo ($\cdot\text{OOH}$) el cual posee menor poder oxidante, esta reacción se expone en la Ecuación 2 (Davarnejad y Nasir, 2016).

Como lo menciona Hernández (2012), entre los factores que producen estas variaciones podrían ser cloruros o sulfatos producto del uso de desinfectantes que son inhibidores de los radicales hidroxilos. No obstante, en la Figura 4b se observa que a los 60 min se tiene una ligera estabilización de la curva de remoción de DQO, lo que indica que ya no se generan reacciones improductivas, en las cuales se forman compuestos que incrementan el valor de DQO.

En la Figura 4c se presenta la relación con mayor concentración de reactivo Fenton, se puede evidenciar un comportamiento con menos oscilación al inicio de la reacción, sin embargo, después de los 60 min empieza a incrementarse el parámetro de DQO, lo cual indica que un exceso de reactivo puede generar reacciones improductivas. Por lo tanto, la remoción de DQO está relacionada directamente con la dosis de reactivo Fenton. Cabe mencionar que en cada experimentación se tuvo una concentración molar en exceso de peróxido de hidrógeno, lo cual generó más radicales libres ($\cdot\text{OH}$) y esto incrementó la eficiencia de remoción de contaminantes. Sin embargo, según Kajitvichyanukul y Suntronvipart (2006) la eficiencia del proceso puede reducirse por el exceso de H_2O_2 , que reacciona con los radicales hidroxilos, puesto que actúa como “scavenger” e impide que los contaminantes orgánicos se degraden. En la Figura 5 se presenta la comparación de los porcentajes de remoción obtenidos para cada una de las dosis estudiadas durante un tiempo de reacción de 120 min.

Se puede apreciar que a un tiempo 60 min con la concentración de 42:105 se alcanza una remoción del 87,74 % de DQO sin embargo el costo asociado a los reactivos puede incrementarse al momento de diseñar una planta de tratamiento. Por lo tanto, se tomó el porcentaje de remoción de 86,89 % a un tiempo 60 min con la dosis de 12,8:32; la curva tiende a estabilizarse después de los 60 min. Como lo menciona Semanate et al. (2019) la naturaleza del efluente tratado genera diferentes comportamientos de competencia entre los compuestos presentes en el agua residual con los radicales hidroxilos debido a las diferentes características fisicoquímicas de los efluentes.

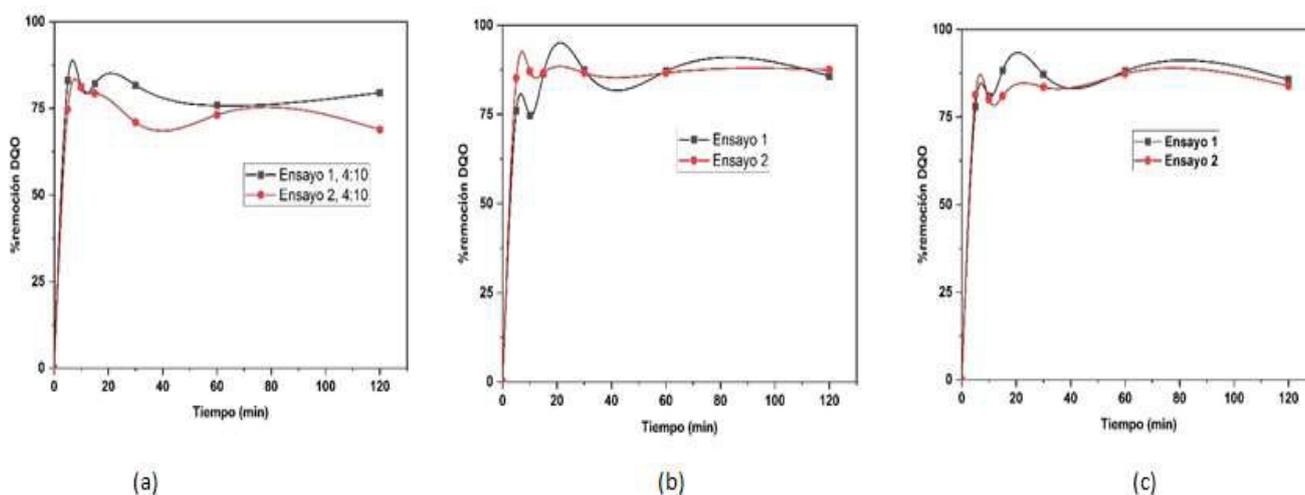


Figura 4. Porcentaje de remoción de DQO: (a) Relación molar 4:10 $[\text{Fe}^{2+}]/[\text{H}_2\text{O}_2]$; (b) Relación molar 12,8:32 $[\text{Fe}^{2+}]/[\text{H}_2\text{O}_2]$; (c) Relación molar 42:105 $[\text{Fe}^{2+}]/[\text{H}_2\text{O}_2]$

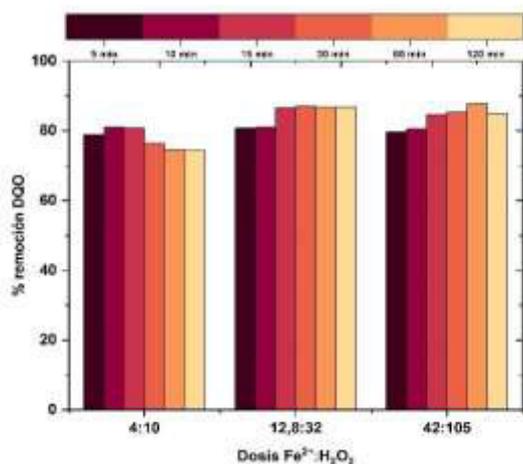


Figura 5. Comparación de los porcentajes promedio de remoción de DQO en los diferentes tiempos de reacción con base a la dosis de reactivo Fenton (dosis 4 mM de Fe²⁺ y 10 mM H₂O₂, dosis 12,8 mM de Fe²⁺ y 32 mM H₂O₂, y la dosis 42 mM de Fe²⁺ y 105 mM H₂O₂)

Por lo tanto, el tiempo de reacción difiere en valores obtenidos en otras investigaciones, como el tiempo de 30 min obtenido por Delgado (2019) con la misma relación molar (Fe²⁺/H₂O₂) de 0,4 para efluentes de camales, o el tiempo de 120 min obtenido por Semanate et al. (2019) en la depuración de aguas residuales domésticas.

Con las condiciones seleccionadas, a un tiempo de reacción de 60 min y una dosis 12,8 mM de Fe²⁺ y 32 mM H₂O₂, se determinó una reducción de 83,51 % de COT lo cual muestra la mineralización del contenido orgánico del agua residual, además se obtuvo una remoción de 76,81 % de tensoactivos, estos resultados se exponen en la Tabla 5. Con el efluente obtenido a estas condiciones, se efectuó un ensayo de supervivencia con lombrices, para verificar la reducción de la toxicidad del efluente. Se determinó en un ensayo por duplicado que 2 de cada 10 lombrices son afectadas por el efluente resultante del POA. Lo que podría significar la reducción parcial de la toxicidad del efluente del proceso de limpieza y desinfección.

No existe cumplimiento con el parámetro de DQO ya que su valor fue tres veces mayor a lo estipulado en la normativa nacional y cuatro veces el límite de la normativa local, y el valor obtenido de tensoactivos de 1,09 mg/L no cumple con el valor de 0,5 mg/L, de la normativa nacional como en la municipal. Podría deberse a la existencia de compuestos inorgánicos de difícil degradación resultado de los desinfectantes que se utilizan en el proceso de limpieza y desinfección (bactericidas, virucidas, fungicidas y levarucidas), bajo procedimientos no estandarizados.

El valor obtenido de SST cumple con la normativa municipal y nacional debido a la filtración de la muestra resultante del POA, en este proceso se retuvieron los hidróxidos de hierro formados en la reacción Fenton, lo cual hizo que este parámetro alcance una remoción del 98,51 % de SST. El índice de biodegradabilidad para este efluente fue de 2,40E-02, sin embargo, sigue sin tener características biodegradables debido a que se presume que persisten compuestos de origen inorgánico que no se mineralizaron en el proceso Fenton.

Puede deberse a la presencia de iones inorgánicos (cloruros o sulfatos) que actúan como secuestradores de los radicales hidroxilos y por lo tanto disminuyen la eficiencia de remoción de los contaminantes (Hernández, 2012). Como lo mencionan Domènech, Jardim y Litter (2004) son muy pocos los compuestos que no pueden ser atacados por el reactivo Fenton, entre ellos los compuestos organoclorados, pero sigue postulándose como un buen oxidante para la descomposición de solventes para limpieza y residuos industriales, y en la disminución de DQO. Oller, Malato, y Sánchez-Pérez (2011) indican que se pueden generar subproductos de carácter tóxico para la carga microbiana, y esto provoca que el efluente no sea biodegradable, esto se debe mantener en cuenta para un tratamiento biológico posterior.

Se escogió al proceso Fenton convencional como tratamiento complementario al sistema de tratamiento de aguas residuales, ya que como lo menciona García (2017) el proceso Fenton debe aplicarse antes del tratamiento biológico con el objetivo de disminuir la toxicidad del efluente y eliminar contaminantes recalcitrantes. Como ejemplo se tiene el caso de los fangos activos que reducen el DQO biodegradable, estos sistemas de tratamiento en valores elevados de DQO y en presencia de contaminantes recalcitrantes, con características tóxicas, afectan directamente a los fangos activados (Chivas et al., 2017).

En relación al proceso de biofiltración del sistema *Tohá* existe una afectación directa a los organismos vivos que se encuentran en las capas del biofiltro como las lombrices, hongos y bacterias, por lo tanto, se requiere de un pretratamiento con un proceso de oxidación avanzada. Sin embargo, como los costos de tratamiento influyen directamente en la operación se requiere de la optimización de los recursos, por lo tanto, este proceso se lo realizó específicamente para tratar los contaminantes que se generan en el proceso de limpieza y desinfección.

En la evaluación general del proceso de tratamiento se consideraron los resultados de cada tratamiento y se verificó que el proceso Fenton convencional es viable como aplicación complementaria antes de ingresar a un proceso biológico, ya que se disminuyó la toxicidad del efluente de limpieza y desinfección, que afecta al trabajo del biofiltro. Sin embargo, para mejorar los resultados se podrían realizar ensayos con otras relaciones molares Fe²⁺/H₂O₂. Otras investigaciones evidenciaron mejores degradaciones de colorantes y tensoactivos con mayores concentraciones de H₂O₂ y el uso de agentes quelantes (Chitra et al., 2014; De Luca et al., 2014).

El proceso de biofiltración reduce la contaminación orgánica en un 89,29 % del efluente del proceso de faenamiento el cual contiene en su composición una gran cantidad de sangre y estiércol. Cabe mencionar que este sistema puede funcionar muy bien en cargas orgánicas moderadas, como lo menciona Sena et al. (2009). Es fundamental aplicar un tratamiento primario para disminuir sustancialmente la carga orgánica, como se realizó en este caso, y acorde a la variabilidad del número de reses que recibe el camal.

Tabla 5. Comparación del efluente inicial proveniente del proceso de limpieza y desinfección con el efluente tratado por el proceso Fenton convencional con la dosis de 12,8 mM Fe²⁺ y 32 mM H₂O₂ a un tiempo de reacción de 60 min

Parámetro	Efluente inicial (Proceso limpieza y desinfección)	Efluente tratado (POA)	Porcentaje de remoción (%)
DBO ₅ (mg/L)	27,00	15,00±4,24	44,44
DQO (mg/L)	4810,00	641,00±14,85	86,67
SST (mg/L)	402,00	6,00±8,49	98,51
Tensoactivos (mg/L)	4,70	1,09±0,20	76,81
COT (mg/L)	1485,50	245,00±65,76	83,51

4. CONCLUSIONES

En la caracterización del efluente del proceso de faenamiento se determinaron que los parámetros de la DBO₅, DQO, SST y coliformes fecales no cumplen con la normativa municipal y nacional, no obstante, el valor del índice de biodegradabilidad de 0,44 obtenido para este el efluente se ajusta para un tratamiento biológico.

En la caracterización del efluente del proceso de limpieza y desinfección se determinó que existe una contaminación con compuestos recalcitrantes, debido a la presencia de tensoactivos y desinfectantes, además se determinó que este efluente es tóxico para los organismos vivos del biofiltro. Se presentó que los parámetros DQO, SST y tensoactivos no cumplen con la normativa nacional vigente, sin embargo, el valor del índice de biodegradabilidad de 5,61E-03 obtenido para este el efluente detalla que se debe aplicar un tratamiento no convencional como un proceso de oxidación avanzada.

Los aceites y grasas presentes en el efluente del proceso de faenamiento se ajustan a sistemas sencillos de separación de grasas. Se determinó en la evaluación de la trampa de grasas una efectividad de 58,56 % en la remoción de A&G.

En el proceso de aclimatación de lombrices con el efluente del proceso de faenamiento se presentaron buenos resultados en un periodo aclimatación de 30 días, debido a la presencia de actividad sexual, cocones de lombriz y lombrices jóvenes. Sin embargo, por la elevada carga orgánica del efluente se presentó afectaciones como el síndrome proteico en las lombrices.

En los ensayos de filtración para el medio filtrante de cascarilla de arroz y humus solido por medio de la Ecuación de *Schulze* se determinó valores de las constantes hidráulicas de 2,751 para para la constante *n* y un valor 5,213E-07 para la constante *C*. En la evaluación del sistema de biofiltración se estableció una efectividad del 89,29 % en la remoción de remoción de la DBO₅ del efluente del proceso de faenamiento. Se determinó una cinética de degradación de primer orden, con una constante cinética de 7,03E-02 h⁻¹. Al tiempo 28 h se seleccionó como el tiempo óptimo de retención ya que presentó buenos resultados de remoción de la DBO₅, con este

tiempo se determinó la remoción de 89,41% de DQO, 81,55 % de SST y 61,40% de coliformes fecales.

En la evaluación del proceso Fenton convencional para el efluente de limpieza y desinfección, se seleccionaron las mejores condiciones de remoción de DQO al tiempo de reacción de 60 min con una dosis 12,8 mM de Fe²⁺ y 32 mM de H₂O₂. Se consiguió la remoción del 86,69 % DQO, 76,81 % de SAAM, 86,64 % de COT y la disminución parcial de la toxicidad del efluente. El índice de biodegradabilidad para este efluente mejoró a un valor de 0,024, respecto al inicial, pero no es suficiente para complementarse con un tratamiento biológico.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda el estudio de un tratamiento anaeróbico complementario al sistema de biofiltración para disminuir la carga orgánica del efluente remanente o bien se podría estudiar el sistema de biofiltración con recirculación, ya que el efluente presenta alta carga orgánica. El estudio de la aplicación del proceso Fenton convencional después del biofiltro podría ser una alternativa para la remoción de contaminantes presentes en el efluente del proceso de faenamiento. Adicionalmente, se pueden realizar estudios con otros procesos de oxidación avanzada como los procesos UV/H₂O₂ y Foto-Fenton con el uso de agentes quelantes. También, se recomienda desarrollar proyectos como la obtención de harina de sangre que tiene el potencial de comercializarse como suplemento alimenticio para animales y con ello se podría disminuir los valores de DBO₅ y DQO.

REFERENCIAS

- APHA/WEF/AWWA. (2017). Standard Methods for the Examination of Water (23va. ed.). American Public Health Association/Water Environment Federation/American Water Works Association. Washington D.C: American Public Health Association
- Barragán, P. (2013). Estudio del plasma sanguíneo bovino para fermentación sumergida y sistemas alimentarios. Tesis Doctoral. Manizales: Universidad de Caldas
- Becerra, M. & Cadena, S. (2016). Evaluación de la aplicación del método Fenton a nivel laboratorio en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Aguas San Juan S.A.S ESP. Tesis de Grado. Bogotá: Fundación Universidad de América
- Bekbolet, M. (2011). Fundamentals of advanced oxidation processes. En Belgiorno, Naddeo y Rizzo. Water, Wastewater and Soil treatment by advanced oxidation processes (pp. 13-22). Salerno, Italia: ASTER.
- Bermúdez, G. (2019). Tratamiento de agua residual del camal municipal de Chimbote, usando un Biofiltro de lombrices, para el riego de parques y jardines. Tesis de Grado. Chimbote: Universidad de Cuenca.
- Bes, S., Silva, A. y Bengoa, C. (2018). Procesos no fotoquímicos. En Manual técnico sobre procesos de oxidación avanzada aplicados al tratamiento de aguas residuales industriales. Programa Iberoamericano de Ciencia y tecnología para el Desarrollo CYTED.

- Besharati, M., Ahmad, S., & Pendashteh, A. (2017). Removal of TCOD and phosphate from slaughterhouse wastewater using Fenton as a post-treatment of an UASB reactor. *Environmental Health Science and Engineering*, 18(2), 413-422. <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00469-w>
- Bustillo, C., & Mehrvar, M. (2017). Slaughterhouse wastewater: treatment, management and resource recovery. *INTECH*, 153-174. <http://dx.doi.org/10.5772/65499>
- Cardoso, L., Ramírez, E., & Garzón, M. (2013). Evaluation of a Pilot Vermifilter for the Treatment of Wastewater. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 5(2), 33-44. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2013.10.003>
- CEP INEN 5 (Código de Práctica Ecuatoriano). (1992). Código Ecuatoriano de la construcción (Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Parte 9-1).
- Cevallos, F.D (2015). Evaluación de eficiencia de sistemas de biofiltración en aguas residuales industriales. Tesis de Grado. Quito: Universidad de las Américas.
- Chitra, S., Paramasivan, K., Shanmugamani, A. G., Rao, S. V. S., & Paul, B. (2014). Advanced Oxidation Processes for the Treatment of Surfactant Wastes. *J. Chem. Eng. Chem. Res*, 1(3), 163-173.
- Chivas, S, Berlanga, J.G., Martínez, R., y Climent J. (2017). Procesos de oxidación avanzada en el ciclo integral del agua. Castelló de la plana: Universitat Jaume I.
- Condensan. (2021). Mancomunidad Chocó Andino territorio productivo, sustentable y biodiverso. Boletín #2 MCA.
- Davarnejad, R., Nasir, S. (2016). Slaughterhouse wastewater treatment using an advanced oxidation process: Optimization study. *Environmental Pollution*, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.008>
- De Luca, A., Dantas, R. F., & Esplugas, S. (2014). Assessment of iron chelates efficiency for photo-Fenton at neutral pH. *Water Research*, 61 (1), 232-242. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.05.033>
- Delgado, J. (2019). Eficiencia de remoción de tres parámetros físicoquímicos del efluente líquido del camal Regulo Bernal Torres utilizando proceso de oxidación avanzado Fenton. Tesis de maestría. Cajamarca: Escuela de posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Domènech, X., Jardim, W. F. & Litter, M. I. (2004). Procesos Avanzados de Oxidación para la Eliminación de Contaminantes. Colección de Documentos, 8-9
- Espín, A. (2014). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el camal municipal del cantón Alausí. Tesis de Grado. Riobamba: Escuela Politécnica de Chimborazo.
- García, K. (2017). Estimación experimental en condiciones de laboratorio de las concentraciones óptimas de Fenton. Tesis de Grado. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Garkal, D., Mapara, J., & Prabhune, M. (2015). Domestic Waste Water Treatment by Bio-Filtration: A Case Study. *Journal of Geography and Geology*, 4(1), 799-811.
- Guevara, D. (2011). Estudio de la contaminación del agua y el inadecuado manejo de los desechos líquidos en el área de faenamiento de bovinos del camal frigorífico de Ambato. Tesis de Maestría. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Gómez, A.P (2014). Evaluación de la Toxicidad de suelos mediante un bio-ensayo con la lombriz de tierra *Eisenia foetida*. Tesis de Maestría. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia
- Guzmán, M. (2004). Estudio de factibilidad de la aplicación del sistema Tohá en la planta de tratamiento de aguas servidas de Valdivia. Tesis de Grado. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Hernández, A. (2012). Evaluación de fotocatalisis heterogénea con TiO₂ y proceso Fenton para el control de Salmonella spp en aguas generadas en plantas de beneficio avícola. Tesis de Maestría. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Instituto Ecuatoriano De Normalización (INEN). (2013). Agua, calidad de agua, muestreo. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013).
- Jiang, L., Liu, Y., Hu, X., Zeng, G., Wang, H., & Zhou, L. (2016). The use of microbial-earthworm ecofilters for wastewater treatment with special attention to influencing factors in performance: A review. *Bioresource Technology*, 200, 999-1007. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.11.011>
- Jiménez, A. (2016). Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes de una fábrica de embutidos. Tesis de Grado. Quito: Escuela Politécnica Nacional
- Kajitvichyanukul, P. & Suntronvipart, N. (2006). Evaluation of biodegradability and oxidation degree of hospital wastewater using photo-Fenton process as the pretreatment method. *Journal of Hazardous Materials*, B138, 384-391. doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.05.064.
- Lima, J. (2016). Diseño, implementación y evaluación de un sistema de biofiltración con lombrices *Eisenia foetida* para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la crianza de cerdos en la propiedad de la familia Lima ubicada en el barrio Playas La Florida, cantón Yantzasa Provincia de Zamora Chinchipe. Tesis de Grado. Zamora: Universidad Nacional de Loja.
- Martínez, L.G. (2004). Efecto de la densidad de siembra de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) en pulpa de café, sobre los aspectos productivos y reproductivos. Tesis de licenciatura. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ministerio del Ambiente. (2012). Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador.
- Ministerio de Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial 097A (Anexo del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria). (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013).
- Ministerio del Ambiente. (2018). El Chocó Andino de Pichincha es declarado por la UNESCO, como la nueva Reserva de Biósfera. Obtenido de: <https://www.ambiente.gob.ec/el-choco-andino-de-pichincha-es-declarado-por-la-unesco-como-la-nueva-reserva-de-biosfera/> (octubre, 2021)
- Medina, C., Montero E., Orrego, S., & Uriarte, W. (2020). Aplicación del proceso Fenton para degradar aguas residuales del camal de Chota. *Revista Ingeniería UC*, 27(2), 165-174.

BIOGRAFÍA



Rodrigo Ríos Nacido en Quito, Ecuador en 1996, realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria de la Escuela Politécnica Nacional, egresó de ingeniero químico y se especializó en Tecnología en Polímeros y Ciencias medioambientales. Desempeñó el cargo de presidente fundador

del Capítulo Estudiantil de Ingeniería Química AICHe EPN Student Chapter 2019-2020. Sus intereses en la investigación están enfocados en temas relacionados a las ciencias medioambientales en favor de la comunidad con el propósito de mejorar la calidad de vida de las personas

- Oller, I., Malato, S., & Sánchez-Pérez, J.A. (2011). Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination--A review. *The Science of the Total Environment* 409 (20) 4141-4166.
- Romero, J. A. (2016). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño* (15 ed.). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ruiz, F. (2020). Estudio de un sistema de tratamiento con base en un biofiltro utilizando lombrices *Eisenia foetida*, para el tratamiento de efluentes provenientes de la empresa pública metropolitana de rastro EMRAQ-EP. Tesis de Grado. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Salazar, P. (2005). *Sistema Tohá; una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales*. Tesis de Grado. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Salas, G., & Condorhuamán, C. (2018). Tratamiento de las aguas residuales de un centro de beneficio o matadero de ganado. *Revista Peruana de Química E Ingeniería Química*. 1(11), 29-35.
- Semanate, L., Tovar, D., Pérez, J., Villacis W., Vargas P., & Muñoz, F. (2019). Remoción de tensoactivos y coliformes en aguas residuales domesticas mediante procesos Fenton. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 931-943. 10.20937/RICA.2019.35.04.12
- Secretaría de Ambiente. (2016). Norma Técnica para el control de descargas líquidas. (Norma Técnica NT002 de la Resolución No. SA-DGCA-NT002-2016).
- Sena, R.F., Tambosi, J.L., Genena, A.K., Moreira, R.F.P.M., Schröder H.F.R., José H.J. (2009). Treatment of meat industry wastewater using dissolved air flotation and advanced oxidation processes monitored by GC-MS and LC-MS. *Chem Eng* 152, 151-7.
- Sinha, R., Bharambe, G., & Chaudhari, U. (2008). Sewage treatment by vermifiltration with synchronous treatment of sludge by earthworms: A low-cost sustainable technology over conventional systems with potential for decentralization. *Environmentalist*, 28(4), 409-420. <https://doi.org/10.1007/s10669-008-9162-8>
- Arora, S., Rajpal, A., Bhargava, R., & Kumar, T. (2013). Vermifiltration: A low-cost and sustainable alternative for wastewater treatment. *Ecological Engineering*, (June 2013), 5.
- Taco, M., & Mayorga, E. (2012). Aplicación del proceso Fenton en la disminución de materia orgánica en aguas residuales de la industria termoeléctrica. *Química Central*, 3 (1), 25-30.
- UNESCO/ONU-Agua. (2020) Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático. París: UNESCO.
- Vicente, J. (2014). Propuesta de Diseño de un sistema de biofiltro para el tratamiento de aguas residuales producidas en la central termoeléctrica Sacha de la unidad de negocio Termopichincha - CELEC EP. Tesis de Grado. Quito: Universidad Técnica Equinoccial.

FICHAS TÉCNICAS

ÍNDICE DE FICHAS TÉCNICAS

	PÁGINA
FICHAS TÉCNICAS	
FICHA TÉCNICA I	18
Muestreo compuesto de los efluentes del proceso de faenamiento del camal rural de Calacalí	18
FICHA TÉCNICA II	21
Caracterización del efluente del proceso de faenamiento del camal rural de Calacalí	21
FICHA TÉCNICA III	24
Caracterización del efluente del proceso de limpieza y desinfección del camal rural de Calacalí	24
FICHA TÉCNICA IV	26
Límites máximos permisibles para descarga a un cuerpo de agua dulce	26
FICHA TÉCNICA V	28
Proceso de aclimatación de las lombrices <i>Eisenia foetida</i>	28
FICHA TÉCNICA VI	30
Determinación de las constantes hidráulicas	30
FICHA TÉCNICA VII	34
Ensayos para determinación del tiempo de separación de aceites y grasas	34
FICHA TÉCNICA VIII	36
Construcción de la trampa de grasas a escala laboratorio	36
FICHA TÉCNICA IX	37
Evaluación de la trampa de grasas a escala laboratorio	37
FICHA TÉCNICA X	39
Construcción del sistema de biofiltración a escala laboratorio	39
FICHA TÉCNICA XI	44
Evaluación del sistema de biofiltración a escala laboratorio	44
FICHA TÉCNICA XII	52
Gozzo ácido o síndrome proteico	52
FICHA TÉCNICA XIII	53
Ensayo de supervivencia en lombrices	53
FICHA TÉCNICA XIV	55
Evaluación del proceso Fenton convencional para el efluente de limpieza y desinfección	55
FICHA TÉCNICA XV	64
Evidencias fotográficas del proceso de faenamiento en el camal rural de Calacalí	64
FICHA TÉCNICA XVI	65
Hoja de resultados de la caracterización del efluente del proceso de faenamiento	65
FICHA TÉCNICA XVII	73
Hoja de resultados de los análisis al efluente resultante de la trampa de grasas	73
FICHA TÉCNICA XVIII	76
Hoja de resultados de los análisis al efluente resultante de los biofiltros	76
FICHA TÉCNICA XIX	88
Hoja de resultados de los análisis al efluente de limpieza y desinfección	88
FICHA TÉCNICA XX	92

Hoja de resultados de los análisis al efluente resultante del proceso Fenton convencional

FICHA TÉCNICA I

MUESTREO COMPUESTO DE LOS EFLUENTES DEL PROCESO DE FAENAMIENTO DEL CAMAL RURAL DE CALACALÍ

Muestra: Efluente del proceso de faenamiento del camal rural de Calacalí

Objetivo: Realizar un muestreo representativo del efluente del proceso de faenamiento del camal de acuerdo con la Norma Técnica para Control de Descargas Líquidas NT002 del Distrito Metropolitano de Quito y la Norma Técnica INEN 2169:2013.

Desarrollo:

En el lugar de descarga del efluente proveniente del proceso de faenamiento del camal rural de Calacalí con coordenadas UTMX: 75892,3 y UTM Y: 99888,9 se efectuó un muestreo compuesto durante dos semanas de acuerdo al horario de operación del camal, los lunes, miércoles y viernes de 00h00 a 06h00. Se identificó que el caudal de descarga es mayor de 03h00 a 05h00 lo cual asegura una homogeneidad de la contaminación, además se determinó que la descarga es continua durante un tiempo de 8 h y de acuerdo a la Norma Técnica para Control de Descargas Líquidas NT002 del Distrito Metropolitano de Quito se procedió a tomar cuatro alícuotas de 1000 mL con un intervalo entre muestras de una hora. En cada alícuota se midió el pH y temperatura con el uso de un pH-metro digital (Secretaría de Ambiente, 2016, p. 8). Se utilizó un medio mecánico directo para la estimación del caudal de muestreo, para ello se utilizó un cronómetro digital y el uso de una cubeta de plástico de volumen conocido se registró los valores de caudal en litros por segundo.

Las muestras simples se conservaron de acuerdo a la Norma Técnica INEN 2169:2013, para lo cual se usó botellas ámbar de 1 000 mL las cuales fueron refrigeradas a 4 °C en una caja térmica de poliestireno (INEN 2169, 2013, p.16). En la Tabla FTI.1 se muestran los datos pH, temperatura y caudal que se obtuvieron en las diferentes fechas de muestreo, además se presentan los valores promedio del caudal del día de muestreo junto con el cálculo de volumen de alícuota para la conformación de 1 L de muestra compuesta.

Tabla FTI.1 Datos en las diferentes fechas de muestreo compuesto al efluente del proceso de faenamiento del camal

Nro. Muestra Compuesta	Fecha de muestreo	Horario de muestreo	pH	Temperatura (°C)	Caudal (L/s)	Caudal promedio (L/s)	Volumen alícuota (mL)
1	21/6/2021	3:00	7,87	16,80	0,81	0,70	287,84
		4:00	7,43	17,10	0,73		259,51
		5:00	7,78	16,20	0,61		216,84
		6:00	7,77	17,20	0,66		235,81
2	23/6/2021	3:00	7,36	16,40	0,92	0,90	253,66
		4:00	7,35	14,60	1,10		303,82
		5:00	7,19	17,10	0,89		246,70
		6:00	7,12	14,40	0,71		195,83
3	25/6/2021	3:00	7,54	16,20	0,71	0,87	205,29
		4:00	7,37	17,40	1,22		352,18
		5:00	7,31	17,10	0,81		233,54
		6:00	7,26	17,30	0,72		208,99
4	28/6/2021	3:00	7,94	17,80	0,49	1,08	114,43
		4:00	7,72	16,20	1,49		345,56
		5:00	7,40	16,50	1,06		244,84
		6:00	7,62	15,30	1,28		295,18
5	30/6/2021	3:00	7,60	16,40	0,46	0,54	209,64
		4:00	7,43	18,30	0,47		218,38
		5:00	7,54	16,20	0,44		202,88
		6:00	7,32	16,70	0,80		369,09

Tabla FTI.1 Datos en las diferentes fechas de muestreo compuesto al efluente del proceso de faenamiento del camal (**continuación...**)

Nro. Muestra Compuesta	Fecha de muestreo	Horario de muestreo	pH	Temperatura (°C)	Caudal (L/s)	Caudal promedio (L/s)	Volumen alícuota (mL)
6	1/7/2021	3:00	7,37	15,00	1,56	1,13	345,01
		4:00	7,70	14,40	1,25		276,77
		5:00	7,52	15,50	0,65		145,02
		6:00	7,62	16,60	1,05		233,20

Ejemplo de cálculo:

El volumen de alícuota para la conformación de la muestra compuesta de 1 000 mL se calculó a partir de la Ecuación FTI.1:

$$V_i = \frac{V \times Q_i}{n \times Q_m} \quad [\text{FTI.1}]$$

Donde:

V_i : Volumen de alícuota, mL

V : Volumen de muestra compuesta, mL

n : Número de muestras simples

Q_i : Caudal de muestreo, L/s

Q_m : Caudal promedio del periodo de muestreo, L/s

A continuación, se especifica el cálculo para la muestra compuesta del primer día de muestreo con base a los valores de caudal de muestreo y caudal promedio de las 4 muestras simples del día de muestro compuesto.

$$V_i = \frac{1000 \text{ mL} \times 0,81 \text{ L/s}}{4 \times 0,70 \text{ L/s}}$$

$$V_i = 287,84 \text{ mL}$$

FICHA TÉCNICA II

CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE DEL PROCESO DE FAENAMIENTO DEL CAMAL RURAL DE CALACALÍ

Muestra: Efluente del proceso de faenamiento del camal rural de Calacalí

Objetivo: Realizar la caracterización de del efluente del proceso de faenamiento con base a los parámetros de contaminación como DBO₅, DQO, SST, A&G, Coliformes fecales y SAAM.

Desarrollo:

De acuerdo a las muestras compuestas de la descarga del efluente proveniente del proceso de faenamiento del camal rural de Calacalí se procedió a realizar los análisis de Sólidos Suspendidos Totales (SST) mediante el procedimiento APHA 2540 D; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) mediante el procedimiento APHA 5210 B; Demanda Química de Oxígeno (DQO) con el procedimiento APHA 5220 D; Aceites y Grasas (A&G) mediante el procedimiento APHA 5520 B; Coliformes fecales (*Escherichia coli*) con el procedimiento NMKL 147; Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM) mediante el procedimiento APHA 5540 C. Los análisis de DQO, DBO₅ y SST se realizaron en el Laboratorio de Aguas y Microbiología del Departamento de Ciencias Nucleares (DCN), los parámetros de tensoactivos, coliformes fecales y A&G se realizaron en colaboración con el Laboratorio del Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM). En la Tabla FTII.1 se presentan los resultados de caracterización del efluente del camal rural de Calacalí.

Tabla FTII.1 Caracterización del efluente del proceso de faenamiento

Análisis	Fecha de Muestreo: Año 2021					
	21/06	23/06	25/06	28/06	30/06	01/07
DBO₅ (mg/L)	6500	6000	2000	5000	8400	5000
DQO (mg/L)	13370	9640	8000	12150	21250	11080

Tabla FTII.1 Caracterización del efluente del proceso de faenamiento
(continuación...)

Análisis	Fecha de Muestreo: Año 2021					
	21/06	23/06	25/06	28/06	30/06	01/07
SST (mg/L)	780	840	1140	1020	740	460
A&G (mg/L)	6,10	5,00	5,00	18,10	17,50	5,00
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	4,60E+06	4,60E+05	2,30E+01	2,40E+04	1,10E+01	4,60E+04

Se determinó el índice de biodegradabilidad al dividir el resultado de DBO₅ con el resultado de DQO, estos se presentan en la Tabla FTII.2.

Tabla FTII.2 Índice de biodegradabilidad del efluente del proceso de faenamiento

Muestra	DBO ₅ /DQO
1	0,49
2	0,62
3	0,25
4	0,41
5	0,40
6	0,45
Promedio Aritmético	0,44

A continuación, en la Tabla FTII.3 se exponen un resumen de los análisis efectuados para la caracterización del efluente del proceso de faenamiento, en esta tabla se presenta el coeficiente de variación que se expresa como la relación entre el promedio y la desviación estándar.

Tabla FTII.3 Caracterización del efluente del proceso de lavado y desinfección

Parámetros	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
DBO₅ (mg/L)	5483,33	2116,99	38,61
DQO (mg/L)	12581,67	4644,31	36,91
SST (mg/L)	830	236,56	28,50
A&G (mg/L)	9,45	6,48	68,62
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	8,55E+05	1,22E+02	1,34
Tensoactivos (mg/L)	<0,025	-	-

FICHA TÉCNICA III

CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE DEL PROCESO DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DEL CAMAL RURAL DE CALACALÍ

Muestra: Efluente del proceso de limpieza y desinfección del camal rural de Calacalí

Objetivo: Realizar la caracterización de del efluente del proceso de limpieza y desinfección por medio de los parámetros de SST, DBO₅, DQO, Coliformes fecales SAAM y COT.

Desarrollo:

Se realizó un muestreo del agua residual proveniente del proceso de lavado y desinfección, para el cual se analizó parámetros como Sólidos Suspendedos Totales (SST) mediante el procedimiento APHA 2540 D; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) mediante el procedimiento APHA 5210 B; Demanda Química de Oxígeno (DQO) con el procedimiento APHA 5220 D; Coliformes Fecales (*Escherichia coli*) con el procedimiento NMKL 147; Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM) mediante el procedimiento APHA 5540 C; y Carbono Orgánico Total (COT) mediante el procedimiento SM 5310 B. Estos análisis se realizaron en colaboración con el Laboratorio del Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM). En la Tabla FTIII.1 se presentan los resultados de los análisis que se efectuaron para la caracterización de este efluente.

Tabla FTIII.1 Caracterización del efluente del proceso de limpieza y desinfección

Parámetros	Ensayo 1	Ensayo 2	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
DBO ₅ (mg/L)	38	16	27	15,56	57,62
DQO (mg/L)	4770	4850	4810	56,57	1,18
SST (mg/L)	400	404	402	2,83	0,70
Tensoactivos (mg/L)	4,9	4,5	4,7	0,28	6,02

Tabla FTIII.1 Caracterización del efluente del proceso de limpieza y desinfección
(continuación...)

Parámetros	Ensayo 1	Ensayo 2	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	<3	<3	-	-	-
COT (mg/L)	1429	1542	1485,5	79,90	5,38

FICHA TÉCNICA IV

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Normas ambientales vigentes:

A continuación, se presentan los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce que se utilizó para comparar los resultados de los tratamientos efectuados al efluente de descarga del camal rural de Calacalí, en la Tabla FTIV.1 se presentan los valores permisibles de la Norma técnica municipal NT002 establecida en la Resolución No. SA-DGCA-NT002-2016 vigente del Distrito Metropolitano de Quito y en la Tabla FTIV.2 se presentan los valores permisibles de la norma técnica nacional en el Acuerdo Ministerial 097-A en el Anexo del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (Secretaría de Ambiente, 2016, pp. 10-11; Ministerio de Ambiente, 2015, p. 21). Cabe mencionar que solo se tomó en referencia los parámetros mencionados en el presente estudio.

Tabla FTIV.1 Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce presentes en la NT002

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisibles	Expresado como
Aceites y grasas (A&G)	mg/L	30,0	A&G
Demanda bioquímica de oxígeno en relación a 5 días (DBO ₅)	mg/L	100,0	-
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	160,0	-
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	100,0	-
Tensoactivos	mg/L	0,5	Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)

Tabla FTIV.1 Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce presentes en la NT002 (continuación...)

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisibles	Expresado como
Coliformes fecales	NMP/100 mL	Remoción > al 99,9%	NMP
Potencial de hidrógeno (pH)	-	6,0-9,0	pH

(Secretaría de Ambiente, 2016, pp. 10-11)

Tabla FTIV.2 Límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce presentes en el Acuerdo Ministerial 097-A

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisibles	Expresado como
Aceites y grasas (A&G)	mg/L	30,0	Sustancias solubles en hexano
Demanda bioquímica de oxígeno en relación a 5 días (DBO ₅)	mg/L	100,0	-
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	200,0	-
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	130,0	-
Tensoactivos	mg/L	0,5	Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)
Potencial de hidrógeno (pH)	-	6-9	pH
Coliformes fecales	NMP/100 mL	2000	NMP

(Ministerio de Ambiente, 2015, p.21)

FICHA TÉCNICA V

PROCESO DE ACLIMATACIÓN DE LAS LOMBRICES *EISENIA FOETIDA*

Objetivo: Realizar un proceso de aclimatación de las lombrices durante un período de 30 días con el efluente proceso de faenamiento.

Desarrollo:

En una canastilla plástica de 53 cm de largo por 35 cm de ancho y 30 cm de altura se extendió un plástico de polipropileno como soporte del medio, se colocó humus y lombrices *Eisenia foetida* que se adquirieron del proveedor *Lombrices Ecuador*, se colocó alrededor de 5 kg de lombrices y 10 kg de humus de lombriz, se alimentó con 250 mL de efluente resultante de la trampa de grasas con un período de suministro de 24 h, tiempo en el cual demoran las lombrices en degradar la materia orgánica, además se procuró remover el medio para la oxigenación de las lombrices. Se realizó este procedimiento durante 30 días con lo cual se evidenció la presencia de cocones (huevecillos de lombriz) y el aumento en la actividad sexual de las lombrices con ello se constató una buena adaptación de las lombrices al sustrato. Las evidencias fotográficas del proceso de aclimatación al agua residual se presentan en la Figura FTV.1, Figura FTV.2 y Figura FTV.3.



Figura FTV.1 Medio para aclimatación de lombrices *Eisenia foetida*.



Figura FTV.2 Aparición de cocones y lombrices jóvenes



Figura FTV.3 Presencia de cocones y lombrices jóvenes en los últimos días del periodo de aclimatación.

FICHA TÉCNICA VI

DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES HIDRÁULICAS

Muestra: Medio filtrante compuesto por cascarilla de arroz y humus de lombriz.

Objetivo: Determinar las constantes hidráulicas del medio filtrante mediante pruebas de filtración por goteo y el uso de la Ecuación de *Schulze*.

Desarrollo:

Se utilizó un recipiente plástico con dimensiones de 8,2 cm de largo por 8,2 cm de ancho por 25 cm de profundidad, con el cual se realizaron pruebas de filtración. Se definieron alturas de filtración y caudales de suministro, con ello se determinó el tiempo de filtración del medio filtrante. Los resultados se estudiaron mediante la Ecuación de *Schulze* para filtros percoladores de tasa baja, representada en la Ecuación FTVI.1, de acuerdo a una regresión lineal de esta ecuación se determinó las constantes hidráulicas C y n específicas para el medio filtrante de cascarilla de arroz y humus de lombriz. Los resultados se especifican en la Tabla FTVI.1. Un esquema del ensayo de filtración se especifica en la Figura FTVI.1.



Figura FTVI.1 Ensayo de filtración por goteo

Tabla FTVI.1 Datos del ensayo de filtración

Altura de filtración, H (m)	Caudal de goteo, Q (mL/min)	Carga hidráulica, q (m/h)	Tiempo de filtración, τ (h)
0,05	0,45	3,98E-03	0,11
0,11	0,81	7,25E-03	0,04
0,07	0,47	4,17E-03	0,12
0,13	0,86	7,70E-03	0,05
0,09	0,65	5,77E-03	0,07

Ejemplo de cálculo:

Las constantes hidráulicas se determinaron de acuerdo a la Ecuación de *Schulze* que se expone en la Ecuación FTVI.1 con base a los valores de experimentación de altura de filtración, caudal y tiempo de filtración:

$$\tau = \frac{C \times H}{q^n} \quad \text{[FTVI.1]}$$

Donde:

τ : Tiempo de filtración, en h

H : Profundidad del medio filtrante, m

q : Carga hidráulica, $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

C, n : Constantes hidráulicas del medio filtrante (adimensionales)

La carga hidráulica se determina mediante la división del caudal por el área transversal del filtro utilizado para la experimentación, esto se muestra en la Ecuación FTVI.2. El cálculo se realiza para el primer ensayo de filtración.

$$q = \frac{Q}{A} \quad \text{[FTVI.2]}$$

$$q = \frac{0,44 \frac{mL}{min} \times \frac{1 L}{1000 mL} \times \frac{1 m^3}{1000 L} \times \frac{60 min}{1 h}}{0,082 m \times 0,082 m}$$

$$q = 3,98E - 03 m^3 / m^2 \cdot h$$

En la Ecuación FTVI.3 se especifica la linealización de la Ecuación FTVI.1 que se obtiene al aplicar el logaritmo natural a los dos lados de la ecuación.

$$\ln\left(\frac{H}{\tau}\right) = n \ln(q) - \ln(C) \quad \text{[FTVI.3]}$$

De acuerdo a los datos de la Tabla FTVI.1 se grafican los valores de los logaritmos naturales y se realiza un análisis de regresión lineal, esto se especifica en la Tabla FTVI.2 y en la Figura FTVI.1.

Tabla FTVI.2 Datos de la regresión lineal de la Ecuación de Schulze

$\ln(H/\tau)$	$\ln(q)$
-0,788	-5,526
0,955	-4,926
-0,532	-5,480
1,061	-4,867
0,256	-5,155

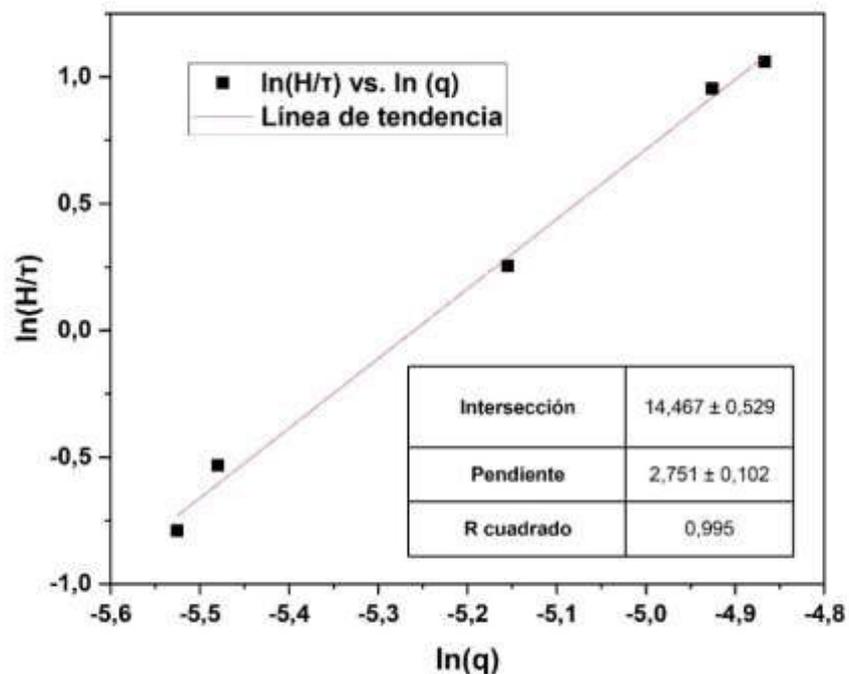


Figura FTVI.2 Regresión lineal de la Ecuación de *Schulze* de acuerdo a los datos del ensayo de filtración

La constante n es la pendiente resultante de la regresión lineal de la Figura FTVI.1 este valor es 2,751 y la constante C se obtiene al determinar al despejar el valor de la intersección como se expone en la Ecuación FTVI.4. La regresión lineal posee un coeficiente de determinación de 0,995 lo cual indica que los resultados se ajustan de manera lineal.

$$-\ln(C) = 14,467 \quad \text{[FTVI.4]}$$

$$C = e^{-14,467}$$

$$C = 5,21E - 07$$

FICHA TÉCNICA VII

ENSAYOS PARA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SEPARACIÓN DE ACEITES Y GRASAS

Muestra: Efluente del proceso de faenamiento.

Objetivo: Determinar el tiempo de separación de aceites y grasas para el efluente proveniente del proceso de faenamiento y comparar de acuerdo a lo expuesto en la Norma CEP INEN 5.

Desarrollo:

De acuerdo a la metodología realizada por Jiménez, (2016) y Ruiz (2020) para la determinación del tiempo de separación de A&G, se utilizó embudos de separación en la cual se colocó un volumen de 500 mL de muestra del efluente del proceso de faenamiento, se agitó y se cronometró el tiempo en la cual se separaron los líquidos inmiscibles (Jiménez, 2016, p. 39; Ruiz, 2020, p. 29). De acuerdo a lo expuesto Norma CEP INEN 5 Código de práctica para el diseño de abastecimientos de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, para un tiempo menor a 3 min para caudales 10 L/s se tiene una separación óptima de las grasas presentes en el agua residual, estos se verifican en la Figura FTVII.1 (CEP INEN 5, 1992, p. 229). Los resultados se exponen en la Tabla FTVII.1.

Tabla FTVII.1 Resultados del tiempo de separación de aceites y grasas en el ensayo de embudo de separación.

Ensayo	Tiempo de separación (min)
1	2,30
2	2,47
3	3,30
4	2,18
Promedio Aritmético	2,56



Figura FTVII.1 Ensayo de tiempo de separación de aceites y grasas en embudos de separación.

FICHA TÉCNICA VIII

CONSTRUCCIÓN DE LA TRAMPA DE GRASAS A ESCALA LABORATORIO

Objetivo: Construir una trampa de grasas a escala laboratorio.

Desarrollo:

Para las dimensiones se tomó un volumen de 40 L, con un sobredimensionamiento del 110 % por lo tanto el cálculo de las dimensiones se realizó con base a un volumen de 44 L. De acuerdo a lo expuesto en Romero (2016) se debe tomar en cuenta la relación profundidad/ancho que se encuentra entre 0,3 y 0,5 (p. 366). Al tomar el promedio de la relación profundidad/ancho y un largo de 55 cm se determinó una profundidad de 18 cm y un ancho de 44 cm. Se procedió a cortar el tol galvanizado y se armó las piezas colocando remaches en cada unión. Para que no existan infiltraciones de líquidos se colocó brea líquida en las uniones del recipiente. Se midió una abertura circular con una diferencia de 7,5 cm entre la unidad de entrada y la salida para que exista una separación diferencial por gravedad y no dejar que escape la grasa en la unidad de salida. En las aberturas se instaló la tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgada y se colocó una llave de bola en la salida con objeto de control de flujo al momento de tomar las muestras. La trampa de grasas construida se puede evidenciar en la Figura FTVIII.1.



Figura FTVIII.1 Estructura metálica del sistema de biofiltración.

FICHA TÉCNICA IX

EVALUACIÓN DE LA TRAMPA DE GRASAS A ESCALA LABORATORIO

Muestra: Efluente del proceso de faenamiento del camal rural de Calacalí

Objetivo: Evaluar la remoción de aceites y grasas con la trampa de grasas construida a escala laboratorio.

Desarrollo:

Con el uso de una bomba de ½ HP se suministró el efluente del proceso de faenamiento desde un recipiente de 40 L. De acuerdo a lo que expone Romero (2016), se puede alcanzar una efectividad del 50% en estos equipos de remoción de aceites desde un tiempo de retención de 20 min (p. 365). Al colocar el efluente en la trampa de grasas se controló un tiempo de retención de 20 min con la llave de bola que se instaló en la unidad de salida. Con este tiempo se evidenció la formación de natas y la sedimentación de sólidos como vísceras y contenido fecal, esto se presenta en la Figura FTIX.1. La nata se removió con una cernidora, esto se puede evidenciar en la Figura FTIX.2. En la unidad de salida se tomó una muestra del efluente, para el cual se analizó A&G, DBO₅, DQO y SST, los resultados de este análisis se exponen en la Tabla FTIX.1.

Tabla FTIX.1 Resultados del efluente tratado en la trampa de grasas

Parámetros	Ensayo 1	Ensayo 2	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
DBO ₅ (mg/L)	5 370	7 840	6 605	1 746,55	26,44
DQO (mg/L)	10 600	16 880	13 740	4 440,63	32,32
SST (mg/L)	500	544	522	31,11	5,96
A&G (mg/L)	11,4	3,6	7,5	5,52	73,54



Figura FTIX.1 Formación de nata en la trampa de grasas



Figura FTIX.2 Remoción de la nata formada con cernidora.

Se determinó la efectividad de la trampa de grasas con base al porcentaje de remoción de grasas y aceites de acuerdo a la Ecuación FTIX.1

$$\%remoción\ A\&G = \frac{A\&G_{inicial} - A\&G_{final}}{A\&G_{inicial}} \times 100\% \quad [FTIX.1]$$

$$\%remoción\ A\&G = \frac{18,1 \frac{mg}{L} - 7,5 \frac{mg}{L}}{18,1 \frac{mg}{L}} \times 100\%$$

$$\%remoción\ A\&G = 58,56\%$$

FICHA TÉCNICA X

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN A ESCALA LABORATORIO

Objetivo: Construir el sistema de biofiltración.

Desarrollo:

El sistema de biofiltración se construyó con base a las dimensiones de 40 cm de largo por 100 cm de ancho y 30 cm de profundidad, para ello se construyó una estructura metálica con un gradiente de 30° de inclinación con respecto a la vertical para la recolección del efluente tratado. Esta estructura se recubrió con tol galvanizado de acuerdo a las dimensiones, y se dividió en cinco biofiltros de 20 cm de ancho, se colocó vidrio en la parte frontal, y se puso breña líquida en cada unión y vértice con el objetivo de que no existan infiltraciones de agua. En la parte inferior para la recolección de la muestra se colocó llaves plásticas de paso y botellas de 10 L. Se colocó la malla plástica Nro. 10 en un soporte de 40 cm de largo por 20 cm de ancho y se colocó una malla textil (organza) junto a la malla plástica instaló una tubería negra de $\frac{3}{4}$ de pulgada para que entre aire al sistema. Se colocó las piedras de río y grava con una altura de 10 cm. La disposición de cascarilla de arroz y humus de lombriz de acuerdo a las alturas de filtración que se obtuvieron para cada filtro según su tiempo de retención.

Se instaló una bomba de $\frac{1}{2}$ HP para el suministro del efluente y en la parte superior de este se armó un sistema de tuberías de $\frac{1}{2}$ pulgada para el sistema de irrigación con el uso de regaderas circulares de ducha. Finalmente se conectó la bomba a un temporizador analógico el cual sirvió como parte del control del caudal de 1,5 L/día desde un tanque de 40 L con el efluente del proceso de faenamiento. El sistema se tapó con una funda plástica de color negro con el objetivo de que la luz no afecte a las lombrices. Las evidencias fotográficas se exponen en la Figura FTX.1, Figura FTX.2, Figura FTX.3, Figura FTX.4, Figura FTX.5, Figura FTX.6, Figura FTX.7, Figura FTX.89 y Figura FTX.1.



Figura FTX.1 Estructura metálica del sistema de biofiltración



Figura FTX.2 Costura de malla Nro. 10 con la malla textil (organza).



Figura FTX.3 Instalación de cuadro metálico con malla Nro. 10. y malla textil (organza)



Figura FTX.4 Piedras de diámetro entre 3 a 10 cm



Figura FTX.5 Bomba de ½ HP



Figura FTX.6 Instalación del sistema de irrigación



Figura FTX.7 Temporizador analógico para control de caudales de riego.



Figura FTX.8 Sistema de biofiltración cubierto con plástico negro.

FICHA TÉCNICA XI

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN A ESCALA LABORATORIO

Muestra: Efluente del proceso de faenamiento del camal rural de Calacalí

Objetivo: Evaluar el sistema de biofiltración para la remoción de la carga orgánica del efluente del proceso de faenamiento, determinar la cinética de degradación y obtener el tiempo de óptimo de retención para la remoción de contaminantes.

Desarrollo:

Se determinó las alturas filtración de cada biofiltro al aplicar la Ecuación de *Schulze* con las constantes hidráulicas del medio filtrante, el tiempo de retención (18, 20, 24 28 y 32 h) y un caudal de 1,5 L/día. Las alturas de filtración de acuerdo al tiempo de retención se pueden observar en la Tabla FTXI.1. De acuerdo a estas alturas se colocó la cascarilla de arroz y humus sólido en presencia de lombrices *Eisenia foetida*. Esto se puede ver en la Figura FTXI.1. Con las capas listas en los biofiltros se procedió al estudio de cinética de degradación para lo cual se analizaron parámetros de DBO₅ y DQO en el efluente tratado por cada biofiltro, estos análisis se presentan en la Tabla FTXI.2.

Tabla FTXI.1 Resultados de alturas de filtración de acuerdo al tiempo de retención

Tiempo (h)	Altura Medio Filtrante (cm)
0,0	0,0
18	9,8
20	10,9
24	13,0

Tabla FTXI.1 Resultados de alturas de filtración de acuerdo al tiempo de retención (continuación...)

Tiempo (h)	Altura Medio Filtrante (cm)
28	15,2
32	17,4



Figura FTXI.1 Biofiltros en función de la altura de biofiltración obtenida (Vista de mayor a menor)

Tabla FTXI.2 Resultados de DBO₅ y DQO del efluente de cada uno de los biofiltros en relación a su altura de filtración y tiempo de retención.

Tiempo (h)	Altura Medio Filtrante (cm)	DBO ₅ (mg/L)		DQO (mg/L)	
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2
0,0	0,00	6605	6605	13740	13740
18	9,78	3833	2811	5470	4100
20	10,86	1255	1624	2300	2820

Tabla FTXL2 Resultados de DBO₅ y DQO del efluente de cada uno de los biofiltros en relación a su altura de filtración y tiempo de retención (**continuación...**)

Tiempo (h)	Altura Medio Filtrante (cm)	DBO ₅ (mg/L)		DQO (mg/L)	
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2
24	13,04	1064	1798	1940	2770
28	15,21	652	763	1490	1420
32	17,38	1511	760	2000	1710

Ejemplo de cálculo:

De acuerdo a la Ecuación de *Schulze* se despeja la altura de filtración, esto se presenta en la Ecuación FTXL1, y se la calculó con base a un caudal del efluente pretratado de 1,5 L/día y las constantes hidráulicas n de 2,751 y C de 5,21E-07. A continuación, se tiene la carga hidráulica que representa la relación entre el caudal de suministro y el área filtrante del biofiltro. A continuación, se presenta el ejemplo de cálculo para la obtención de la primera altura de filtración con base a un tiempo de retención de 18 h.

$$q = \frac{1,5 \frac{\text{L}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}}}{0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}}$$

$$q = 7,81\text{E} - 04 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$H = \frac{\tau \times (q)^n}{C} \quad \text{[FTXL.1]}$$

$$H = \frac{18 \text{ horas} \times (7,81\text{E} - 04 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{h})^{2,751}}{5,21\text{E} - 07} \times 100 \text{ cm}$$

$$H = 9,78 \text{ cm}$$

A continuación, se presentan las ecuaciones para el estudio de la cinética de degradación según el orden de reacción. En la Ecuación FTVXI.2 se presenta la ecuación para el análisis para una cinética de primer orden, en la Ecuación FTXI.3 se presenta la ecuación para el análisis para una cinética de primer orden, y en la Ecuación FTXI.4 se presenta la ecuación para el análisis para una cinética de tercer orden. Los resultados del estudio cinético del sistema de biofiltración para el efluente del proceso de faenamiento se presentan en la Tabla FTXI.3. El análisis de la cinética de degradación se realizó con base a los resultados del Ensayo 2 ya que no presentaron gran variación debido a factores como la carga hidráulica.

$$\ln(DBO_5) = DBO_{5, inicial} - kt \quad [FTXI.2]$$

$$\frac{1}{DBO_5} = \frac{1}{DBO_{5, inicial}} + 2kt \quad [FTXI.3]$$

$$\frac{1}{(DBO_5)^2} = \frac{1}{(DBO_{5, inicial})^2} + 6kt \quad [FTXI.4]$$

Tabla FTXI.3 Estudio de la cinética de degradación según el orden de reacción para los resultados del Ensayo 2

Tiempo (h)	DBO ₅ (mg/L)	Cinética de 1er Orden	Cinética de 2do Orden	Cinética de 3er Orden
		ln (DBO ₅)	1/ DBO ₅	1/ (DBO ₅) ²
0,0	6605	8,796	1,51E-04	2,29E-08
18	2811	7,941	3,56E-04	1,27E-07
20	1624	7,393	6,16E-04	3,79E-07
24	1798	7,494	5,56E-04	3,09E-07
28	763	6,637	1,31E-03	1,72E-06
32	760	6,633	1,32E-03	1,73E-06

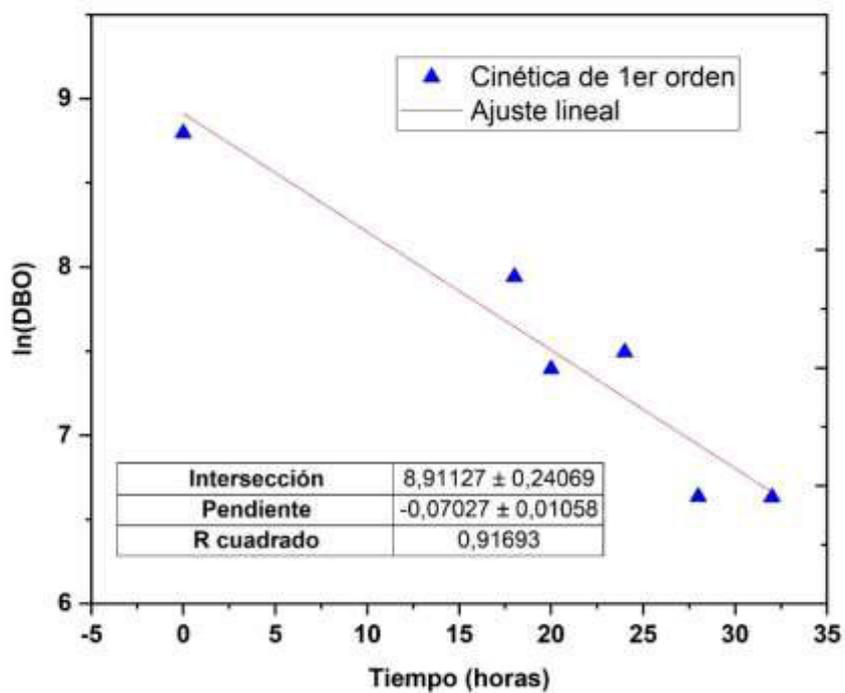


Figura FTXI.2 Ajuste lineal a una cinética de 1er. orden para los resultados del Ensayo 2

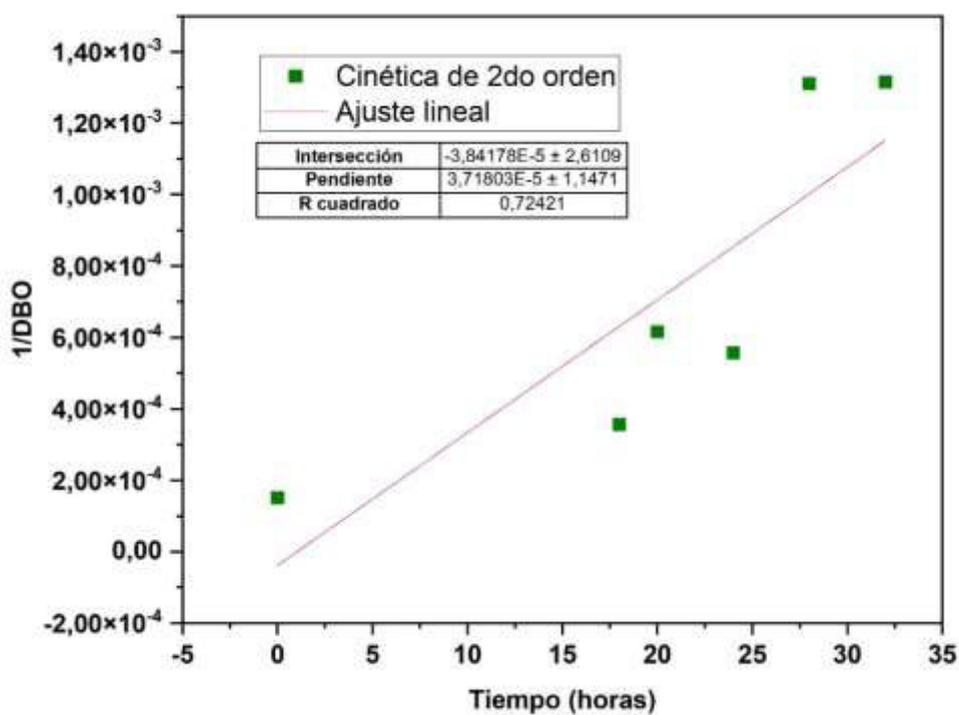


Figura FTXI.3 Ajuste lineal a una cinética de 2do. orden para los resultados del Ensayo 2

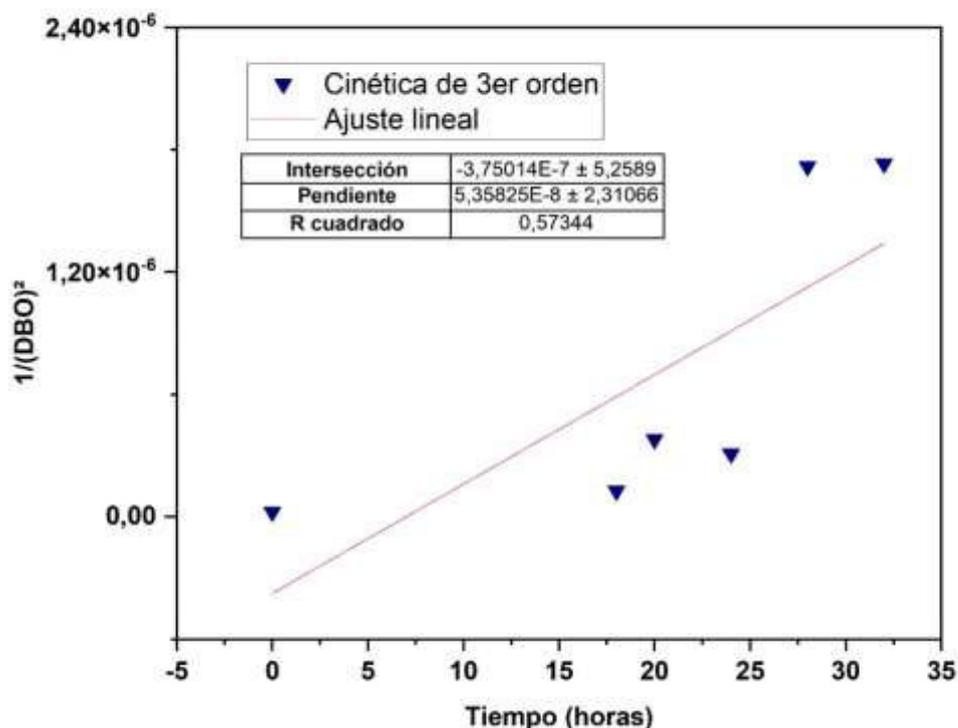


Figura FTXI.4 Ajuste lineal a una cinética de 3er. Orden para los resultados del Ensayo 2. Con base a los resultados del análisis del orden de la reacción se determinó que la cinética de degradación tiene un comportamiento cinético de orden 1 ya que se obtuvo un R cuadrado de 0,917 del ajuste lineal para la cinética de primer orden. Con este resultado se determinó la constante cinética.

$$\ln(DBO_5) = DBO_{5, inicial} - kt \quad [\text{FTXI.4}]$$

$$-k = 14,467$$

$$k = 7,03E - 02 \text{ h}^{-1}$$

Se determinó con base a los resultados de la Tabla FTXI.3 que a un tiempo de 28 h se tiene una mayor remoción de DBO_5 a comparación de los otros tiempos de filtración, por lo cual se tomó a este resultado como el tiempo óptimo de retención con el cual se efectuó los análisis que se presentan en la Tabla FTXI.4

Tabla FTXI.4 Resultados de los análisis del efluente a un tiempo óptimo de retención de 28 h

Parámetros	Ensayo 1	Ensayo 2	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
DBO₅ (mg/L)	652	763	707,5	78,49	11,09
DQO (mg/L)	1490	1420	1455	49,50	3,40
SST (mg/L)	105	80	92,5	17,68	19,11
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	4,30E+05	2,30E+05	3,30E+05	1,41E+05	42,85

A continuación, se presenta el cálculo de la efectividad del biofiltro de acuerdo al porcentaje de remoción de DBO₅. Esto se presenta en la Ecuación FTXI.5, además se determinó el porcentaje remoción global de DQO, SST y coliformes fecales.

$$\varepsilon_{filtro} = \frac{DBO_{5, inicial} - DBO_{5, final}}{DBO_{5, inicial}} \times 100\% \quad [\text{FTXI.5}]$$

$$\varepsilon_{filtro} = \frac{6\ 605 \frac{mg}{L} - 707,5 \frac{mg}{L}}{6\ 605 \frac{mg}{L}} \times 100\%$$

$$\varepsilon_{filtro} = 89,29\%$$

$$\%remoción\ SST = \frac{SST_{inicial} - SST_{final}}{SST_{inicial}} \times 100\% \quad [\text{FTXI.6}]$$

$$\%remoción\ SST = \frac{522 \frac{mg}{L} - 92,5 \frac{mg}{L}}{522 \frac{mg}{L}} \times 100\%$$

$$\%remoción\ SST = 82,28\%$$

$$\%remoción\ DQO = \frac{DQO_{inicial} - DQO_{final}}{DQO_{inicial}} \times 100\% \quad [FTXI.7]$$

$$\%remoción\ DQO = \frac{13\ 740 \frac{mg}{L} - 1\ 455 \frac{mg}{L}}{13\ 740 \frac{mg}{L}} \times 100\%$$

$$\%remoción\ DQO = 89,41\%$$

$$\%remoción\ Coliformes\ Fecales = \frac{CF_{inicial} - CF_{final}}{CF_{inicial}} \times 100\% \quad [FTXI.8]$$

$$\%remoción\ Coliformes\ Fecales = \frac{8,55E + 05 \frac{NMP}{100\ mL} - 3,30E + 05 \frac{NMP}{100\ mL}}{8,55E + 05 \frac{NMP}{100\ mL}} \times 100\%$$

$$\%remoción\ Coliformes\ fecales = 61,40\%$$

FICHA TÉCNICA XII

GOZZO ÁCIDO O SÍNDROME PROTEICO

Desarrollo:

Durante el proceso de aclimatación de la lombriz *Eisenia foetida* con el efluente pretratado y al momento de estudiar el sistema de biofiltración se evidenció una afectación en la lombriz, ya que se presenciaron inflamaciones a lo largo del cuerpo de algunas lombrices, lo que provocaba que al cabo de pocas horas estas mueran, esto se puede visualizar en la Figura FTXII.1, esta imagen representa a una lombriz con Síndrome proteico o Gozzo ácido, que según Martínez (2004) se debe a los altos contenidos en proteína que puede poseer un sustrato y no logran ser asimilados por la lombriz, ya que las lombrices llegan a una intoxicación al alimentarse con un sustrato con niveles de proteína superiores al 19 % (p.9).



Figura FTXII.1 Síndrome proteico en lombriz *Eisenia foetida*.

FICHA TÉCNICA XIII

ENSAYO DE SUPERVIVENCIA EN LOMBRICES

Muestra: Lombrices aclimatadas con el efluente pretratado.

Objetivo: Realizar un ensayo de supervivencia en lombrices para determinar la toxicidad del efluente del proceso de limpieza y desinfección.

Desarrollo:

El ensayo de supervivencia se realizó con base a la metodología realizada por Gómez (2014) en la cual se recolectó dos grupos de 10 lombrices aclimatadas con el efluente del proceso de faenamiento, se procedió a vaciar los intestinos al colocarlas en una caja petri humedecida, durante 5 h, posteriormente se pesó 250 g de humus sólido en mezcla con cascarilla de arroz y se colocó junto con las lombrices en recipientes plásticos de 1 000 mL, se tapó con organza para que exista flujo de aire, y se procedió dosificar 10 mL del efluente del proceso de limpieza y desinfección cada 24 h durante siete días. Durante los siete días se verificó la toxicidad del efluente por la muerte de las lombrices en los medios de ensayo, esto se puede verificar en la Figura FTXIII.2 y Figura FTXIII.2 (Gómez, 2014).



Figura FXTIII.1 Tarrinas con lombrices y humus sólido para ensayo de supervivencia



Figura FTXIII.2 Conteo de lombrices muertas por ensayos de supervivencia



Figura FTXIII.3 Muerte de lombrices por contacto con el efluente de limpieza y desinfección.

FICHA TÉCNICA XIV

EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON CONVENCIONAL PARA EL EFLUENTE DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

Muestra: Efluente del proceso de limpieza y desinfección.

Objetivo: Realizar diferentes ensayos con base a un proceso Fenton convencional de acuerdo con una relación molar constante de $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ de 0,4 para la remoción de contaminantes recalcitrantes y reducción de toxicidad.

Desarrollo:

Se utilizó un vaso de precipitación con 600 mL de muestra del efluente del proceso de limpieza y desinfección, se empezó a realizar la experimentación con un sistema de agitación constante a 130 rpm. La experimentación se desarrolló temperatura ambiente entre 19 °C y 21 °C. Se acidificó la muestra a pH 3 con ácido sulfúrico al 1 N, se adicionó el sulfato ferroso, después de 5 min, se adicionó el peróxido de hidrógeno al 30 % v/v en volumen y se tomó el tiempo. Se estudió el porcentaje de remoción de DQO durante los 5, 10, 15, 30, 60 y 120 min, en cada tiempo se tomó una alícuota de 10 mL. Se adicionó una solución de sosa caustica al 1 N a la alícuota con el objetivo de detener la reacción y precipitar los hidróxidos de hierro, se filtró con ayuda de papel filtro y filtros de jeringa, luego se procedió a medir el DQO mediante el procedimiento APHA 5220 D. De acuerdo al mayor porcentaje de remoción de DQO se realizó el ensayo en paralelo, con el objetivo de tener una muestra de un litro para los análisis de tensoactivos, COT y Coliformes fecales. Finalmente, con este efluente se efectuó un ensayo de toxicidad con el objetivo de observar el comportamiento de las lombrices ante el efluente resultante del proceso Fenton convencional. Los resultados de los análisis a diferentes tiempos de reacción de acuerdo a la dosis estudiada se especifican en la Tabla FTXIV.1 y el porcentaje de remoción de DQO en la Tabla FTXIV.2 Finalmente expone el cálculo de los porcentajes de remoción de DQO, SST, COT y SAAM.

Tabla FTXIV.1 Resultados del análisis de DQO a diferentes tiempos de reacción

Tiempo (min)	Dosis 4:10		Dosis 12,8:32		Dosis 42:105	
	DQO (mg/L)		DQO (mg/L)		DQO (mg/L)	
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2
0	4810	4810	4810	4810	4810	4810
5	809	1216	1148	710	1061	895
10	909	911	1216	620	916	961
15	863	992	650	641	564	913
30	880	1397	604	642	620	792
60	1162	1292	620	641	573	606
120	983	1498	683	599	688	774

Tabla FTXIV.2 Porcentajes de remoción de DQO a diferentes tiempos de reacción

Tiempo (min)	Dosis 4:10		Dosis 12,8:32		Dosis 42:105	
	Porcentaje de remoción de DQO (%)		Porcentaje de remoción de DQO (%)		Porcentaje de remoción de DQO (%)	
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00
5	83,18	74,72	76,13	85,24	77,94	81,39
10	81,10	81,06	74,72	87,11	80,96	80,02
15	82,06	79,38	86,49	86,67	88,27	81,02
30	81,70	70,96	87,44	86,65	87,11	83,53
60	75,84	73,14	87,11	86,67	88,09	87,40
120	79,56	68,86	85,80	87,55	85,70	83,91

En la Figura FTXIV.1, Figura FTXIV.1 y Figura FTXIV.1 se muestra el porcentaje de remoción de DQO durante un tiempo de reacción de 120 min con base a las dosis estudiadas, esto se realizó de acuerdo a los valores obtenidos en la Tabla FTXIV.2.

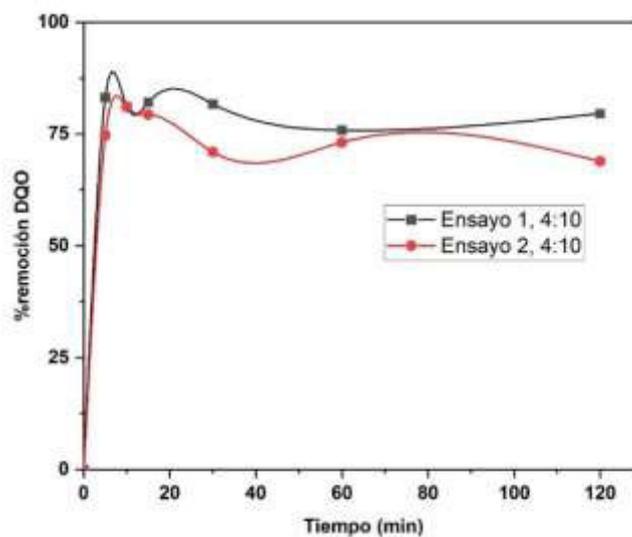


Figura FTXIV.1 Porcentaje de remoción de DQO durante un tiempo de reacción de 120 min con la dosis de 4 mM Fe²⁺ y 10 mM de H₂O₂

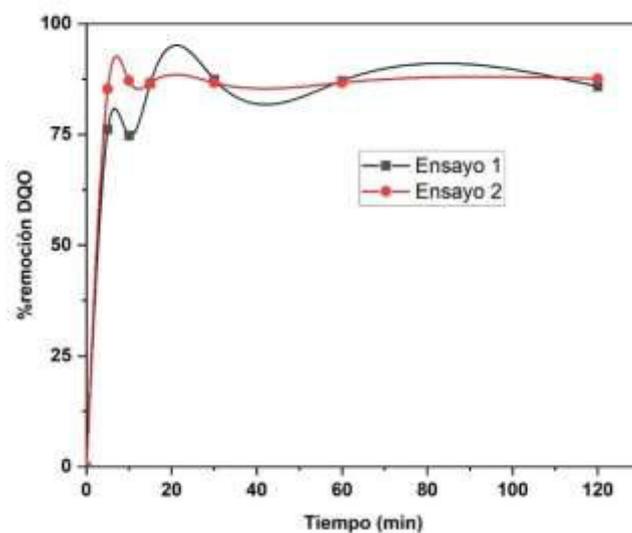


Figura FTXIV.1 Porcentaje de remoción de DQO durante un tiempo de reacción de 120 min con la dosis de 12,8 mM Fe²⁺ y 32 mM de H₂O₂

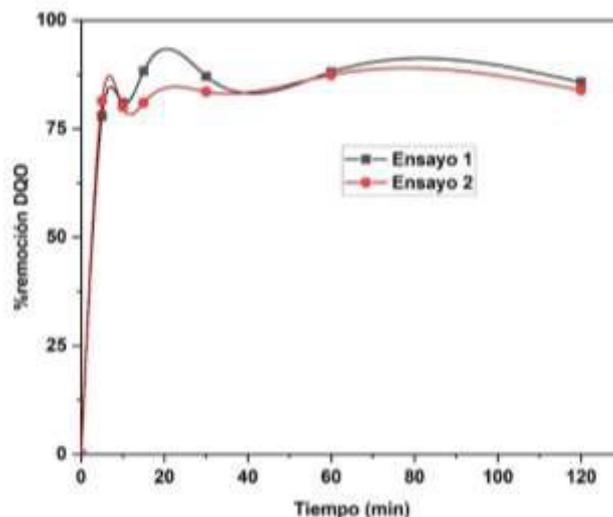


Figura FTXIV.1 Porcentaje de remoción de DQO durante un tiempo de reacción de 120 min con la dosis de 42 mM Fe^{2+} y 105 mM de H_2O_2

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que el mayor porcentaje de remoción se presenta a un tiempo de 60 min con la dosis de 42:105, sin embargo, por temas de costos de los reactivos, se escogió la dosis de 12,8:32, que a pesar de presentar al tiempo de 60 min una menor remoción que al tiempo de 30 min, se tiene una curva de remoción de DQO estable, lo que indica que no se generan reacciones improductivas. Los resultados a este tiempo de reacción y dosis se presentan en la Tabla FTXIV.3.

Tabla FTXIV.1 Resultados del efluente tratado por un proceso Fenton convencional con un tiempo de reacción de 60 min con una dosis de 12,8 mM Fe^{2+} y 32 mM de H_2O_2

Parámetros	Ensayo 1	Ensayo 2	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación (%)
DBO₅	12	18	15	4,24	28,28
DQO (mg/L)	620	641	630,5	14,85	2,36
SST (mg/L)	12	0	-	-	-
Tensoactivos (mg/L)	0,95	1,23	1,09	0,20	18,16
COT (mg/L)	152	245	198,5	65,76	33,13

$$\%remoción\ DQO = \frac{DQO_{inicial} - DQO_{final}}{DQO_{inicial}} \times 100\% \quad [FTXIV.1]$$

$$\%remoción\ DQO = \frac{4\ 810 \frac{mg}{L} - 641 \frac{mg}{L}}{641 \frac{mg}{L}} \times 100\%$$

$$\%remoción\ DQO = 86,67\%$$

$$\%remoción\ SST = \frac{SST_{inicial} - SST_{final}}{SST_{inicial}} \times 100\% \quad [FTXIV.2]$$

$$\%remoción\ SST = \frac{402 \frac{mg}{L} - 6 \frac{mg}{L}}{402 \frac{mg}{L}} \times 100\%$$

$$\%remoción\ SST = 98,51\%$$

$$\%remoción\ SAAM = \frac{SAAM_{inicial} - SAAM_{final}}{SAAM_{inicial}} \times 100\% \quad [FTXIV.3]$$

$$\%remoción\ SAAM = \frac{4,7 \frac{mg}{L} - 1,09 \frac{mg}{L}}{4,7 \frac{mg}{L}} \times 100\%$$

$$\%remoción\ SAAM = 76,81\%$$

$$\%remoción\ COT = \frac{COT_{inicial} - COT_{final}}{COT_{inicial}} \times 100\% \quad [FTXIV.4]$$

$$\%remoción\ COT = \frac{1\ 485 \frac{mg}{L} - 245 \frac{mg}{L}}{1\ 485 \frac{mg}{L}} \times 100\%$$

$$\%remoción\ COT = 83,50\%$$

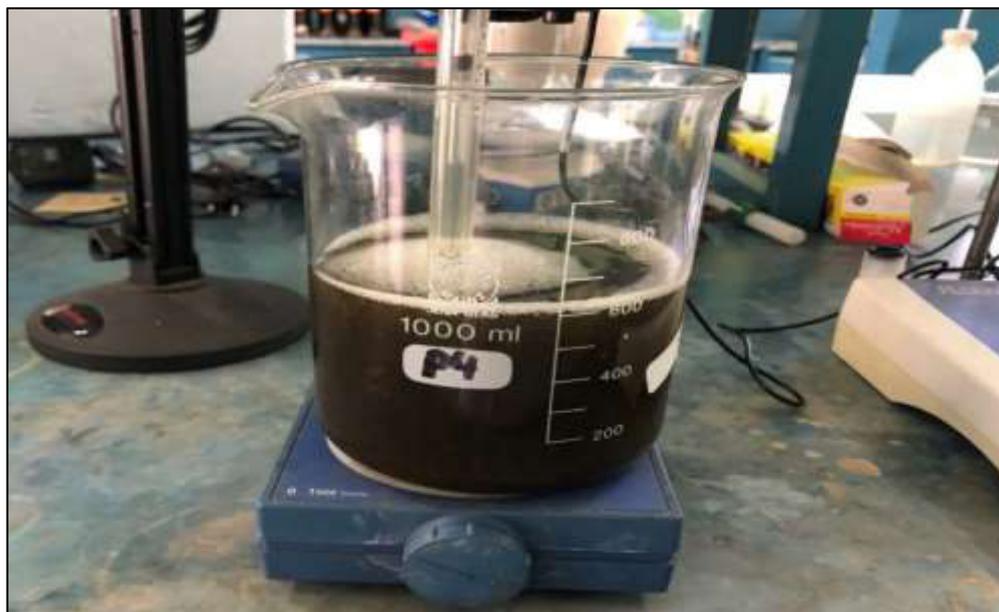


Figura FTXIV.4 Sistema para estudio de proceso Fenton convencional

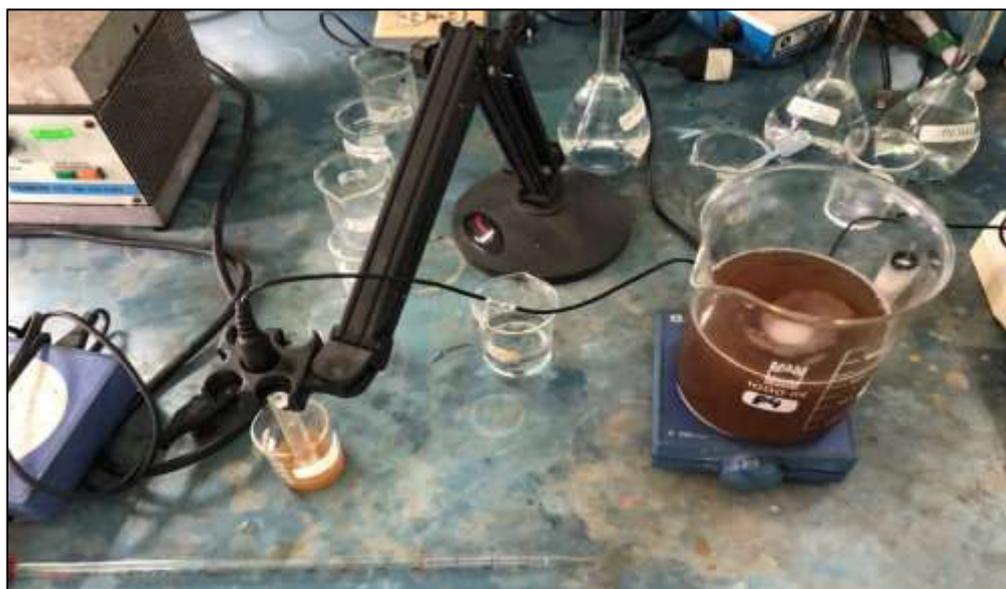


Figura FTXIV.5 Obtención de muestras de efluente con POA a diferentes tiempos de reacción



Figura FTXIV.6 Resultados de las muestras del tratamiento POA a diferentes tiempos de reacción.



Figura FTXIV.7 Filtración de hidróxidos de hierro del efluente tratado.

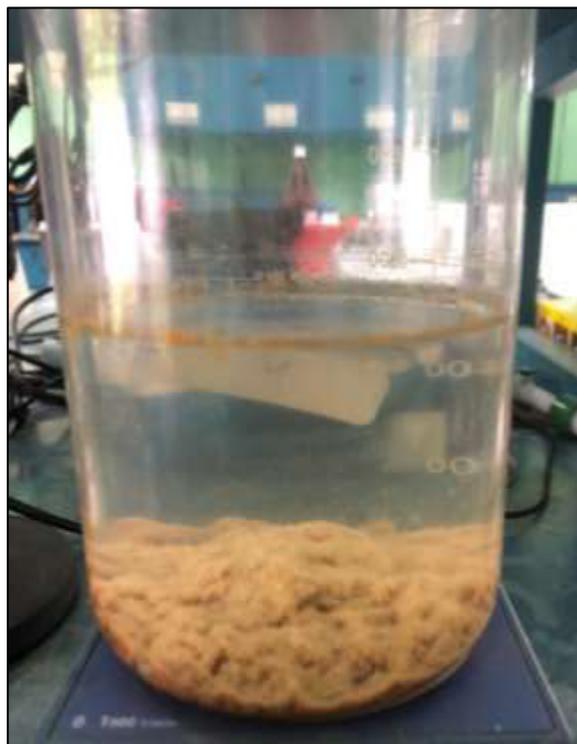


Figura FTXIV.7 Resultado del proceso Fenton convencional en un tiempo de reacción de 120 min con la dosis de 4 mM Fe^{2+} y 10 mM de H_2O_2



Figura FTXIV.8 Resultado del proceso Fenton convencional en un tiempo de reacción de 120 min con la dosis de 12,8 mM Fe^{2+} y 32 mM de H_2O_2

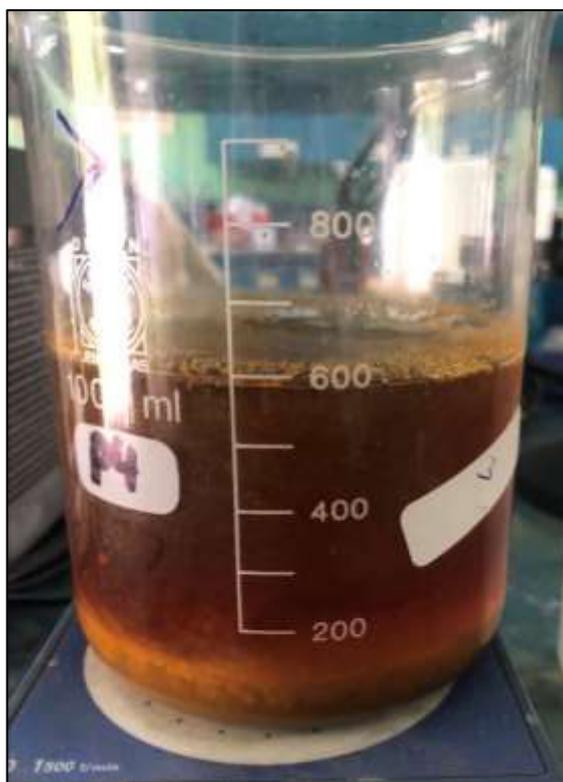


Figura FTXIV.9 Resultado del proceso Fenton convencional en un tiempo de reacción de 120 min con la dosis de 40 mM Fe^{2+} y 105 mM de H_2O_2

FICHA TÉCNICA XV

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DEL PROCESO DE FAENAMIENTO EN EL CAMAL RURAL DE CALACALÍ



Figura FTXV.1 Proceso de faenamiento en un día típico de operación.



Figura FTXV.2 Proceso de Lavado de vísceras y estómagos

FICHA TÉCNICA XVI

HOJA DE RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE DEL PROCESO DE FAENAMIENTO



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Rivero" • Calle Luchén de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2978090 • 001250 (Ext. 2111) • Linea directa: (+593-2) 2418864 • Apartado 17.44.2799 • E-mail: ciica@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



CICAM

INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 25 de junio de 2021 No. IBI-21-242

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: **Rodrigo Ríos**
 Nombre del Representante: -
 Cédula: RUC: -
 Dirección: -
 Teléfono convencional: -
 Teléfono celular: -
 Correo electrónico: -

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-06-21
 No. Orden de Servicio: OF21-073
 No. Solicitud de trabajo: ST-21-071
 Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
 Código de la muestra: MI-21- 242
 Lugar de muestreo: CICAM - Quito - Luchén de Guevara E11-253
 Fecha de análisis: 22 al 23 de junio de 2021
 Temperatura de ingreso al laboratorio: 4,9°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: -
 Fecha de muestreo: 2021-06-21
 Rotulación de la muestra: -
 Tipo de muestra: **Compañía**
 Tipo de muestra: **Agua Residual**
 Lugar de muestreo: **Carnal Rural de Calacali**
 Origen de la muestra: **Descarga**
 Responsable de muestreo: **Cliente**

Tipo de ensayo: **Nº de ensayos:** **Preservante:**

Vidrio ámbat 1 No
 Plac. estéril 1 No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Aceites y grasas	PE-14 384 E4.23. 2017, 5159-B- Gubernativa	mg/L	6,1
⁽²⁾ Coliformes fecales	PE-49 3M E4.23. 2017, 9221-B- Farmacéutico en Tablas múltiples	NMP/100ml	4,6 x 10 ⁶

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAB-LEI 2C 00-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

⁽²⁾ Patrón no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe.



Revisado por: Peter Hoptat
RESPONSABLE TÉCNICO





Aprobado por: MSc. Carolina Franco
RESPONSABLE DE LABORATORIO

F-PT-06-06

Página 1 de 1

Versión 03
Vigencia 2020-12-09

Figura FTXVI.1 Hoja de resultados del primer día de muestreo para aceites y grasas y coliformes fecales



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rabin Orellana Riquero" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 303790 Fax: 3151 • Línea directa: (+593-2) 3038861 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: ciic@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 28 de junio de 2021

No. IRI-21-246

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: -

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-06-23
No. Oferta de Servicio: OF21-073
No. Solicitud de trabajo: ST-21-075
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: M3 21- 246
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 25 al 28 de junio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR CLIENTE

Nombre del Proyecto:	*	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-06-23	Vidrio ámbar	1	No
Rotulación de la muestra:	MC2	Plást. estéril	1	No
Tipo de muestreo:	Compuesto			
Tipo de muestra:	Agua Residual			
Lugar de muestreo:	Carnal Rural de Colacall			
Origen de la muestra:	Descarga			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Aceites y grasas	PE-14/ SM E2.23, 2017, 5929 B/ Gravimetría	mg/L	< 5
⁽²⁾ Coliformes fecales	PD-40/ SM E2.23, 2017, 8223 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	4,6 x 10 ¹

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

⁽²⁾ Parámetro no acreditado.

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitada.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO

Figura FTXVI.2 Hoja de resultados del segundo día de muestreo para aceites y grasas y coliformes fecales



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orfina Ricuarte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel. (+593-2) 2970300 / 3438780 Ext. 2151 • Línea directa (+593-2) 3030866 • Apertado 17-01-2759 • E-mail: cicam@ipn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 02 de julio de 2021

No. IRI-21-247

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Rios
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: -

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-06-25
No. Oferta de Servicio: OF21-073
No. Solicitud de trabajo: ST-21-076
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-247
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 25 al 28 de junio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:		Tipo de envase:	N° de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-06-25	Vidrio ámbar	1	No
Rotulación de la muestra:	MC3	Plást. estéril	1	No
Tipo de muestreo:	Compuesta			
Tipo de muestra:	Agua Residual			
Lugar de muestreo:	Canal Rural de Calacall			
Origen de la muestra:	Descarga			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Aceites y grasas	PE-14/ SM E4.23, 2017, 5520 B Gravimetría	mg/L	< 5
⁽²⁾ Coliformes fecales	PE-46/ SM E4.33, 2017, 9231 B Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	23

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

⁽²⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial de este informe.


Recibido por: Jairo Jimenez
RESPONSABLE TÉCNICO




Aprobado por: MSc. Carla Ferro
RESPONSABLE DE LABORATORIO

Figura FTXVI.3 Hoja de resultados del tercer día de muestreo para aceites y grasas y coliformes fecales



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Ordoñez Ricazari" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3026788 Ext: 2131 • Línea directa: (+593-2) 3938966 • Apartado 17-01-2739 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 02 de julio de 2021

No. IRI-21-258

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: -

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-06-28
No. Oferta de Servicio: OF21-073
No. Solicitud de trabajo: ST-21-078
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-258
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 30 de junio al 01 de julio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 15,3°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-06-28	Vidrio ámbar	1	No
Rotulación de la muestra:	MC4	Plást. estéril	1	No
Tipo de muestreo:	Compuesto			
Tipo de muestra:	Agua Residual			
Lugar de muestreo:	Canal Rural de Calacalí			
Origen de la muestra:	Desageo			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Aceites y grasas	FE-34/ SM Ed.23, 2017, 0520 B/ Gravimetría	mg/L	18,1
⁽²⁾ Coliformes fecales	FE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100ml	2,4 x 10 ⁴

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

⁽²⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

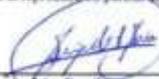
Este informe sólo aplica a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe


Revisado por: Juan Jimpiari
RESPONSABLE TÉCNICO




Aprobado por: MSc. Carla Pierra
RESPONSABLE DE LABORATORIO

Figura FTXVI.4 Hoja de resultados del cuarto día de muestreo para aceites y grasas y coliformes fecales



**ESCUELA
POLITÉCNICA
NACIONAL**

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rábago Orellana Ricuarte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2878300 / 3038780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3930668 • Apertado: 17-61-2739 • Email: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



CICAM

INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 06 de julio de 2021

No. IRI-21-260

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ries
 Nombre del Representante: -
 Cédula / RUC: -
 Dirección: -
 Teléfono convencional: -
 Teléfono celular: -
 Correo electrónico: -

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-06-30
 No. Oferta de Servicio: OF21-073
 No. Solicitud de trabajo: ST-21-080
 Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
 Código de la muestra: MI-21- 260
 Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
 Fecha de análisis: 01 al 02 de julio de 2021
 Temperatura de ingreso al laboratorio: 16,9°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: -
 Fecha de muestreo: 2021-06-30
 Rotulación de la muestra: -
 Tipo de muestra: Composteo
 Tipo de muestra: Agua Residual
 Lugar de muestreo: Canal Rural de Calacalí
 Origen de la muestra: Descarga
 Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase:	N° de envases:	Preservante:
Vidrio ámbar	1	No
Plást. estéril	1	No

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
¹⁰¹ Aceites y grasas	PE-14/ SM E4.23, 2017, 1520 B/ Gravimetrica	mg/l.	17,5
¹⁰² Coliformes fecales	PE-40/ SM E4.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100ml.	11

Acreditaciones:

¹⁰¹ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012 : Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

¹⁰² Parámetro no acreditado.

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcances de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.
 La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiere.
 El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.
 En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.
 Prohibida la reproducción parcial de este informe.



Revisado por: Jairo Jimachi
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carla Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



F-PT-08-06

Página 1 de 1

Versión 03
Vigencia 2020-12-09

Figura FTXVI.5 Hoja de resultados del quinto día de muestreo para aceites y grasas y coliformes fecales



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orfano Bazantini" • Calle Ladrón de Guevara E11-253
Tel.: (+593-2) 2970100 / 2970101 • Línea directa: (+593-2) 2038866 • Apartado: 17-01-2156 • E-mail: icicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 06 de julio de 2021

No. IRI-21-265

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: **Rodrigo Rios**
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: -

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-02
No. Oferta de Servicio: OF21-073
No. Solicitud de trabajo: ST-21-083
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21- 265
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 05 de julio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 16,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:		Tipo de ensayo:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-07-02	Vidrio ámbar	1	No
Rotulación de la muestra:	-	Plást. estéril	1	No
Tipo de muestra:	Compuesto			
Tipo de muestra:	Agua Residual			
Lugar de muestreo:	Carnal Rural de Calacali			
Origen de la muestra:	Descarga			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Aceites y grasas	PE-14 SM 04.23, 2017, 5520 B Gravimétrico	mg/L	< 5
⁽²⁾ Coliformes fecales	PE-40 SM 04.23, 2017, 9221 B Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100ml	4,6 x 10 ⁴

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 20-06-012. Alcance específico de la acreditación; www.acreditacion.gob.ec

⁽²⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo aplica a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Recibido por: 
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



Figura FTXVI.6 Hoja de resultados del sexto día de muestreo para aceites y grasas y coliformes fecales



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orfano Riquarte" • Calle Ladrón de Guevara E.11-253
Tel.: (+593-2) 2976160 / 2938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apertado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 10 de septiembre de 2021

No. IRI-21-374

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-06
No. Oferta de Servicio: QF21-312-1
No. Solicitud de trabajo: ST-21-116
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: M3-21-374
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 09 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 7,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Vidrio	N° de envases:	1	Preservante:	No
Fecha de muestreo:	2021-09-06						
Rotulación de la muestra:	-						
Tipo de muestreo:	Puntual						
Tipo de muestra:	Agua Residual						
Lugar de muestreo:	-						
Origen de la muestra:	Descarga Canal						
Responsable de muestreo:	Cliente						

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Tensoactivos	PE-V-03 (SM ED 23, 2017, SS40 C) Espectrofotométrico VII	mg/L	< 0,025

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitada.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohíbese la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXVI.7 Hoja de resultados de la primera muestra para tensoactivos



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricardo" • Calle Ladrón de Guevara E. 11-253
Tel. (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2131 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 15 de septiembre de 2021

No. IRI-21-391

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Rios
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-13
No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
No. Solicitud de trabajo: ST-21-121
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación.
Código de la muestra: MI-21- 391
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 14 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 9,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE:

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2021-09-13
Rotulación de la muestra: -
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: Descarga Canal
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Vidrio
Nº de envases: 1
Preservante: No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Tensoactivos	PE-V-03 / SM ED.21, 2017, 5540 C/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,025

Acreditaciones:

⁽²⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXVI.8 Hoja de resultados de la segunda muestra para tensoactivos

FICHA TÉCNICA XVII

HOJA DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS AL EFLEUNTE RESULTANTE DE LA TRAMPA DE GRASAS



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Roberto Cevallos Escobar" • Calle Ladrón de Guayana E 11-253
Tel.: (+593-2) 2676000 / 2676001 - 2132 • Línea directa: (+593-2) 3939960 • Apertura: 17-01-2750 • E-mail: cica@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 09 de septiembre de 2021

No. IRI-21-375

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-06
No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
No. Sistema de trabajo: ST-21-116
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-375
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guayana E11-253
Fecha de análisis: 07 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 7,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR CLIENTE

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2021-09-06
Rotación de la muestra: -
Tipo de muestra: Pantanal
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: Trampa de grasas
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de ensayo:	Nº de ensayos:	Preservante:
Viduo	1	No

PARAMETRO	METODO DE REFERENCIA / METODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
Acidez y grasas	ISO 14184 ED. 21, 2017, 5320 B - Gravedad	mg/L	11,4

Acreditaciones:

¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012 - Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo aplica a la muestra asociada a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiere.

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiere.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXVII.1 Hoja 1 de resultados de la primera muestra de trampa de grasas



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Ortíz" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938700 Ext.: 2151 • Línea Directa: (+593-2) 3938864 • Aguardo: 17-01-2719 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 15 de septiembre de 2021

No. IRI-21-375

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: 0994350979
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-08
No. Oferta de Servicio: OF21-073
No. Solicitud de trabajo: ST-21-116
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-375
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 09 al 15 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 7,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2021-09-08
Rotulación de la muestra: -
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: Trampa de grasas
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Vidrio
N° de envases: 2
Preservante: No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	5370
⁽²⁾ Demanda química de oxígeno, DQO	PE-V-01 SM Ed. 23 5220D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	10600
⁽³⁾ Sólidos totales suspendidos	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 D/ Gravimetría	mg/L	500

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012 . Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXVII.2 Hoja 2 de resultados de la primera muestra de trampa de grasas



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricuarte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2191 • Línea directa (+593-2) 3938864 • Apertado 17-01-2754 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 20 de septiembre de 2021

No. IRI-21-392

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-13
No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
No. Solicitud de trabajo: ST-21-121
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21- 392
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 14 al 20 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 9,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Vidrio	N° de envases:	2	Preservante:	No
Fecha de muestreo:	2021-09-13						
Rotulación de la muestra:	-						
Tipo de muestreo:	Puntual						
Tipo de muestra:	Agua Residual						
Lugar de muestreo:	-						
Origen de la muestra:	Trampa de grasas						
Responsable de muestreo:	Cliente						

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁰¹ Aceites y grasas	PE-V-14 SM ED. 23, 2017, 9520 B / Gravimetría	mg/l	3,6
⁰² Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 9210H Volúmetría	mg/l	7840
⁰³ Demanda química de oxígeno, DQO	PE-V-01 SM Ed. 23 9220D Espectrofotometría VIS	mg/l	16880
⁰⁴ Sólidos totales suspendidos	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 D Gravimetría	mg/l	544

Acreditaciones:

⁰¹ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012 . Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXVII.3 Hoja de resultados de la segunda muestra de trampa de grasas

FICHA TÉCNICA XVIII

HOJA DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS AL EFLUENTE RESULTANTE DE LOS BIOFILTROS

 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL <small>Campus Politécnico "José Rábago Orellana Escobedo" • Cofe Ladrón de Guayusa E11-253 Tel: (+593-2) 2765087 • 224786244-2331 • Linea directa (+593-2) 2769664 • Apartado 17-01-2336 • E-mail: cicam@epn.edu.ec Quito - Ecuador</small>											
INFORME DE RESULTADOS Fecha: 24 de septiembre de 2021		No. IRI-21-414									
DATOS DEL CLIENTE:		DATOS DEL LABORATORIO:									
Nombre del Cliente/ Empresa:	Rodrigo Ríos	Fecha de recepción:	2021-09-13								
Nombre del Representante:	-	No. Oferta de Servicio:	OP23-073								
Cédula / RUC:	-	No. Solicitud de trabajo:	ST-21-125								
Dirección:	-	Tipo de servicio:	Servicio de ensayo aplicado a la investigación								
Teléfono convencional:	-	Código de la muestra:	MI-21-414								
Teléfono celular:	0994250979	Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guayusa E11-253								
Correo electrónico:	rodrigo.rios@epn.edu.ec	Fecha de análisis:	15 al 20 de septiembre de 2021								
		Temperatura de ingreso al laboratorio:	17,2°C								
DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR CLIENTE											
Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Vidrio								
Fecha de muestreo:	2021-09-13	Nº de envases:	1								
Rotulación de la muestra:	Nm. 1	Preservante:	No								
Tipo de muestra:	Floral										
Tipo de muestra:	Agua Residual										
Lugar de muestreo:	-										
Origen de la muestra:	Biofiltro										
Responsable de muestreo:	Cliente										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARAMETRO</th> <th>MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO</th> <th>UNIDAD</th> <th>RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)</td> <td>PE-V-06 (SM Ed. 23 5210B) Volumétrica</td> <td>mg/L</td> <td>3381</td> </tr> </tbody> </table>				PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	PE-V-06 (SM Ed. 23 5210B) Volumétrica	mg/L	3381
PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO								
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	PE-V-06 (SM Ed. 23 5210B) Volumétrica	mg/L	3381								
Acreditaciones: (1) Parámetro no acreditado Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitada.											
Observaciones: El valor de DBO inferido por el sustrato: 5470 mg/L.											
Nota: Este informe sólo aplica a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas. La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera. La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera. El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados. En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente, ex. firma previa. Prohibida la reproducción parcial de este informe.											
Revisado por: Jairo Impikiri RESPONSABLE TÉCNICO		Aprobado por: MSc. Caroli Fierro COORDINADOR DE LABORATORIO									
											
F-PG-G-07-08	Página 1 de 1	Versión 00 Vigencia: 2021-07-23									

Figura FTXVIII.1 Hoja de resultados muestra del biofiltro con altura de 9,78 cm (Ensayo 1)



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rábala Orellana Riazuelo" • Calle Ladrón de Guevara E.11-253
Tel: (+593-2) 2976200 / 2044760 Ext.: 2111 • Línea directa: (+593-2) 2078804 • Apartado 17-01-2750 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 24 de septiembre de 2021

No. IRI-21-415

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Rios
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: 0994350979
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-13
No. Oferta de Servicio: OF21-073
No. Solicitud de trabajo: ST-21-125
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-415
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 13 al 20 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 17,2°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE:

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2021-09-13
Rotulación de la muestra: No. 2
Tipo de muestra: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: Biofiltro
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Vidrio
N° de envases: 1
Preservante: No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	1255

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Parámetro no acreditado

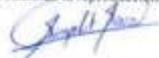
Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO informado por el revisa: 2300 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.
Prohibida la reproducción parcial de este informe.


Revisado por: Jaime Jimpikit

RESPONSABLE TÉCNICO




Aprobado por: MSc. Carula Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXVIII.2 Hoja de resultados muestra del biofiltro con altura de 10,86 cm
(Ensayo 1)



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Cevallos Ríos" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2978300 / 3938780 Ext.: 2331 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apertado: 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 24 de septiembre de 2021

No. IRI-21-416

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: 0994350979
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-13
No. Oferta de Servicio: OF21-073
No. Solicitud de trabajo: ST-21-125
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-416
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 15 al 20 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 17,2°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	N° de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-09-13	Vidrio	1	No
Rotulación de la muestra:	Nro. 3			
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Agua Residual			
Lugar de muestreo:	-			
Origen de la muestra:	Biofiltros			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	PE-V-06 / SM Ed. 23 5210B / Volumetría	mg/L	1064

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Parámetro no acreditado

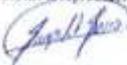
Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcances de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO informado por el testista: 1940 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.
Prohibida la reproducción parcial de este informe.


Revisado por: Jaime Jimpiet
RESPONSABLE TÉCNICO


Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO



Figura FTXVIII.3 Hoja de resultados muestra del biofiltro con altura de 13,04 cm
(Ensayo 1)



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Riosarte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel. (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext. 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938866 • Aguardado: 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 24 de septiembre de 2021

No. IRI-21-417

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: **Rodrigo Rios**
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: **0994350979**
Correo electrónico: **rodrigo.rios@epn.edu.ec**

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: **2021-09-13**
No. Oferta de Servicio: **OF21-073**
No. Solicitud de trabajo: **ST-21-125**
Tipo de servicio: **Servicio de ensayo aplicado a la investigación**
Código de la muestra: **MI-21-417**
Lugar de análisis: **CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253**
Fecha de análisis: **15 al 20 de septiembre de 2021**
Temperatura de ingreso al laboratorio: **17.2°C**

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Vidrio	Nº de envases:	1	Preservante:	No
Fecha de muestreo:	2021-09-13						
Rotulación de la muestra:	Nro. 4						
Tipo de muestreo:	Puntual						
Tipo de muestra:	Agua Residual						
Lugar de muestreo:	-						
Origen de la muestra:	Biofiltros						
Responsable de muestreo:	Cliente						

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 (SM Ed. 23 5210B) Volumetrica	mg/L	652

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO informado por el testista: 1490 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: **Jaime Jampán**
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: **MSc. Ceryla Fierro**
COORDINADOR DE LABORATORIO



Figura FTXVIII.4 Hoja de resultados muestra del biofiltro con altura de 15,21 cm (Ensayo 1)



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E. 11-253
Tel: (+593-2) 2076300 / 2038780 Ext.: 2111 • Línea directa: (+593-2) 2038804 • Apartado 17-01-2750 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 24 de septiembre de 2021

No. IRI-21-418

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: 0994350979
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-13
No. Oferta de Servicio: OF21-073
No. Solicitud de trabajo: ST-21-125
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MJ-21- 418
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 15 al 20 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 17,2°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2021-09-13
Rotulación de la muestra: Nro. 5
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: Biofiltros
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Vidrio	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 (SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	1511

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Parámetro no acreditado.

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO informado por el cliente: 2000 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que pueden afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente un día previo.

Prohibida la reproducción parcial de este informe.


Revisado por: Jairo Jumbak
RESPONSABLE TÉCNICO


Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO



Figura FTXVIII.5 Hoja de resultados muestra del biofiltro con altura de 17,38 cm
(Ensayo 1)



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Rocaute" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976000 / 3928780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 2938884 • Aparado 17-01-2739 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 24 de septiembre de 2021

No. IRI-21-428

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-14
No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
No. Solicitud de trabajo: ST-21-127
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-428
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 15 al 20 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 19,6°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2021-09-14
Rotulación de la muestra: I
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: BIOFILTROS
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Vidrio **N° de envases:** 1 **Preservante:** No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	2811

Acreditaciones:

⁽²⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO informado por el cliente: 3890 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.
Prohibida la reproducción parcial de este informe.


Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO




Aprobado por: MSc. Carola Ferro
COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXVIII.6 Hoja de resultados muestra del biofiltro con altura de 9,78 cm
(Ensayo 2)



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Grullana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E. 11-253
Tel: (+593-2) 2876300 / 2828700 Ext: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apuntado: 17-01-2759 • E-mail: cienc@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 24 de septiembre de 2021

No. IRI-21-429

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-14
No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
No. Solicitud de trabajo: ST-21-127
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-429
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 15 al 20 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 19,6°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-09-14	Vidrio	1	No
Rotulación de la muestra:	2			
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Agua Residual			
Lugar de muestreo:	-			
Origen de la muestra:	BIOFILTROS			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
¹⁰¹ Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	PE-V-06 (SM Ed. 23-5210B) Volumetría	mg/L	1624

Acreditaciones:

¹⁰¹ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO informado por el cliente: 2820 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jaime Jiripikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO



Figura FTXVIII.7 Hoja de resultados muestra del biofiltro con altura de 10,86 cm
(Ensayo 2)



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Bascuñán" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 393780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 2924884 • Apartado 11-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 24 de septiembre de 2021

No. IRI-21-430

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-14
No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
No. Solicitud de trabajo: ST-21-127
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-430
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 15 al 20 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 19,6°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Vidrio	N° de envases:	1	Preservante:	No
Fecha de muestreo:	2021-09-14						
Rotulación de la muestra:	3						
Tipo de muestreo:	Puntual						
Tipo de muestra:	Agua Residual						
Lugar de muestreo:	-						
Origen de la muestra:	BIOFILTROS						
Responsable de muestreo:	Cliente						

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 / SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	1798

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO informado por el cliente: 2770 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpián
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO



Figura FTXVIII.8 Hoja de resultados muestra del biofiltro con altura de 13,04 cm
(Ensayo 2)



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rabón Orellana Ricovero" • Calle Ladrón de Guevara E.11-253
Tel: (+593-2) 2976300 • 5938780 Ext.: 2131 • Lima directo: (+593-2) 7638864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: icor@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 24 de septiembre de 2021

No. TRI-21-431

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo-rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-14
No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
No. Solicitud de trabajo: SF-21-127
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: M1-21-431
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E.11-253
Fecha de análisis: 15 al 20 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 19,6°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-09-14	Vidrio	1	Nu
Rotulación de la muestra:	4			
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Agua Residual			
Lugar de muestreo:	-			
Origen de la muestra:	BIOFILTROS			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 5210B Volumetría	mg/L	763

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO informado por el cliente: 1420 mg/L.

Nota:

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial de este informe.



Revisado por: Jaime Jimékit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO



Figura FTXVIII.9 Hoja de resultados muestra del biofiltro con altura de 15,21 cm
(Ensayo 2)



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Riquelme" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+592-2) 2976340 / 2438780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+592-2) 3938884 • Apartado 15-01-2759 • E-mail: ciicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 24 de septiembre de 2021

No. IRI-21-432

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Rios
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-14
No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
No. Solicitud de trabajo: ST-21-127
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-432
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 15 al 20 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 19,6°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Vidrio	N° de envases:	1	Preservante:	No
Fecha de muestreo:	2021-09-14						
Rotulación de la muestra:	5						
Tipo de muestreo:	Puntual						
Tipo de muestra:	Agua Residual						
Lugar de muestreo:	-						
Origen de la muestra:	BIOFILTROS						
Responsable de muestreo:	Cliente						

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	PE-V-06 ISM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	760

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO informado por el cliente: 1710 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: Jairo Jimpiet
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXVIII.10 Hoja de resultados muestra del biofiltro con altura de 17,38 cm (Ensayo 2)



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Ortíz de Rosas" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext. 2151 • Lima directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-61-2739 • E-mail: ciama@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 04 de octubre de 2021

Suplemento al Informe de Ensayo: No. IRI-21-440-2

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-21
No. Oferta de Servicio: OF21-213-1
No. Solicitud de trabajo: ST-21-131
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-440
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 23 al 30 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 19,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Vidrio	Nº de envases:	1	Preservante:	No
Fecha de muestreo:	2021-09-21		Plást. estéril		1		No
Rotulación de la muestra:	1						
Tipo de muestreo:	Puntual						
Tipo de muestra:	Agua Residual						
Lugar de muestreo:	-						
Origen de la muestra:	BIOFILTRO						
Responsable de muestreo:	Cliente						

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
¹⁰¹ Coliformes fécales	PE-V-46 (RM EA 23 9221B, 9221C) Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	4,3 x 10 ¹
¹⁰² Sólidos totales suspendidos	PE-V-34 (RM EA 23 2548 D) Gravimetría	mg/L	105

Acreditaciones:

¹⁰¹ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012, Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

¹⁰² Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiere

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiere

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
(E) COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXVIII.12 Hoja de resultados de la primera muestra al tiempo de retención de 28 h



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rábín Orfilla Ricuarte" • Calle Ladrón de Guevara E11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2351 • Línea directa: (+593-2) 3038804 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 04 de octubre de 2021

Suplemento al Informe de Ensayo No. IRI-21-441-2

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-21
No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
No. Solicitud de trabajo: ST-21-131
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-441
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 23 al 30 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 19,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Vidrio	Nº de envases:	1	Preservante:	No
Fecha de muestreo:	2021-09-21		Plást. estéril		1		No
Rotulación de la muestra:	2						
Tipo de muestreo:	Puntual						
Tipo de muestra:	Agra Residual						
Lugar de muestreo:	-						
Origen de la muestra:	BIOFILTRO						
Responsable de muestreo:	Cliente						

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Coliformes fecales	PE-V-36 SM Ed. 23 9221B, 9221C/ Fermentación en Tubos múltiple	NMP/100mL	2,3 x 10 ¹
⁽²⁾ Sólidos totales suspendidos	PE-V-14 SM Ed. 23 2540 D Gravimetría	mg/L	30

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

⁽²⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
(E) COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXVIII.13 Hoja de resultados de la segunda muestra al tiempo de retención de 28 h

FICHA TÉCNICA XIX

HOJA DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS AL EFLUENTE DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Roldán Ordoñez Ricamán" • Calle Ladrón de Guayana E.11-253
Tel: (+593-2) 2950300 / 2933700 Ext.: 2151 • Lima Móvil: (+593-2) 2933904 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: icicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 24 de septiembre de 2021
No. IRI-21-437

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Ríos
 Nombre del Representante: -
 Código / RUC: -
 Dirección: -
 Teléfono convencional: -
 Teléfono celular: -
 Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-17
 No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
 No. Solicitud de trabajo: ST-21-129
 Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
 Código de la muestra: M21-437
 Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guayana E.11-253
 Fecha de análisis: 17 al 24 de septiembre de 2021
 Temperatura de ingreso al laboratorio: 19,6°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR CLIENTE

Nombre del Proyecto: -		Tipo de envase:	N° de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo: 2021-09-16		Vidrio	1	No
Rotulación de la muestra: 1		Plást. estéril	1	No
Tipo de muestra: Pastal				
Tipo de muestra: Agua Residual				
Lugar de muestreo: -				
Origen de la muestra: Lavado de limpieza				
Responsable de muestra: Cliente				

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Turbidez	PE-V-43 (SM E6.23, 2017, 1991); Espectrofotometría VII	mg/L	4,3
⁽²⁾ Coliformes fecales	PE-V-46 (SM E6.23 V21V8, 821C); Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100ml	< 3
⁽³⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-86 (SM E6.23 V110B); Volúmetría	mg/L	16
⁽⁴⁾ Sólidos totales suspendidos	PE-V-34 (SM E6.23 2040 D); Gravimetría	mg/L	404

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAF LE 2C 06-012 Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

⁽²⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los estándares, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO informado por el cliente: 4850 mg/L.

Nota:

Este informe sólo aplica a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

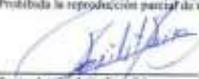
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones normativas se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial de este informe.



Revisado por: Juan Jorjico
RESPONSABLE TÉCNICO





Aprobado por: MSc. Catalina Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO

F-PG-G-07-06
Página 1 de 1
Versión 00
Vigencia: 2021-07-23

Figura FTXIX.1 Hoja de resultados primera muestra del efluente de limpieza y desinfección



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rábala Orellana Razauna" • Calle Ladrón de Guayana E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext: 2151 • Lima direct: (+591-2) 3938804 • Apartado 17-03-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 30 de septiembre de 2021

No. IRI-21-444

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Rios
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-21
No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
No. Solicitud de trabajo: ST-21-131
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-444
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guayana E11-253
Fecha de análisis: 30 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 19,9°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Vidrio	Nº de envases:	1	Preservante:	No
Fecha de muestreo:	2021-09-21						
Rotulación de la muestra:	1						
Tipo de muestreo:	Puntual						
Tipo de muestra:	Agua Residual						
Lugar de muestreo:	-						
Origen de la muestra:	LAVADO Y DESINFECCIÓN						
Responsable de muestreo:	Cliente						

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
¹⁵¹ Carbono Orgánico Total (C) soluble	PS-28 / SM-E4 21, 2017, 5310 B / IRND, Combustión	mg/L	1429

Acreditaciones:

¹⁵¹ Acreditación N° OAE/LE 2C 06-012, Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec
Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que pueden afectar la validez de los resultados.
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.
Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXIX.2 Hoja de resultados primera muestra del efluente de limpieza y desinfección para COT.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Rocauro" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3043780 Ext: 2151 • Línea directa (+593-2) 3938984 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: ciicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 24 de septiembre de 2021

No. IRI-21-438

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Rios
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-17
No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
No. Solicitud de trabajo: ST-21-129
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-438
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 17 al 24 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 19,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Vidrio	Nº de envases:	1	Preservante:	No.
Fecha de muestreo:	2021-09-16		Plást. estéril		1		No.
Rotulación de la muestra:	2						
Tipo de muestreo:	Puntual						
Tipo de muestra:	Agua Residual						
Lugar de muestreo:	-						
Origen de la muestra:	Lavado de limpieza						
Responsable de muestreo:	Cliente						

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Tensoactivos	PE-V-03 (SM Ed. 23, 2017, 5540 C) Espectrofotometría VII	mg/L	4,9
⁽²⁾ Coliformes fecales	PE-V-46 (SM Ed. 23-9221B, 9221C) Formulación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 3
⁽³⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-08 (SM Ed. 23-5210B) Volúmetría	mg/L	38
⁽⁴⁾ Sólidos totales suspendidos	PE-V-34 (SM Ed. 23-2548 D) Gravimetría	mg/L	400

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

⁽²⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Observaciones:

El valor de DQO informado por el cliente: 4770 mg/L.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.
Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: Julio Jimpiakit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Camila Fierro
COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXIX.3 Hoja de resultados de la segunda muestra del efluente de limpieza y desinfección



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orosara Briceno" • Calle Ladrón de Guevara E11-253
Tel: (+593-2) 2976200 / 3038700 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3038664 • Apartado 17-01-2709 • E-mail: ciicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 30 de septiembre de 2021

No.JRI-21-445

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Rios
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-21
No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
No. Solicitud de trabajo: ST-21-131
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación.
Código de la muestra: ME-21-445
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 30 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 19,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Vidrio	N° de envases:	1	Preservante:	Nu
Fecha de muestra:	2021-09-21						
Rotulación de la muestra:	2						
Tipo de muestreo:	Puntual						
Tipo de muestra:	Agua Residual						
Lugar de muestreo:	-						
Origen de la muestra:	LAVADO Y DESINFECCIÓN						
Responsable de muestreo:	Cliente						

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
¹⁰ Carbono Orgánico Total (C) soluble	PE-25 / SM E4. 23, 2017, 3310 II / IRND, Combustión	mg/L	1542

Acreditaciones:

¹⁰ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec
Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.
Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXIX.1 Hoja de resultados de la segunda muestra del efluente de limpieza y desinfección para COT.

FICHA TÉCNICA XX

HOJA DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS AL EFLUENTE RESULTANTE DEL PROCESO FENTON CONVENCIONAL

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL <small>Campus Politécnico "José Robín Orellana Huacata" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253 Telf: (591-2) 2976067 / 298580 (Ext. 213) • Lima (Perú): (51-01) 409484 • Apartado 57-41-2759 • E-mail: ciam@epn.edu.ec Quito - Ecuador</small>				
INFORME DE RESULTADOS		Suplemento al Informe de Ensayo No. IRI-21-442-2		
Fecha: 04 de octubre de 2021				
DATOS DEL CLIENTE:		DATOS DEL LABORATORIO:		
Nombre del Cliente/ Empresa:	Rodrigo Ríos	Fecha de recepción:	2021-09-21	
Nombre del Representante:	-	No. Oferta de Servicio:	GF21-212-1	
Cédula / RUC:	-	No. Solicitud de trabajo:	ST-21-131	
Dirección:	-	Tipo de servicio:	Servicio de ensayo aplicado a la investigación	
Teléfono convencional:	-	Código de la muestra:	ME-21-442	
Teléfono celular:	-	Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253	
Correo electrónico:	rodrigo.rios@epn.edu.ec	Fecha de análisis:	22 al 30 de septiembre de 2021	
		Temperatura de ingreso al laboratorio:	18,0°C	
DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE				
Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-09-21	Vidrio:	1	No
Rotulación de la muestra:	1	Plást. control:	1	No
Tipo de muestra:	Puntal			
Tipo de muestra:	Agua Residual			
Lugar de muestreo:	-			
Origen de la muestra:	PCA			
Responsable de muestra:	Cliente			
PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO	
⁽¹⁾ Tetraoxidos	PE-V-01 (RM ED-23, 2017, 1540 C) Espectrofotometría VII	mg/L	0,95	
⁽²⁾ Coliformes fecales	PE-V-46 (SM EA 23-921B, 921C) Fermentación en Tubo múltiple	NMP/100mL	<3	
⁽³⁾ Sólidos totales suspendidos	PE-V-34 (SM EA 23-2361 D) Gravimetrico	mg/L	12	
Acreditaciones:				
⁽¹⁾ Acreditación Nº OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec				
⁽²⁾ Parámetro no acreditado				
Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.				
Nota:				
Este informe sólo aplica a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.				
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.				
La acreditación de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.				
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.				
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.				
Prohibida la reproducción parcial de este informe.				
 Revisado por: Jairo Jampikit RESPONSABLE TÉCNICO		 Aprobado por: Ing. Mauricio Cuello (E) COORDINADOR DE LABORATORIO		
F-PG-G-07-06	Página 1 de 1	Versión 00 Vigencia: 2021-07-23		

Figura FTXX.1 Hoja de resultados de la primera muestra obtenida a un tiempo de reacción de 60 min con la dosis de 12,8 mM Fe²⁺ y 32 mM de H₂O₂.



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Cevallos Riquarte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2978300 / 3938780 Ext.: 2153 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Aparado: 17-01-2758 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 04 de octubre de 2021

Suplemento al Informe de Ensayo No. IRI-21-443-2

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Rodrigo Rios
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: rodrigo.rios@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-21
No. Oferta de Servicio: OF21-212-1
No. Solicitud de trabajo: ST-21-131
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-21-443
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 22 al 30 de septiembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 19,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Vidrio	N° de envases:	1	Preservante:	No
Fecha de muestreo:	2021-09-21		Plást. estéril		1		No
Rotulación de la muestra:	2						
Tipo de muestreo:	Puntual						
Tipo de muestra:	Agua Residual						
Lugar de muestreo:	-						
Origen de la muestra:	POA						
Responsable de muestreo:	Cliente						

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
¹⁰⁰ Tensioactivos	PE-V-03 SM ED.23, 2017, 3540 C Espesimetro-turbidímetro VIII	mg/L	1,23
¹⁰¹ Coliformes fecales	PE-V-48 SM Ed. 23 9221B, 9221C Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 3
¹⁰² Sólidos totales suspendidos	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 D Gravimetría	mg/L	0

Acreditaciones:

¹⁰⁰ Acreditación N° OAE LE 2C-06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec

¹⁰¹ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
(E) COORDINADOR DE LABORATORIO

Figura FTXX.2 Hoja de resultados de la segunda muestra obtenida a un tiempo de reacción de 60 min con la dosis de 12,8 mM Fe²⁺ y 32 mM de H₂O₂.