



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Eficiencia del sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la
reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales
provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco
2021.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Riveros Rojas, Amador Ricardo (ORCID: 0000-0001-5847-6659)

ASESORA:

Ms. Sc. Suarez Alvites Haydeé (ORCID: 0000-0003-2750-0980)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que guía mi camino y me da la fortaleza para continuar cuando a punto de rendirme he estado; por ello, con mucho amor y gratitud, dedico mi trabajo primeramente a Dios. A mi madre Emilia Rojas, por ser la mujer que me dio la vida y me enseñó a vivirla, porque es quien representa mis fuerzas y ganas de salir adelante. A mis hermanas Medalith, Juli y Maribel, porque me enseñaron a luchar por mis sueños y representan mi motivación y ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTO

A mi madre y hermanas porque fueron la guía y el camino para llegar a este punto de mi carrera. A mi asesora Ms. Sc. Haydeé Suarez por la acertada orientación y discusión crítica que me permitió un buen aprovechamiento en la investigación realizada. A la Universidad Cesar Vallejo por la formación como profesional y persona. Al Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco por la buena disposición y facilidades brindadas en la recolección de su agua residual.

Índice de Contenidos

Carátula	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos y figuras	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	21
3.1. Tipo, diseño y nivel de la investigación	21
3.2. Variables y Operacionalización	21
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	22
3.5. Procedimiento	24
3.6. Método de análisis de datos	32
3.7. Aspectos éticos	32
IV. RESULTADOS	33
4.1. Caracterización del agua residual del Camal Municipal de la Provincia de Calca.	33
4.2. Eficiencia del Sistema TOHÁ en la reducción de la DBO ₅ , DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca	35
4.3. Reducción de la DBO ₅ , DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de Calca al pasar por el Canal de Fitodepuración.	39

4.4.	Eficiencia del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO ₅ , DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca.	42
V.	DISCUSIÓN	53
5.1.	Caracterización del agua residual del Camal Municipal de la Provincia de Calca.	53
5.2.	Eficiencia del Sistema TOHÁ en la reducción de la DBO ₅ , DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca	53
5.3.	Reducción de la DBO ₅ , DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de Calca al pasar por el canal de Fitodepuración.	54
5.4.	Eficiencia del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO ₅ , DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca.	55
6.	VI. CONCLUSIONES	57
	VII. RECOMENDACIONES	58
	VIII. REFERENCIAS	59
	IX. ANEXOS	70
	Anexo N° 1. Declaratoria de originalidad del autor	70
	Anexo N° 2. Matriz de operacionalización de variables	71
	Anexo N° 3. Instrumentos	72
	Anexo N° 4. Validación de instrumentos	77
	Anexo N° 5. Reportes de laboratorio	90
	Anexo N° 6. Diseño del Sistema Combinado	95
	Anexo N° 7. Diseño del Sistema TOHÁ	96
	Anexo N° 8. Camal Municipal de Calca y tratamiento de sus aguas residuales	98
	Anexo N° 9. Resultado del porcentaje de similitud según el Turnitin	100

Índice de tablas

Tabla 1 Validación de instrumentos	23
Tabla 2 Características iniciales del agua de camal	33
Tabla 3 Valores de DQO Inicial y al pasar por el sistema TOHÁ	36
Tabla 4 Valores de DBO ₅ Inicial y al pasar por el sistema TOHÁ	37
Tabla 5 Valores de SST Inicial y al pasar por el sistema TOHÁ	38
Tabla 6 Valores de DQO Inicial y al pasar por el Canal de Fitodepuración.	39
Tabla 7 Valores de DBO ₅ Inicial y al pasar por el Canal de Fitodepuración.	40
Tabla 8 Valores de SST Inicial y al pasar por el Canal de Fitodepuración.	41
Tabla 9 Valores de DQO Inicial y al pasar por el Sistema TOHÁ y el Canal de Fitodepuración.	42
Tabla 10 Valores de DBO ₅ Inicial y al pasar por el Sistema TOHÁ y el Canal de Fitodepuración.	43
Tabla 11 Valores de SST Inicial y al pasar por el Sistema TOHÁ y el Canal de Fitodepuración.	44
Tabla 12 Análisis de varianza para el DQO	45
Tabla 13 Análisis de varianza para el DBO ₅	46
Tabla 14 Análisis de varianza para el DBO ₅	48

Índice de gráficos y figuras

Figura 1 El diagrama de los mecanismos de trabajo en ecofiltros microbianos de lombrices (EML).	14
Figura 2 Diagrama del proceso de la investigación.	24
Figura 3 Dimensionamiento del Sistema TOHÁ.	25
Figura 4 Sistema TOHÁ.	25
Figura 5 Esquema de los lechos filtrantes.	26
Figura 6 Piedra de río y grava en el sistema TOHÁ.	26
Figura 7 Sistema TOHÁ culminado.	27
Figura 8 Dimensionamiento del Canal de Fitodepuración.	27
Figura 9 Canal de Fitodepuración culminado.	28
Figura 10 Canal de las aguas del Camal Municipal.	28
Figura 11 Toma de muestra del agua residual de Camal.	29
Figura 12 Mostras para los análisis de DBO ₅ , DQO Y SST.	29
Figura 13 Agua recolectada del Camal Municipal de Calca.	30
Figura 14 Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración.	31
Figura 15 A: Agua de Camal. B: Agua a la salida del sistema TOHÁ. C: Agua a la salida del Canal de Fitodepuración.	31
Figura 16 Resultado inicial de la DQO en relación a LMP.	34
Figura 17 Resultado inicial de la DBO ₅ en relación con LMP	34
Figura 18 Resultado inicial de SST en relación a LMP	35
Figura 19 Valores de DQO en el agua de Camal al pasar por el Sistema TOHÁ	36
Figura 20 Valores de DBO ₅ en el agua de Camal al pasar por el Sistema TOHÁ	37
Figura 21 Valores de SST del agua de Camal al pasar por el Sistema TOHÁ	38
Figura 22 Valores de DQO en el agua de camal al pasar por el Canal de Fitodepuración.	39
Figura 23 Valores de DBO ₅ en el agua de Camal al pasar por el Canal de Fitodepuración.	40
Figura 24 Valores de SST en el agua de camal al pasar por el Canal de Fitodepuración.	41
Figura 25 Valores de DBO ₅ en el agua de camal al pasar por el Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración.	42

Figura 26 Valores de DBO ₅ en el agua de Camal al pasar por el Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración.	43
Figura 27 Valores de SST en el agua de Camal al pasar por el Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración.	44
Figura 28 Probabilidad de DQO	46
Figura 29 Probabilidad de DBO ₅	47
Figura 30 Probabilidad de SST	48
Figura 31 Grava y Piedra de rio	96
Figura 32 Agregado de piedra de rio y grava al sistema TOHÁ	96
Figura 33 Piedra de rio en sistema TOHÁ a una altura de 30 cm.	97
Figura 34 Piedra de rio y grava en el Sistema TOHÁ.	97
Figura 35 Aserrín y lombrices de tierra (E. Fóetida).	98
Figura 36 Camal Municipal de Calca	98
Figura 37 Toma de muestra	99
Figura 38 Agua recolectada del Camal Municipal de Calca	99

RESUMEN

En este estudio el objetivo de la investigación fue determinar la eficiencia del sistema combinado de un canal de Fitodepuración con un relleno de turba orgánica de 60 %, arena 30 % y 10 % de grava, con 50 plántulas de totora (*Schoenoplectus californicus*) y el sistema de TOHÁ con 4 lechos filtrantes; lombrices de tierra (*Eisenia Fóetida*), antracita, grava y piedra de río. Se aplicó al tratamiento de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco, donde se observó sus características iniciales de DQO de 6215.2 mg/L, DBO₅ de 3955.4 mg/L y SST de 1491 mg/L estos parámetros sobrepasaban por mucho a los LMP estipulados por el MINAN (2010). Se realizaron un total de 4 réplicas, donde los parámetros a evaluar son DQO, DBO₅ y SST. Teniendo como resultado la eficiencia del sistema TOHÁ en la reducción de la DBO₅, DQO y SST fue superior a los 79 %, 77 % y 86 % respectivamente y al acoplarlo al Canal de Fitodepuración se tuvo un porcentaje de reducción superiores de DBO₅ de 94 %, DQO de 93 % y SST de 91 %. Se concluyó que la combinación de dos sistemas favorece en la reducción de DBO₅, DQO y SST teniendo mayores porcentajes.

Palabras clave: sistema TOHÁ, canal de Fitodepuración, DQO, DBO₅ y SST.

ABSTRACT

In this study, the objective of the research was to determine the efficiency of the combined system of a phytodepuration canal with a 60% organic peat fill, 30% sand and 10% gravel, with 50 cattail (*Schoenoplectus californicus*) seedlings and the TOHÁ system had 4 filter beds; earthworms (*Eisenia Fóetida*), anthracite, gravel and river stone. was applied to the treatment of wastewater from the Municipal Camal of the Province of Calca - Cusco, where its characteristics were observed. initial COD of 6215.2 mg / L, BOD₅ of 3955.4 mg / L and TSS of 1491 mg/L, these parameters far exceeded the MPL stipulated by MINAN (2010). A total of 4 replications were made, where the parameters to be evaluated are COD, BOD₅ and SST. As a result, the efficiency of the TOHÁ system in the reduction of BOD₅, COD and SST was higher than 79%, 77% and 86% respectively and when coupled to the Phytodepuration Canal there was a higher percentage of reduction of BOD₅ of 94%, COD of 93% and TSS of 91%. It was concluded that the combination of two systems favors the reduction of BOD₅, COD and TSS, having higher percentages.

Keywords: TOHÁ system, Phytodepuration channel, COD, BOD₅ and SST.

I. INTRODUCCIÓN

La eliminación de aguas residuales no tratadas tiene un impacto ambiental negativo en las vías fluviales receptoras, dependiendo de la concentración de contaminantes en el agua. Este problema también afecta a la salud humana al recurso flora y fauna de nuestro medio, problema que se ve reflejado a nivel mundial. En todo el mundo, al menos 2 000 millones de personas utilizan fuentes de agua potable contaminadas con heces. Se estima que más de 502 000 muertes por diarrea son causadas por la contaminación del agua potable cada año (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2019).

En nuestro país muchas personas desconocen los procesos de reutilización de las aguas residuales y sus beneficios potenciales, teniendo poco interés en tratar las aguas residuales antes de su descarga en algún cuerpo receptor. Problema que se ve reflejado en el aumento de la población y por el crecimiento económico ocasionando no solo contaminación de nuestros ríos, sino que también se pierden especies acuáticas endémicas conduciendo directamente a la extinción de la flora y fauna.

Se espera que aumente la contaminación de aguas residuales en el matadero, por motivo del consumo de carne a nivel mundial que en los próximos diez años será de 76 millones de toneladas y representará 16 % del aumento total del consumo de esta proteína, según (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación - FAO, 2020). Este incremento en la producción y consumo de carne causa un principal problema de contaminación de las aguas, al realizarse la descarga directa de las aguas residuales a cuerpos de agua; dañando el ecosistema acuático (flora y fauna), disminución de la calidad del agua y a futuro se genera conflictos sociales por el uso y la conservación de este recurso.

Las aguas residuales de los mataderos varían en la producción de efluentes y su composición debido al tipo de procesamiento como: carne de res, carne de oveja, aves de corral, etc. Los principales contaminantes son la sangre, heces, orina, grasas, residuos de alimentos y agua de

limpieza contribuyendo en altas cargas orgánicas, nitrógeno total, fosforo, grasas y solidos suspendidos principalmente.

El agua residual del camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco se descarga sin ningún tratamiento al rio Qochoc, contaminando el ecosistema acuático, y permitiendo además el crecimiento excesivo de algas, viéndose afectados un aproximado de 150 familias a lo largo del mencionado rio hasta su llegada al rio Vilcanota. El tratamiento de las aguas residuales de camal mejorará la calidad de vida de los residentes, pudiendo usar el agua del rio para sus diferentes actividades sin altas cargas de contaminación.

El Sistema TOHÁ es una alternativa ecológica al tratamiento de aguas residuales, busca optimizar la tecnología de manera sustentable para mejorar y reutilizar la aplicación de aguas residuales tratadas con fines agrícolas, de riego e industriales; además, ayuda a recuperar y reciclar recursos. Reducir el impacto en la salud y el medio ambiente.

Este nuevo sistema de tratamiento puede degradar todos los sólidos orgánicos presentes en las aguas residuales sin producir lodos inestables como otros sistemas de tratamiento. Solo necesita instalar una cámara de rejilla o canasta filtrante para retener sólidos inorgánicos, los cuales serán descargados incorrectamente a las aguas residuales y sólidos grandes, que puede obstruir el sistema de riego.

El Canal de Fitodepuración recibirá el agua tratada del Sistema TOHÁ y entrará en contacto directo con la totora (*Schoenoplectus californicus*), misma que ayudará en la eliminación de contaminantes orgánicos por ende en la purificación del agua residual esperando lograr valores por debajo de los LMP. Por lo tanto, el Canal de Fitodepuración será un gran complemento para el Sistema TOHÁ en el tratamiento de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca.

De lo mencionado líneas arriba se formuló el **problema general**: ¿Cuál es la eficiencia del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco - 2021? Y los

problemas específicos: ¿Cuáles son las características del agua residual proveniente del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021?, ¿Cuál es la eficiencia del Sistema TOHÁ en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021? Y ¿Cuánto se reduce la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de Calca al pasar por el Canal de Fitodepuración?

La investigación se justifica a nivel teórico, debido a que El Sistema TOHÁ permitirá que las personas naturales utilicen estos preciosos recursos para obtener ingresos económicos mediante la venta del humus producido por las lombrices. Generándose información importante sobre el tratamiento eficiente de las aguas residuales de Camal. A nivel ambiental, ya que es una alternativa ecológica y amigable con el medio ambiente, no produce malos olores, fácil de manejar y además genera humus como un subproducto. El humus se utilizaría como abono para cultivos orgánicos, que son más saludables y costosos. A nivel social, contribuirá en la mejora de la calidad de vida de la población afectada por este problema, disminuirán las enfermedades ligadas a aguas contaminadas y mejorará la calidad del medio ambiente.

Para la solución al problema general se planteó el siguiente **objetivo general:** Determinar la eficiencia del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021. Y los **objetivos específicos:** Caracterizar el agua residual proveniente del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021, Determinar la eficiencia del Sistema TOHÁ en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021. Y Determinar la eficiencia del Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021.

La hipótesis general es: La eficiencia del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas

residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021 son mayores a los 90 %. Y como hipótesis específica las características del agua residual proveniente del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021, superan el límite máximo permisible, La eficiencia del Sistema TOHÁ en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021, supera el 75 % y la eficiencia del Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de Calca, será de un 60 %.

II. MARCO TEÓRICO

Los antecedentes que se relacionaron con la investigación fueron:

En Chimbote, Bermúdez Timoteo (2019), su propósito fue tratar las aguas residuales del matadero municipal de Chimbote, para ello se ha establecido un sistema de prueba con dimensiones: largo 0.45 m, ancho 0.25 m y alto 0.30 m. Hay varias capas en la parte inferior de piedras grandes, luego grava con un diámetro de 3 cm, luego grava con un diámetro de 1 cm, finalmente aserrín y gusanos en la parte superior. Aunque este estudio logró resultados satisfactorios en términos de tasa de remoción de contaminantes, el valor sigue siendo superior al valor máximo permitido de la norma peruana. La conclusión es que el filtro biológico puede eliminar eficazmente los siguientes parámetros: tasa efectiva de demanda biológica de oxígeno (DBO_5) 81.36 %, demanda química de oxígeno (DQO) 80.82 % y tasa efectiva de sólidos suspendidos totales (SST) 97.77 %.

Según Lozada et al. (2019), El propósito de su investigación fue evaluar la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) en las aguas residuales a través de filtros biológicos. En las condiciones experimentales, se diseñó un sistema de filtrado de lombrices, que se divide en cuatro capas: aserrín, grava, arena y carbón. La concentración de DBO_5 medida en el colector (320.3 mg L^{-1}) y el filtro de lombriz (121.8 mg L^{-1}) excedió el límite establecido por la norma reguladora peruana. Según la prueba t-Student, existe una diferencia estadística entre las concentraciones ($p < 0.05$). Aunque no alcanzó el nivel recomendado, se redujo en aproximadamente un 40 % en las condiciones encontradas.

En Chachapoyas, Saboya Rios (2017), determino la eficiencia del método del lombifiltro para eliminar los contaminantes en las aguas residuales domésticas El método utiliza dos especies. (*Lumbricus terrestris*) y lombriz roja de California (*E. Fóetida*), utilizó dos estructuras de cuatro pisos para construir dos estructuras de madera (piedra maciza, grava, grava fina y aserrín, cada una con el gusano mencionado). Para determinar la

eficiencia del sistema se analiza la concentración de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales que ingresan al proceso de tratamiento. La conclusión es que la especie *E. Fóetida* reduce la DBO₅ en un 92 %, 86 % DQO, 78 % NT, 84.4 % turbidez y 93 % pH. A diferencia de *Lumbricus Terrestris*, su DBO₅ se reduce en 91 % y DQO en 84 %, 77 % NT, 83 % de turbidez y 93 % de pH. En este estudio, la especie *E. Fóetida* fue más eficiente que la especie viva *Lumbricus Terrestris* (esta última alcanzó el 85%) en la eliminación de contaminantes de las aguas residuales domésticas, con un promedio de 87 %.

Díaz Revilla y Zafra Olano (2018), implementaron un sistema de prueba basado en un sistema de filtrado de lombrices, que se basa en un sistema de filtrado de lombrices de seis capas para el tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajamarca. Una capa de rocas de río, luego grava, piedra pómez, carbón, arena fina y la última capa es aserrín de lombriz. Los parámetros analizados son la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda biológica de oxígeno (DBO₅) El resultado satisfactorio de eliminar DBO₅ es del 96 % y la DQO efectiva del 94 %. Llegaron a la conclusión de que el filtro de lombrices es muy eficaz en el tratamiento de aguas residuales, es un sistema atractivo para el medio ambiente, fácil de operar y con muchas ventajas.

En Lima, Quispe Pulido (2018), Evaluó la eficiencia de dos filtros biológicos en el tratamiento de los sistemas de aguas residuales domésticas, para ello utilizó métodos empíricos de muestreo no probabilístico y diseño experimental, por lo que implementó dos filtros biológicos, el primero El sistema (SB1) consta de un canal compuesto por pasto grueso, fosas sépticas, humedales subterráneos con flujo vertical (HSSFV) y humedales superficiales (HS), y un segundo sistema de filtración biológica (SB2), que consta de canales de engrosamiento, sépticos Estanque, filtro de lombrices y composición del humedal de superficie, *Cyperus papyrus* (papiro en HSSFV) y *Alocasia macrorrhiza* (patas), *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) en el virus HS y *E. Fóetida* (rojo en el filtro de lombrices) Gusano de California. El estudio se realizó

dentro de las 5 semanas. Se extraen las siguientes conclusiones: SB1 elimina SST, DBO₅ y CT de manera más eficiente, que son 95.71 %, 91.55 % y 99.87 %, respectivamente. Al mismo tiempo, el valor de SB2 es 90.33 %, 91.23 % y 97.28 % respectivamente. Cabe mencionar que, en cuanto a los resultados de los parámetros de análisis, ambos biofiltros cumplen con los estándares de calidad ambiental de la normativa peruana.

En Huancavelica, Huiza Cayetano y Ordoñez Cayetano (2018), determinaron la eficiencia del filtro de lombrices mediante el uso de tecnología de pared caliente para tratar las aguas residuales domésticas. Para este propósito, la capa estructural del sistema fue: bolones, grava, losas, aserrín, lombrices de California de la especie *E. Fóetida* y corteza de tallo. Debido a la baja temperatura en esta ubicación, la lombriz entrará en estado inactivo y la eficiencia se reducirá considerablemente. Para resistir el frío, implementaron una tecnología de pared caliente para aumentar la temperatura en el sistema, de modo que la lombriz tenga mayor rendimiento y actividad. La conclusión es que el filtro de lombrices puede eliminar eficazmente contaminantes, como los coliformes resistentes al calor y la DBO₅, con tasas de eliminación de hasta 53.25 % y 62.50 %, respectivamente. El tiempo de retención de agua es de 2 horas.

Valle (2017), determinó la eficiencia del Sistema acoplado de humedal artificial y lombrifiltro (SAHL) en el tratamiento de las aguas grises. La eficiencia de remoción de contaminantes fue del 74 % de Turbiedad, 91 % de Sólidos suspendidos totales, 36 % de Demanda química de oxígeno y 28 % de la Demanda bioquímica de oxígeno. Se concluyó finalmente que el SAHL tiene mayor eficiencia de remoción en la Turbiedad y Sólidos suspendidos Totales y menor en los parámetros de Demanda bioquímica de oxígeno y Demanda química de oxígeno.

Según Lourenço y Nunes (2017), realizó la optimización de un proceso de vermifiltración para el tiempo de retención hidráulica (HRT), la tasa de carga hidráulica (HLR) y la tasa de recirculación (R), la tasa de carga orgánica (OLR), la abundancia de lombrices de tierra y el tipo de reactor

en la eliminación de materia orgánica de las aguas residuales urbanas utilizando un pequeño -Proceso de vermifiltración a escala que comprende sistemas de vermifiltración (VF) de una sola etapa y de cuatro etapas. Todos los módulos del reactor fueron hechos de PVC con un volumen total de 25 L utilizando vermicompost como material filtrante y arena de cuarzo y grava como filtro inerte. El rendimiento del sistema se evaluó mediante las eficiencias de eliminación de DBO₅, tCOD, sCOD, pCOD, TSS y NH₄⁺. En el estudio de lombrices de tierra, se evaluaron cuatro abundancias: 10 g L⁻¹ (W10), 20 g L⁻¹ (W20), 30 g L⁻¹ (W30) y 40 g L⁻¹ (W40). En el VF de cuatro etapas, la abundancia de lombrices de tierra evaluada fue de 20 g L⁻¹. W20 demostró ser la condición de tratamiento óptima con eficiencias para DBO₅, tCOD, pCOD, TSS y NH₄⁺ de 97.5 %, 74.3 %, 91.1 %, 98.2 % y 88.1 %, para una relación pCOD/tCOD de 0,20. La FV secuencial de cuatro etapas promovió una disminución de DBO₅ (98.5 %), tCOD (74.3 %), pCOD (86.7 %), TSS (96.6 %) y NH₄⁺ (99.1 %). Los resultados mostraron que, en comparación con el sistema fotovoltaico de una etapa, el sistema fotovoltaico secuencial puede mejorar significativamente la eficiencia de procesamiento.

Manrique Delgado y Piñeros Castañeda (2016), evaluaron los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), aceite, pH, sólidos sedimentables (SSEV) y sólidos suspendidos totales (SST). También cuantificado al principio y al final del experimento. El sistema de depuración biológica con *E. Fóetida* está construido con vidrio a nivel de laboratorio. El vidrio mide 20 cm de largo y 25 cm de ancho. Consta de 4 lechos filtrantes, algunos de los cuales el papel de filtro es la mejor opción 1: 2: 1: 1. Una capa de 5 cm de aserrín se combina con 150 lombrices (*E. Fóetida*) en una proporción de 3: 1: 1, la segunda capa de 10 cm de antracita 18 tiene un diámetro de 0.2 cm y la tercera capa de 5 cm de grava tiene un diámetro de 0.4 cm. La capa es una roca de río con un diámetro de 5 cm y un diámetro de 0.7 cm. Al mismo tiempo, se construyó un filtro geológico similar, pero la diferencia es que la primera capa no lleva gusanos. Llegaron a una conclusión sobre

el porcentaje de remoción de DQO. 21 días después del inicio del experimento, el valor máximo en el filtro de lombriz fue de 79.56 %, mientras que a los 7 días el valor máximo en el filtro peristáltico fue de 55.18 %, pero en ambos sistemas. Una vez que se obtiene la máxima cantidad de remoción, el contenido de materia orgánica aumenta debido al arrastre del sustrato al agua residual. En relación al valor de la muestra sin tratar, no se obtiene la reducción de materia orgánica en DBO.

Según Sinha, Bharambe y Chaudhari (2008), evaluaron la tasa de eliminación de DBO (DBO_5) a 5 días supera el 90 %, la tasa de eliminación de DQO alcanza el 80 % - 90 % y la tasa de eliminación de sólidos disueltos totales (SDT) alcanza el 90 % - 92 %, y la suspensión total puede formar sólidos en el 90 % - 95 % de las aguas residuales a través del mecanismo general de "ingesta" y la biodegradación de desechos orgánicos, metales pesados y sólidos en las aguas residuales, y el mecanismo general de "absorción". "a través de la pared del cuerpo por Mejorar la conductividad hidráulica y la ventilación natural granulando partículas de arcilla. También muelen partículas de polvo y arena para aumentar la superficie específica total, mejorando así la capacidad de "absorber" sustancias orgánicas e inorgánicas en las aguas residuales. El fortalecimiento y aireación del proceso del suelo hace que el sistema de estabilización y filtración del suelo sea más eficiente y más pequeño. Los sólidos en suspensión se atrapan en la parte superior del filtro peristáltico, se procesan mediante el proceso y luego se alimentan a los microorganismos del suelo fijados en el filtro peristáltico. No se forman lodos durante este proceso, por lo que se requieren costos adicionales para la eliminación en vertederos. Este también es un proceso inodoro: el agua filtrada producida se limpia y desinfecta lo suficiente como para ser utilizada para riego agrícola, jardines y parques.

De acuerdo a Li et al. (2009), evaluaron las tasas de eliminación de contaminantes en escalas pequeñas y piloto de un lombrifiltro para pruebas a corto plazo. Sin embargo, los impactos de la temporada, la temperatura u otros factores desconocidos generalmente no se tienen en

cuenta. En este estudio, se diseñó un vermifiltro más grande para tratar las aguas residuales a escala de aldea para una operación a largo plazo. La composición del material del filtro se optimizó mediante una experimentación de medio año. Los efectos del tratamiento de la vermifiltración también se compararon con el proceso tradicional de lodos activados para las mismas aguas residuales afluentes. Los resultados mostraron que el sistema de percolación diseñado puede tratar continuamente las aguas residuales producidas por más de 100 residentes todos los días. La concentración de DQO, DBO₅ y SS en el flujo de salida fue bastante estable a pesar de la fluctuación de la tasa de carga hidráulica y la entrada orgánica durante la prueba de un año. También puede eliminar N y P hasta cierto punto. Un diseño de suspensión del lecho del vermifiltro provoca un contenido de oxígeno adecuado en la salida del vermifiltro. La prueba comparativa mostró que la eficacia del tratamiento de la vermifiltración fue similar a la del proceso de lodos activados. Generalmente, este sistema de vermifiltración tiene un valor de aplicación práctica para el tratamiento de aguas residuales de las aldeas.

Ramón, Alejandro y Castillo (2015), utilizaron el sistema de depuración de TOHÁ como un sistema de depuración de aguas residuales para la ciudad de Pamplona. Este proceso incluye el uso de tierra (astillas de madera y E. Fóetida) para el tratamiento y el tratamiento de las aguas residuales. Filtrar en carbón activado. Lecho y lecho de grava, de modo que el agua que gotea entre los lechos se oxida. Finalmente, se toman muestras de las aguas residuales a lo largo del gran lecho rocoso del río y un tanque de agua. Los parámetros analizados son: DQO, DBO₅, sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos suspendidos volátiles (SSV). Concluyeron que la eficiencia del sistema para reducir la carga orgánica de las aguas residuales 180 días después del inicio del filtro de lombrices excedía el 92.06 % y la eficiencia alcanzó el 89.5 % a los 33 días del inicio del filtro de lombrices.

Dhadse et al. (2010), estudiaron las aguas residuales farmacéuticas a base de hierbas poseen una alta demanda química de oxígeno (DQO) (21 960 mg/L – 26 000 mg/L) y una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (11 200 mg/L – 15 660 mg/L) y sólidos en suspensión (SS) (5 460 mg/L – 7 370 mg/L). No se puede descargar directamente en cuerpos de agua superficiales debido a su naturaleza altamente biodegradable. Las aguas residuales farmacéuticas a base de hierbas se han tratado mediante el uso de vermifiltro, que es un ecosistema formado por biooil con bacterias y lombrices de tierra que producen vermicastings. En los presentes estudios se ha aplicado un método rentable, ecológico y sostenible para el tratamiento de aguas residuales farmacéuticas a base de hierbas utilizando lombrices de tierra. Los estudios se realizaron a diferentes cargas orgánicas, que oscilan entre 0.8 y 3.2 kg COD/m³ día a tres cargas hidráulicas diferentes de 1, 2 y 4 días. Para los experimentos se utilizaron vermifiltros empaquetados con una proporción 1: 1: 1 de suelo, arena y vermicast como matriz de medio junto con las veinte lombrices de tierra adultas en cada reactor. El efluente tratado no tenía color ni olor. Se obtuvieron eliminaciones eficientes de DQO/DBO en el rango de 85.44 % - 94.48 % y 89.77 % - 96.26 %, respectivamente, a 2 días de tiempo de retención hidráulica (TRH). También se observaron remociones de metales pesados y no se encontró ningún problema de producción de lodos, solo se eliminó y analizó el vermicast rico en nutrientes de los filtros después de los experimentos. Mostró un valor de abono más alto que el control en términos de nitrógeno disponible, fósforo y potasio (NPK) y estuvo en el rango de 178.75 a 278.75 kg/hectárea de nitrógeno disponible, 16.128 a 50.4 kg/hectárea de fósforo disponible y 19.3 a 28.6 kg/hectárea. de potasio disponible a máxima TRH y a diferentes cargas orgánicas.

Xing, Li y Yang (2010), estudiaron un sistema de vermifiltro relleno de arenas de cuarzo y ceramsite (arena de fundición artificial) para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Donde lograron un buen rendimiento del vermifiltro y las tasas de eliminación fueron DQO (47.3 – 64.7 %), DBO₅ (54.78 – 66.36 %), SS (57.18 – 77.90 %), TN (7.63 – 14.90

%) y $\text{NH}_4\text{-N}$ (21.01 – 62.31 %), respectivamente. El incremento de la carga hidráulica conduce a una disminución de la eficiencia del tratamiento y una disminución del número de lombrices adultas. Además, las actividades de proteasa, fosfatasa alcalina (FA) y celulasa en el gusano disminuyeron, pero con el aumento de la carga hidráulica, aumentó la aplicación de superóxido dismutasa (SD) y catalasa (CAT). El análisis de correlación mostró eso con los más pequeños. Por el contrario, una gran cantidad de 0.3 puede desempeñar un papel más activo en el tratamiento de aguas residuales con filtro vertical. Las actividades enzimáticas de las lombrices de tierra tuvieron una correlación significativa con la eficiencia del tratamiento de DQO y DBO_5 por vermifiltro. Por lo tanto, existe una relación importante para la dinámica de la población de lombrices de tierra y las actividades enzimáticas con las tasas de eliminación de DQO y DBO_5 de las aguas residuales domésticas mediante vermifiltro.

Tomar y Suthar (2011), construyeron un reactor de vermi-biofiltración a pequeña escala utilizando humedales artificiales de flujo subterráneo vertical (VSFCW) con la ayuda de lombrices de tierra locales *Perionyx sansibaricus*. La hierba de coco: *Chipre rotundus* (densidad 0.14 plantas/pulgada²) se utilizó para construir VSFCW. Otro reactor sin lombrices de tierra actuó como control experimental. El agua residual fue tratada a través de este sistema por un total de ocho ciclos repetitivos y después de cada ciclo los cambios de pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (TDS) y sólidos suspendidos totales (TSS), demanda química de oxígeno (DQO), Se midieron NO_3^- y PO_4^{3-} del agua. La vermi-biofiltración provocó una disminución significativa en el nivel de TSS (88.6 %), TDS (99.8 %), DQO (90 %), NO_3^- (92.7 %) y PO_4^{3-} (98.3 %). Hubo aproximadamente un 38.8, 20.8, 80.6, 50.8 y 144.6% más de eliminación de TSS, TDS, NO_3^- , PO_4^{3-} y DQO, respectivamente en la vermi-biofiltración que en el control. Por lo tanto, los resultados sugirieron que el sistema de biofiltración de alimañas es más eficiente que VSFCW en términos de eficacia de eliminación de contaminación. Sin embargo, este trabajo proporciona una idea preliminar del uso de lombrices de tierra en el sistema de tratamiento de aguas residuales y se requieren más estudios

detallados sobre algunos temas clave (por ejemplo, tasa de carga, impactos de alternancia de flujo y densidad de población de lombrices de tierra) de este sistema.

En la investigación de Sinha et al. (2012), realizaron las operaciones en agua residual extremadamente tóxica de la industria del petróleo. Contenía una mezcla de hidrocarburos de petróleo volátiles alifáticos y aromáticos (C10 - C36) y organoclorados procedentes de los líquidos refrigerantes, aceite de motor y engranajes de desecho, líquido de frenos y transmisión de desecho, grasa, gasolina derramada y gasoil. El compuesto tBME ha generado preocupación mundial recientemente debido a su alta movilidad y persistencia en el medio ambiente y su posible carcinogenicidad. Aproximadamente 1000 lombrices de tierra (especie *E. Fóetida*) fueron liberadas en el suelo del lecho de vermifiltros. No solo toleraron y sobrevivieron en el ambiente tóxico del petróleo, sino que también biofiltraron y biorremediaron las aguas residuales de petróleo de color marrón oscuro con un olor acre en agua de color amarillo pálido e inodoro que indica la desaparición de todos los hidrocarburos tóxicos. Los hidrocarburos C10 - C14 se redujeron en un 99.9 %, los C15 - C28 en un 99.8 % y los C29 - C36 en un 99.7 % por las lombrices de tierra.

Según Jin, Li y Li (2016), estudiaron la mejora del sistema ecológico de los humedales para ello, introdujo la *E. Fóetida* para agregar el eslabón de la cadena alimentaria, fortalecer el vínculo de los animales acuáticos, educó la conclusión: La *E. Fóetida* puede mejorar la condición del oxígeno disuelto cuando la carga hidráulica es de $0.3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ d})$, la concentración promedio de efluente de DQO, TN y TP son 41.02 mg/L, 4.59 mg/L, 12.58 mg/L y 0.44 mg/L respectivamente.

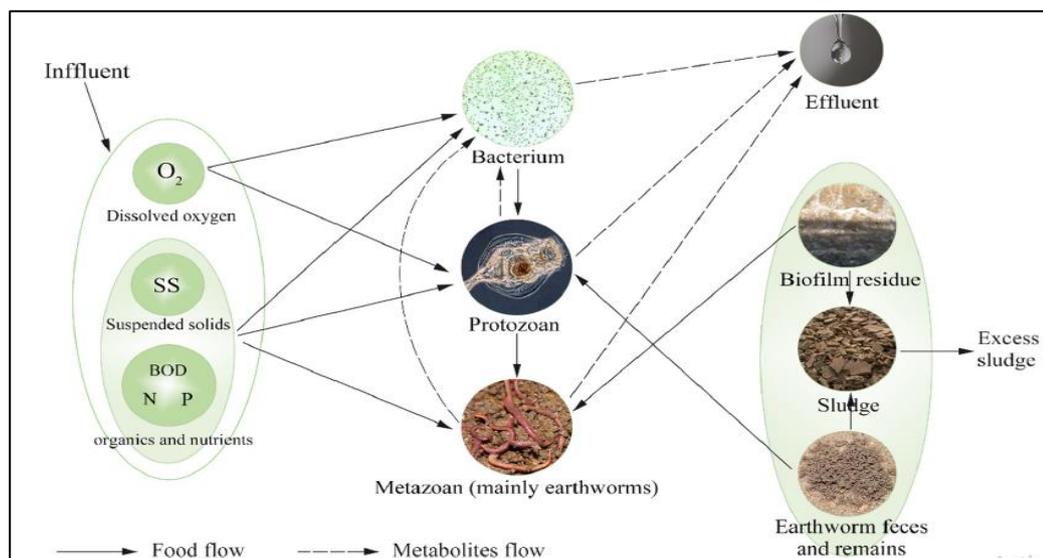
Los alcances teóricos se describen en párrafos siguientes, los cuales sirvieron como sustento en el desarrollo de la investigación.

La vermifiltración o conocido como sistema TOHÁ como lo describe Lourenço (2014), es un proceso que trata las aguas residuales a un costo bajo; se basa la estimulación microbiana, biodegradación y reacciones de

oxidación que se llevan a cabo por la acción de las enzimas, presentes en el vermicompostaje filtros percoladores. Los sólidos orgánicos e inorgánicos disueltos y suspendidos son capturados por la adsorción y estabilización del complejo proceso de biodegradación que ocurre en el empaque del filtro, y luego son utilizados por microorganismos.

Los ecofiltros microbianos de lombrices (EML) de tierra son un sistema de ingeniería natural de acuerdo a Domínguez (2004), que se inocula con el sistema tradicional de vermicompostaje en un proceso pasivo de tratamiento de aguas residuales utilizando potenciales de lombrices de tierra. En los EML, los microorganismos son responsables de la degradación bioquímica de los materiales de desecho en las aguas residuales, mientras que las lombrices de tierra degradan y homogeneizan el material mediante acciones musculares de su intestino anterior y agregan moco al material ingerido, acondicionando así el medio filtrante y mejorando su actividad biológica.

Mientras tanto, las lombrices de tierra pueden modificar la comunidad microbiana directa o indirectamente mediante tres modos principales: trituración, excavación y vaciado; pasto; dispersión (Brown 1995). En general, los principios de funcionamiento de los EML se pueden ilustrar en la Fig.1.



Fuente: (Jiang et al. 2016)

Figura 1 El diagrama de los mecanismos de trabajo en ecofiltros microbianos de lombrices (EML).

Según Arora et al. (2014), las lombrices de tierra y los microorganismos cooperan para ingerir y biodegradar los desechos orgánicos y los contaminantes presentes en las aguas residuales. Su acción mejora la permeabilidad del filtro, aumentando la degradación de la materia orgánica, promoviendo así altas eficiencias de remoción de DBO₅, DQO y TSS de las aguas residuales.

La historia del sistema TOHÁ fue estudiada por Wang et al. (2016), quienes mencionan que técnicamente, implica la acción conjunta de lombrices y microorganismos (simbiótica y sinérgicamente), donde la lombriz homogeneiza los contaminantes orgánicos presentes en las aguas residuales, aumentando así la superficie que es más favorable para la actividad microbiana y una mayor degradación, este sistema fue defendido por primera vez por el Prof. José TOHÁ de la Universidad de Chile en 1992 y se ha demostrado que es una tecnología alternativa ya que es un proceso rápido, casi inodoro que produce un efluente estable, desinfectado, desintoxicado y altamente nutritivo. Es una tecnología descentralizada económica y ambientalmente preferida en comparación con otros procesos biológicos como fosas sépticas, tratamiento de lodos activados fijos, filtro de arena recirculante, filtros percoladores, contactor biológico giratorio, etc.

El diseño y modelo del sistema TOHÁ fue estudiado por Quille (2019), quien menciona que este está basado en la acción del balance másico dónde está considerado la cantidad de lombrices capaces de cohabitar en un área determinada, además de la cantidad de materia orgánica que sean capaces de digerir estas lombrices y finalmente de un índice de riego máximo que soporte el lecho con el fin de que las lombrices no mueran por falta de oxigenación, las cuales corresponden a 1m³/m²/día, los autores también mencionan que el área requerida (A) puede ser calculado con el caudal (Q) y al asumir un índice o tasa de riego (TRiego) como se muestra en la ecuación siguiente:

$$T_{Riego} = \frac{Q}{A} \leq 1\text{m}^3/\text{m}^2/\text{día}$$

La eficiencia del tratamiento TOHÁ fue estudiado por López Calva (2015), quien mostró los niveles de remoción para DBO en 95 %, para sólidos totales en 95 %, para sólidos suspendidos volátiles en 93 %, para grasas y aceites en 80 %, para nitrógeno total en un rango entre un 60 % a 80 %, para fósforo total en un rango entre 60 % a 70 % y para coliformes fecales en 99 %.

De acuerdo a Manyuchi, Kadzungura y Boka (2013), el sistema TOHÁ se utiliza para el tratamiento de aguas residuales con la especie de lombriz de tierra *E. Foétida*. El intestino de las lombrices de tierra actúa como un biorreactor y redujeron las aguas residuales sólidas y los desechos orgánicos líquidos mediante la ingestión y expulsándolos como vermicompost, también elimina los metales pesados, los desechos orgánicos sólidos y líquidos de las aguas residuales mediante la acción de las lombrices de tierra. Se han utilizado varias especies de lombrices de tierra en la vermifiltración de aguas residuales municipales.

Sinha, Bharambe y Bapat (2007), menciona que el cuerpo de las lombrices de tierra funciona como un filtro biológico y se ha descubierto que las lombrices de tierra reducen la demanda biológica de oxígeno (DBO_5), la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos disueltos totales (TDS), los sólidos totales disueltos y suspendidos (TDSS) y la turbidez de aguas residuales.

Los canales de Fitodepuración fue estudiado por Olguín (2003), menciona que la Fitodepuración es una técnica de tratamiento natural que reproduce procesos de purificación natural en un ambiente controlado, combinando el uso de bacterias y plantas dentro de cuencas artificiales poco profundas (humedales artificiales, HA) a menudo llenas de material inerte y alimentadas con plantas acuáticas que reproducen los procesos naturales de purificación típicos de zonas húmedas.

Según Petroselli et al. (2015), básicamente, los canales de Fitodepuración son sistemas diseñados para reproducir los procesos naturales que involucran la vegetación de los humedales, los suelos y los microorganismos asociados con el objetivo de tratar las aguas residuales

y, a veces, utilizar los efluentes tratados como fuente de agua para la mejora ambiental.

Análisis medioambiental-económico de los EML para el tratamiento de aguas residuales según Sinha et al. (2010). Un uso exitoso de los MEE en los países en desarrollo puede radicar en el hecho de que este sistema podría cumplir con muchos requisitos además de la alta eficiencia del tratamiento, tales como bajo costo, fácil mantenimiento y baja producción de lodos. Por tanto, es necesario prestar atención al análisis económico-medioambiental. Una serie de estudios previos indicó que los MEE tenían una ventaja aparente en los costos en comparación con las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) convencionales, ya que las lombrices de tierra podían manejar las aguas residuales sin el complemento de energía externa.

De acuerdo a Jiang et al. (2016), dado que los EML desempeñan un papel clave en el control de la contaminación, comprender los factores que influyen se considera fundamental para mejorar la eficacia del tratamiento. Recientemente, los factores de influencia de los EML se han discutido en la literatura junto con varias aplicaciones de EML. En particular, los factores como la carga y la especie de lombriz, el tipo de medio filtrante, los factores químicos, la tasa de carga hidráulica (HLR) y la temperatura estacional pueden ser cruciales para establecer un EML viable y lograr un rendimiento de tratamiento más favorable.

Los canales de Fitodepuración han demostrado ser eficientes para eliminar sustancias químicas y organismos biológicos de las aguas residuales civiles e industriales y también en la eliminación de metales pesados tóxicos y elementos radiactivos de aguas contaminadas tal como lo menciona en su investigación Guo et al. (2014); De todos modos, la literatura reciente mostró que la eficiencia de depuración en tales sistemas ha demostrado ser sensiblemente variable, con una eficiencia total de remoción de nitrógeno que varía del 11 % hasta más del 90 % y una eficiencia total de remoción de fósforo que varía del 26.7 % al 61.4 % (Kuschik et al., 2003).

Según Xu, Li y Howard (2013), los canales de Fitodepuración aplicadas después del sistema TOHÁ es una forma de ayudar al vermifiltro en el proceso de tratamiento. Algunos problemas de diseño y funcionales ya se han resuelto al plantar macrófito en vermifiltro o al crear sistemas después del proceso TOHÁ. Los experimentos de laboratorio y a escala piloto de plantar macrófitas en zanjas o en vermifiltro o insertar lombrices de tierra en humedales artificiales ya se han realizado y todavía se están realizando. El rendimiento general del sistema también aumenta, así como la vida útil del filtro. Los macrófitos también eliminan los compuestos orgánicos, el nitrógeno y el fósforo de las aguas residuales y facilitan el trabajo de las lombrices de tierra.

La materia orgánica biodegradable en las aguas residuales se expresa como DBO (demanda bioquímica de oxígeno) tal como lo expresan Sinha, Bharambe y Bapat (2007), es la cantidad de oxígeno necesaria en un volumen específico de aguas residuales para descomponer el material orgánico por los microbios aeróbicos. Por lo tanto, la DBO representa la cantidad de oxígeno consumida por bacterias y otros microorganismos mientras descomponen la materia orgánica en condiciones aeróbicas a una temperatura específica. El período de prueba de oxidación estándar para DBO es de cinco días a 20 °C. Cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica (contaminantes) en el agua, mayor es la DBO. Si hay más contaminantes orgánicos en el agua, las bacterias aeróbicas consumirán más oxígeno disuelto (OD) de las aguas residuales para descomponer el material orgánico, agotando así el oxígeno disuelto del agua. esto afectaría seriamente la supervivencia de todos los organismos acuáticos cuando dichas aguas residuales se vierten al medio ambiente (ríos, lagos, arroyos, océanos). La DBO se mide en ppm (partes por millón) o mg/L (miligramos por litro).

Sinha, Bharambe y Bapat (2007), mencionan que muchas sustancias orgánicas, que son difíciles de oxidar biológicamente por microbios aeróbicos, o que son tóxicas para los microorganismos, como la lignina, pueden oxidarse químicamente utilizando un agente oxidante fuerte como

el dicromato (Cr_2O_7) en medios ácidos. La DQO es la medida del oxígeno equivalente del material orgánico en las aguas residuales que se puede oxidar químicamente a dióxido de carbono, amoníaco y agua en presencia de agentes oxidantes fuertes usando dicromato (Cr_2O_7) en solución ácida. Puede producirse un valor alto de DQO debido a la presencia de sustancias inorgánicas en las aguas residuales con las que solo puede reaccionar el dicromato.

Los sólidos suspendidos totales en las aguas residuales consisten en partículas orgánicas e inorgánicas y pueden suspenderse o disolverse. En aguas residuales moderadamente concentradas, aproximadamente el 75 % de los sólidos en suspensión y el 40 % de los sólidos filtrables son de naturaleza orgánica. Proporcionan sitios de adsorción para contaminantes químicos y biológicos. Como los sólidos en suspensión se degradan biológicamente, pueden crear subproductos tóxicos. Los sólidos en suspensión en las aguas residuales afectan directamente la turbidez. Los SST se mide en ppm o mg/L (Sinha, Bharambe y Bapat, 2007).

Según Manahan (1984), es bien mencionado que el 75 % de la tierra está cubierta por agua, pero hoy en día la mayoría de los suministros de agua están contaminados. En muchas áreas industrializadas, por ejemplo, una gran cantidad de aguas residuales no tratadas se descargan en la corriente de agua. El suministro de agua contaminada ha causado problemas a los humanos para encontrar agua potable limpia, porque a lo largo de la historia, la calidad del agua potable se ha convertido en un factor determinante del bienestar humano. Por lo tanto, las fuentes de agua antihigiénicas no solo son una molestia para los seres humanos, sino que también son una amenaza para las vidas acuáticas.

Las aguas residuales según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014), se definen como aquellas aguas que presentan cierta alteración en su composición originaria, en muchos casos esto se debe a los vertimientos realizados luego de realizados los procesos industriales o en muchos casos después de las actividades humanas y dada esta tóxica composición requieren de un tratamiento previo antes de ser

vertidas a un cuerpo receptor de agua o en su defecto a alguna alcantarilla.

De acuerdo a Scholz (2016), normalmente, las aguas residuales sin tratar contienen 99.9 % de agua y 0.1 % de sólidos. El proceso de tratamiento de aguas residuales consiste fundamentalmente en separar los sólidos del agua. El tratamiento de sólidos y lodos constituye un área importante y costosa del tratamiento de aguas residuales. Las impurezas en las aguas residuales se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Sólidos flotantes o suspendidos (por ejemplo, papel, trapos, arena y sólidos fecales)
- Sólidos coloidales (por ejemplo, orgánicos y microorganismos)
- Sólidos disueltos (por ejemplo, sales orgánicas e inorgánicas)
- Gases disueltos (por ejemplo, sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono).

Estas impurezas se eliminan de las aguas residuales mediante operaciones o procesos que son de naturaleza física, química o biológica. Las operaciones físicas dependen de las propiedades físicas de la impureza para una eliminación eficiente (por ejemplo, cribado, filtración y sedimentación). Las operaciones químicas dependen de las propiedades químicas de la impureza y utilizan las propiedades químicas de los aditivos para una eliminación eficiente (por ejemplo, coagulación, precipitación e intercambio iónico). Los procesos biológicos comprenden reacciones bioquímicas y / o biológicas para eliminar impurezas orgánicas solubles o coloidales (por ejemplo, filtros de filtración y lodo activado).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo, diseño y nivel de la investigación

El tipo de investigación fue aplicado, según menciona el autor Hernandez, Fernandez y Baptista (2014), este tiene como objetivo la búsqueda de respuestas a específicos problemas, los cuales se deben de identificar en un área de estudio el cual será sometido a investigación, además menciona que este tipo de investigación relaciona los problemas específicos con el general y con el interés del investigador por resolver los problemas presentados.

El experimento se realizó aplicando un diseño experimental de bloques completamente aleatorizado (DBCA) con réplicas de acuerdo a lo planteado por Gulbrandsen (2014). El experimento consistirá en un sistema combinado (Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración) en donde se tratarán aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco, evaluando los siguientes parámetros DBO₅, DQO y SST, los tratamientos tendrán 4 réplicas cada uno, teniendo un total de 27 pruebas experimentales.

El nivel de investigación para el presente estudio fue explicativo, que según Hernandez, Fernandez y Baptista (2014), este nivel responde las causas de un suceso y determina el comportamiento de las variables dependientes en función de otras variables, las cuales son llamadas independientes.

3.2. Variables y Operacionalización

Las variables de investigación fueron:

- **Variable independiente**
Eficiencia del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración
- **Variable dependiente**
Reducción de la DBO₅, DQO y SST

Operacionalización

En el anexo 2, se presenta la matriz de operacionalización de variables

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

Población

Es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación (Luis 2004). En el estudio la población fue las aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco, los cuales fueron sometidos a los sistemas TOHÁ y Canal de Fitodepuración; con un caudal de 0,075 L/min.

Muestra

Es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación (Luis 2004). El tamaño de muestra fue 27 litros de agua, determinada para los análisis previos al tratamiento y posteriores a ellos) provenientes del camal Municipal de la provincia de Calca.

Muestreo

Es el método utilizado para seleccionar a los componentes de la muestra del total de la población (Luis 2004). El muestreo de las aguas residuales provenientes del camal Municipal de la provincia de Calca fue del tipo aleatorio simple.

Unidad muestral

Es el elemento o conjunto de elementos que se seleccionan en una etapa del muestreo (Luis 2004). La unidad de análisis fue de 1 L para el estudio de DQO, DBO₅ y SST.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica aplicada para la investigación fue la observación, la cual permitió la interacción del investigador con el estado actual de las aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia

de Calca – Cusco que serán sometidas a tratamiento mediante los Sistemas TOHÁ y Canal de Fitodepuración.

Se emplearon como instrumentos 4 fichas de recolección de datos que se detallan en el anexo 3:

- Ficha 1: Descripción del área de investigación
- Ficha 2: Cadena de custodia
- Ficha 3: Caracterización del agua de camal
- Ficha5: Caracterización del agua tratada.

Validez de instrumento

La validez del trabajo permitió al instrumento medir los parámetros químicos. Además, incluyó la noción experimental y determinó si los resultados que se obtuvieron mediante los análisis cumplen con los requisitos del método científico. En el trabajo de investigación se realizó la aplicación de la validez por contenido.

Para que el instrumento de la presente investigación sea confiable, fue validado y aprobado por el juicio de tres profesionales especialistas (Tabla 1), en defecto ingenieros colegiados y conocedores de la materia. La confiabilidad se demostró con las fichas de recolección de datos, para un mayor sustento a la investigación.

Tabla 1 Validación de instrumentos

Especialistas	Cargo/Profesión	Número de colegiatura	% de validación
Acosta Suasnabar Eusterio Horacio	Dr. Ing. Químico	CIP N° 25450	80 %
Benites Alfaro Elmer	Dr. Ing. Químico	CIP N° 71908	85 %
Mendoza Ciriaco Fiorella Stefany	Ms. Ingeniería Ambiental	CIP N° 210896	90 %
Promedio total de validación			85 %

Confiabilidad

La confiabilidad es imprescindible, ya que permitió la repetición del experimento bajo las mismas condiciones, obteniendo los mismos resultados. Cabe resaltar que permitió, la aceptación científica de la hipótesis planteada en la investigación.

3.5. Procedimiento

Seguidamente, se dará a conocer el procedimiento que se tuvo en cuenta para el desarrollo de la parte experimental como se muestra en la figura 2:

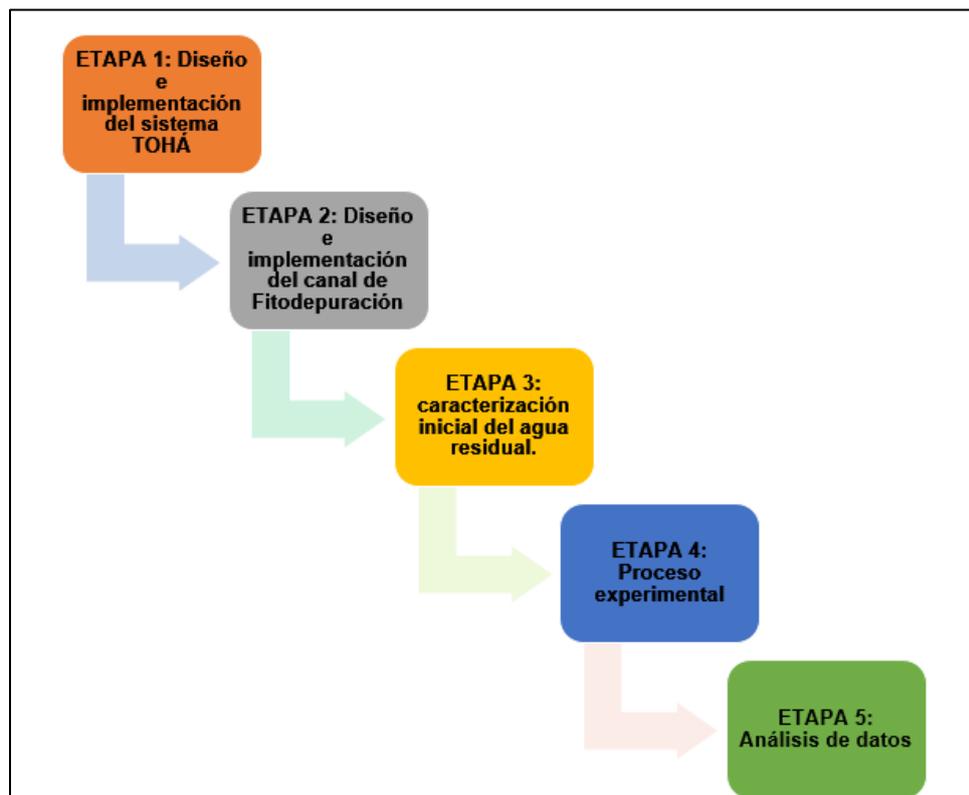


Figura 2 Diagrama del proceso de la investigación.

ETAPA 1: Diseño e implementación del sistema TOHÁ

Adaptado de (Manrique Delgado y Piñeros Castañeda 2016)

- La construcción del Sistema TOHÁ fue de vidrio, el cual tuvo un área de 60 cm de largo por 40 cm de ancho y 100 cm de profundidad.

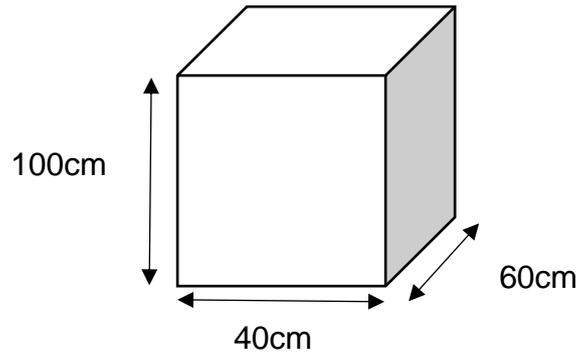


Figura 3 Dimensionamiento del Sistema TOHÁ.



Figura 4 Sistema TOHÁ.

Dicho Sistema TOHÁ estuvo compuesto por 4 lechos filtrantes:

- Primera capa de 15 cm de aserrín mezclado con 5 kg lombrices de tierra (E. Fétida)
- Segunda capa de 20 cm de antracita de 0.2 cm de diámetro.
- La tercera capa de 25 cm de grava de 0.4 cm de diámetro
- La cuarta capa de 30 cm de piedra de río de 0.7 cm de diámetro

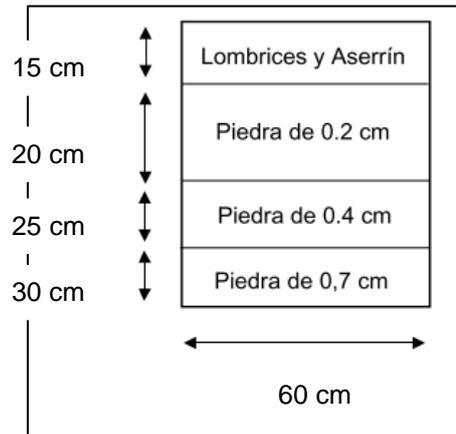


Figura 5 Esquema de los lechos filtrantes.



Figura 6 Piedra de río y grava en el sistema TOHÁ.

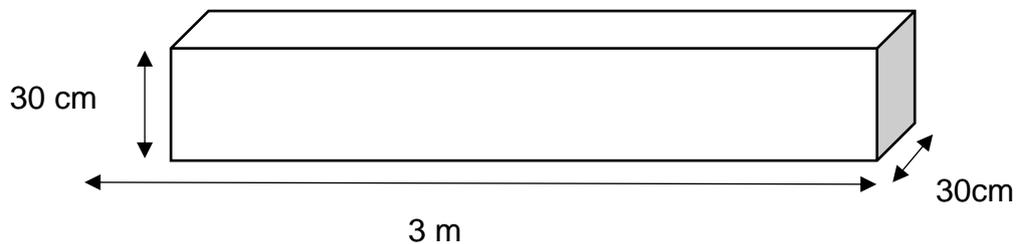


Figura 7 Sistema TOHÁ culminado.

ETAPA 2: Diseño e implementación del Canal de Fitodepuración

Adaptado de (Corbella et al. 2015)

- El Canal de Fitodepuración tendrá las medidas 3 m de largo, 30 cm de ancho y 30 cm de alto.



Fuente: (Corbella et al. 2015)

Figura 8 Dimensionamiento del Canal de Fitodepuración.

- Dicho Canal de Fitodepuración se rellenó con turba orgánica de 60 %, arena 30 % y 10 % de grava.
- Luego se procedió a plantar las plántulas de totora (*Schoenoplectus californicus*) en una cantidad de 50 plántulas de

un tamaño de 20 cm, la cual se trajeron de la laguna Uymillay, ubicado en la Comunidad de Pampallacta Distrito y Provincia de Calca – Cusco.



Figura 9 Canal de Fitodepuración culminado.

ETAPA 3: caracterización inicial del agua residual

El muestreo inicial del agua fue realizado de la siguiente manera:

- Se rellenó la ficha 1 (Véase anexo 3).
- Se llevó a cabo el muestreo de las aguas residuales provenientes del camal Municipal de la Provincia de calca y el rellenado de la ficha 2 (Véase anexo 3).



Figura 10 Canal de las aguas del Camal Municipal.



Figura 11 Toma de muestra del agua residual de Camal.

- Una vez tomado la muestra se llenó en envases de plástico debidamente esterilizado en cantidades de 1 L, 500 ml y 250 ml para luego ser transportado al laboratorio
- Una vez en el laboratorio se realizaron análisis de DBO₅, DQO Y SST.



Figura 12 Muestras para los análisis de DBO₅, DQO Y SST.

ETAPA 4: Proceso experimental

- Se recolecto 140 litros a la semana de agua residual provenientes del camal Municipal de la Provincia de Calca.
- Esta agua recolectada se depositó en recipientes de 50 litros



Figura 13 Agua recolectada del Camal Municipal de Calca.

- Se colocó en una superficie elevada al Sistema TOHÁ para que por gravedad ingrese el agua residual al sistema. Usándose un caudal de 0.075L/min. Se tomó una muestra para los tres parámetros para luego ser llevada a laboratorio para su análisis de la DBO₅, DQO y SST (figura 13).
- El volumen que paso por el Sistema TOHÁ pasó al Canal de Fitodepuración, el tiempo de retención hídrica fue de 18 horas al cabo del cual se tomó la muestra final de 3 litros para ser llevada a laboratorio para el análisis de los parámetros DBO₅, DQO y SST (figura 15).



Figura 14 Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración.

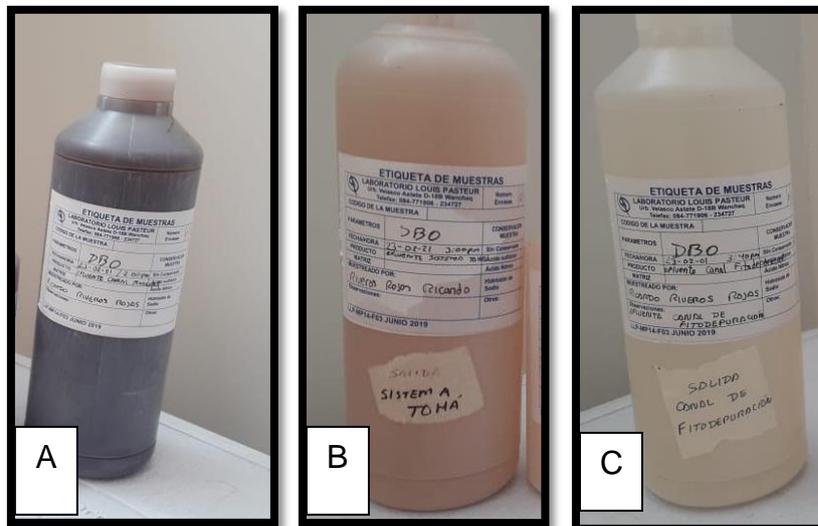


Figura 15 A: Agua de Camal. B: Agua a la salida del sistema TOHÁ. C: Agua a la salida del Canal de Fitodepuración.

ETAPA 5: Análisis de datos

- Se usó el software Microsoft Excel y Minitab v 18 para realizar el tratamiento de los datos obtenidos, como también el análisis de varianza, t-student y graficas de interacciones.

3.6. Método de análisis de datos

Se usó el software Microsoft Excel y Minitab v 18 para realizar el tratamiento de los datos obtenidos. También se realizó el análisis de varianza, la gráfica de probabilidad de los residuos obtenidos y una prueba de t-student.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto de investigación respetó la propiedad intelectual, citando a los autores y la ética en investigación de la universidad, RCU N° 0126-2017/UCV. Además, se ajustó a la Resolución Rectoral N° 0089 -2020/UCV, Reglamento de investigación de la Universidad César Vallejo y mediante Disposición N° 7.4 de la Resolución de Vicerrectorado de Investigación N° 008-2017-VI/UCV: la cual se verificó mediante el Turnitin la evidencia de no copia del proyecto de investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización del agua residual del Camal Municipal de la Provincia de Calca.

Se caracterizó las aguas residuales de camal municipal de la provincia de calca la cual fueron llevadas al laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA Louis Pasteur y en el laboratorio de análisis ambientales.

Tabla 2 Características iniciales del agua de Camal

Parámetros	Unidades	Resultados	
		Laboratorio Louis Pasteur	Laboratorio de análisis ambientales.
Solidos suspendidos totales	mg/L	1497.50	1491.0
Temperatura	°C		8
pH		7.75	7.9
Conductividad	µSm/cm	324.1	325.0
DQO	mg/L	6219.60	6215.2
DBO ₅	mg/L	3993.99	3955.4

Se observa en la tabla 2 que la cantidad de DQO de 6219.60 mg/L, DBO₅ de 3993.99 mg/L y SST de 1497.5 mg/L, basado en el análisis del Laboratorio Louis Pasteur. Por otro lado, los parámetros iniciales de las aguas residuales provenientes Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco obtenidas en el Laboratorio de Análisis Ambientales, se tiene que la cantidad de DQO de 6215.20 mg/L, DBO₅ de 3955.4 mg/L y SST de 1491.0 mg/L. No se mostraron diferencias sustanciales en los resultados de ambos laboratorios.

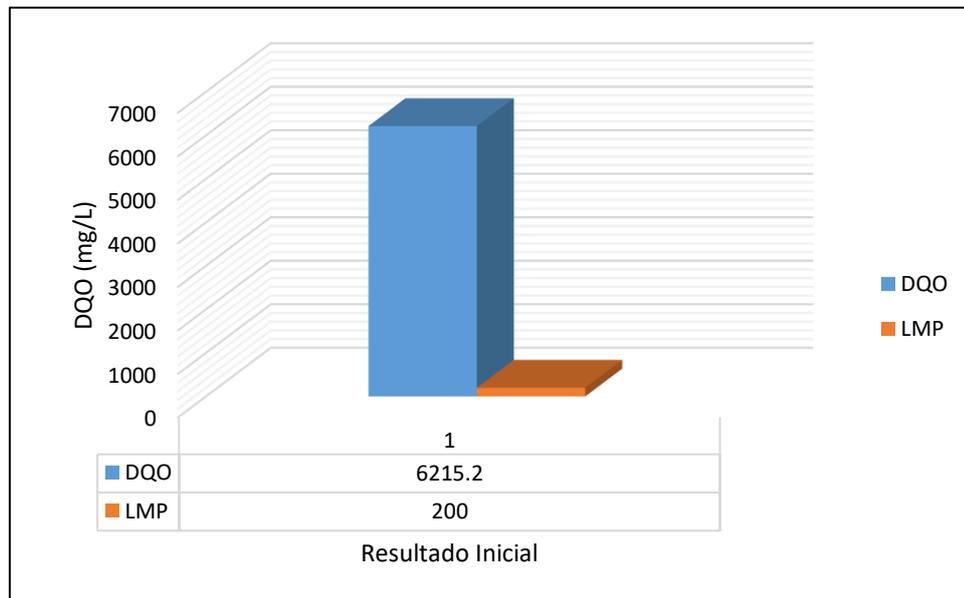


Figura 16 Resultado inicial de la DQO en relación a LMP.

En la figura 16 se muestra el valor de la DQO el cual es de 6215.2 mg/L, valor que supera a los LMP que es de 200 mg/L. El agua presenta enormes cantidades de contaminantes bioquímicos.

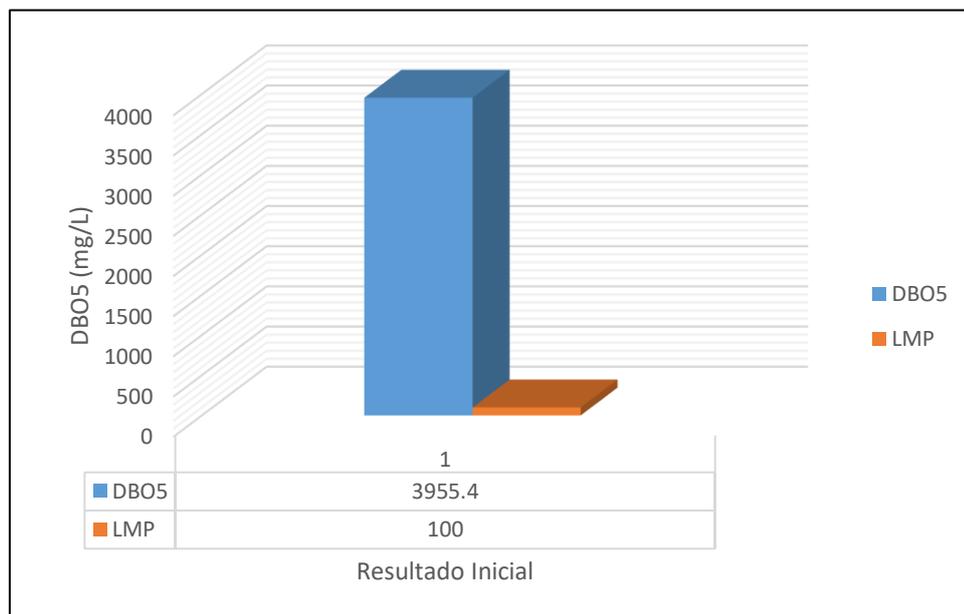


Figura 17 Resultado inicial de la DBO₅ en relación con LMP

En la figura 17 se muestra el valor de la DBO₅ el cual es de 3955.4 mg/L, valor que supera a los LMP que es de 100 mg/L. El agua presenta enormes cantidades de materia orgánica.

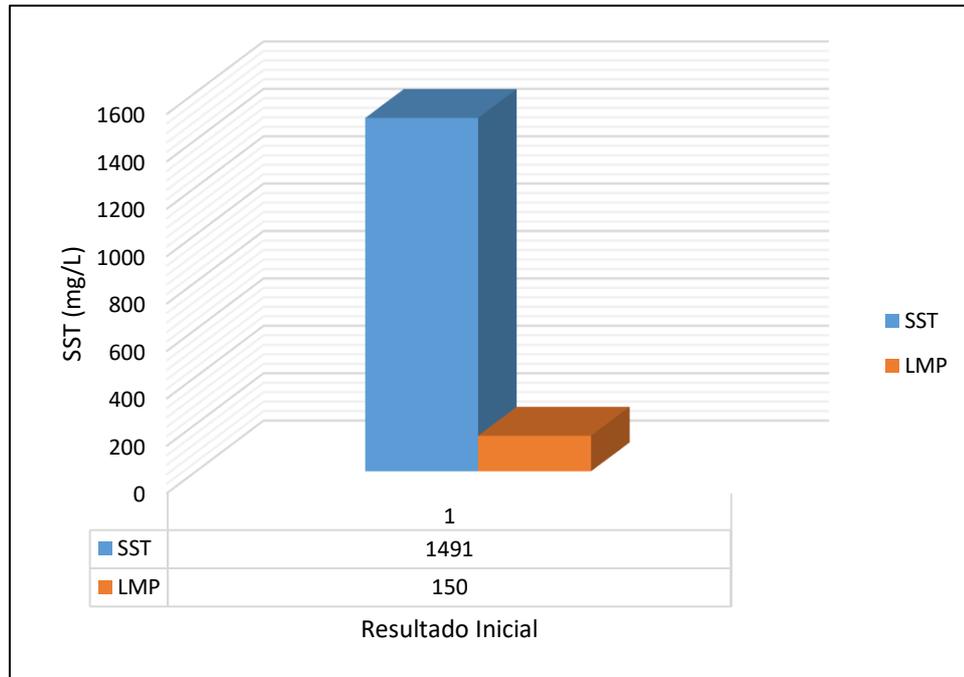


Figura 18 Resultado inicial de SST en relación a LMP

En la figura 18 se muestra el valor de la SST el cual es de 1491 mg/L, valor que supera a los LMP que es de 150 mg/L. El agua presenta enormes cantidades de material particulado.

4.2. Eficiencia del Sistema TOHÁ en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca

Se trabajó con el Sistema TOHÁ y el Canal de Fitodepuración con una cantidad de 50 litros de agua a un caudal de 0.075 L/min, el tiempo de retención hidráulica fue de 18 horas, al cabo del cual se tomó la muestra final.

Eficiencia para DQO.

$$\% DQO = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100 \%$$

C_o = concentración inicial de DQO (mg/L)

C_f = concentración final de DQO (mg/L)

Tabla 3 Valores de DQO Inicial y al pasar por el Sistema TOHÁ

Repetición	Resultados DQO		Eficiencia (%)
	(mg/L)		
	Inicial	Sistema TOHÁ	
1	6215.20	1425.60	77.06%
2	6421.30	1424.00	77.82%
3	6000.50	1328.30	77.86%
4	6219.60	1331.60	78.59%
PROMEDIO	6214.15	1377.38	77.84%

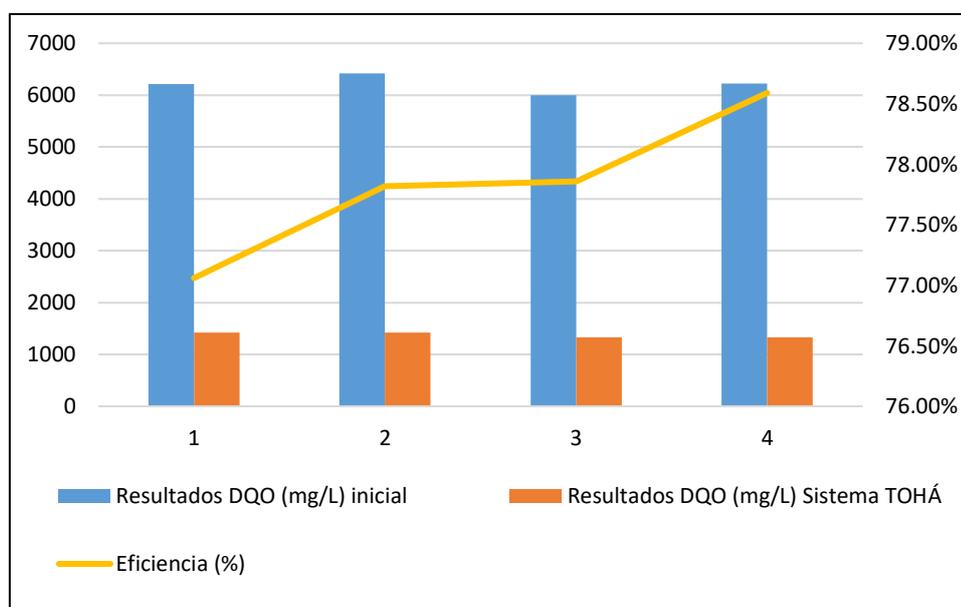


Figura 19 Valores de DQO en el agua de Camal al pasar por el Sistema TOHÁ

Como se observa en la Tabla 3 y figura 19, el nivel de DQO descendió en las 4 repeticiones, obteniéndose un promedio inicial de 6214.15 mg/L y al final de 1377.38 mg/L. Al calcular el nivel de eficiencia se tiene valores mayores a 70 % pero inferiores a 80 %; con un promedio de 77.84 % de eficiencia.

Eficiencia para DBO_5

$$\% DBO_5 = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100 \%$$

Co = concentración inicial de DBO₅ (mg/L)

Cf = concentración final de DBO₅ (mg/L)

Tabla 4 Valores de DBO₅ Inicial y al pasar por el Sistema TOHÁ

Repetición	Resultados DBO ₅		Eficiencia (%)
	(mg/L)		
	Inicial	Sistema TOHÁ	
1	3955.4	843.5	78.67%
2	4108.1	859.1	79.09%
3	3899.8	759.8	80.52%
4	3993.99	761.51	80.93%
PROMEDIO	3989.32	805.97	79.80%

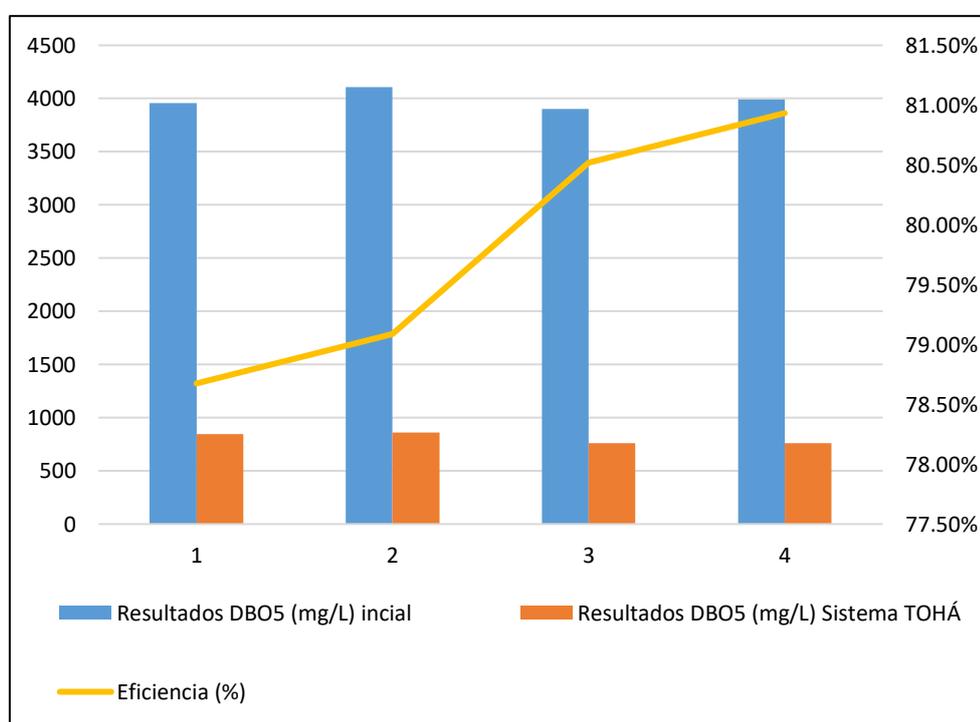


Figura 20 Valores de DBO₅ en el agua de Camal al pasar por el Sistema TOHÁ

Como se observa en la Tabla 4 y figura 20, el nivel de DBO₅ descendió en las 4 repeticiones, obteniéndose un promedio inicial de 3989.32 mg/L y al final de 805.97 mg/L. Al calcular el nivel de eficiencia se tiene valores mayores a 78 % pero inferiores a 81 %; con un promedio de 79.80 % de eficiencia.

Eficiencia para SST

$$\% SST = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100 \%$$

Co = concentración inicial de SST (mg/L)

Cf = concentración final de SST (mg/L)

Tabla 5 Valores de SST Inicial y al pasar por el Sistema TOHÁ

Repetición	Resultados SST (mg/L)		Eficiencia (%)
	Inicial	Sistema TOHÁ	
	1	1491	
2	1504.8	208.9	86.12%
3	1197.6	178.7	85.08%
4	1497.5	173	88.45%
PROMEDIO	1422.73	193.25	86.35%

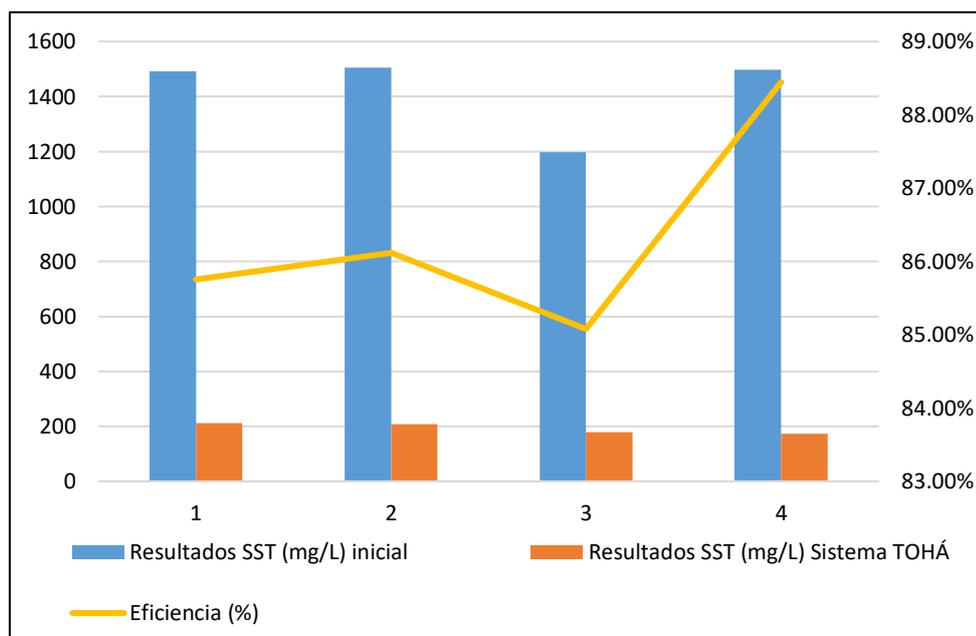


Figura 21 Valores de SST del agua de Camal al pasar por el Sistema TOHÁ

Como se observa en la Tabla 5 y figura 21, el nivel de SST descendió en las 4 repeticiones, obteniéndose un promedio inicial de 1422.73 mg/L y al final de 193.25 mg/L. Al calcular el nivel de eficiencia se tiene

valores mayores a 85 % pero inferiores a 90 %; con un promedio de 86.35 % de eficiencia.

4.3. Reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de Calca al pasar por el Canal de Fitodepuración.

Eficiencia para DQO

Tabla 6 Valores de DQO Inicial y al pasar por el Canal de Fitodepuración.

Repetición	Resultados DQO (mg/L)		Eficiencia (%)
	Inicial	Canal de Fitodepuración	
1	1425.6	422.7	70.35%
2	1424	419.2	70.56%
3	1328.3	385.9	70.95%
4	1331.6	415.6	68.79%
PROMEDIO	1377.375	410.85	70.16%

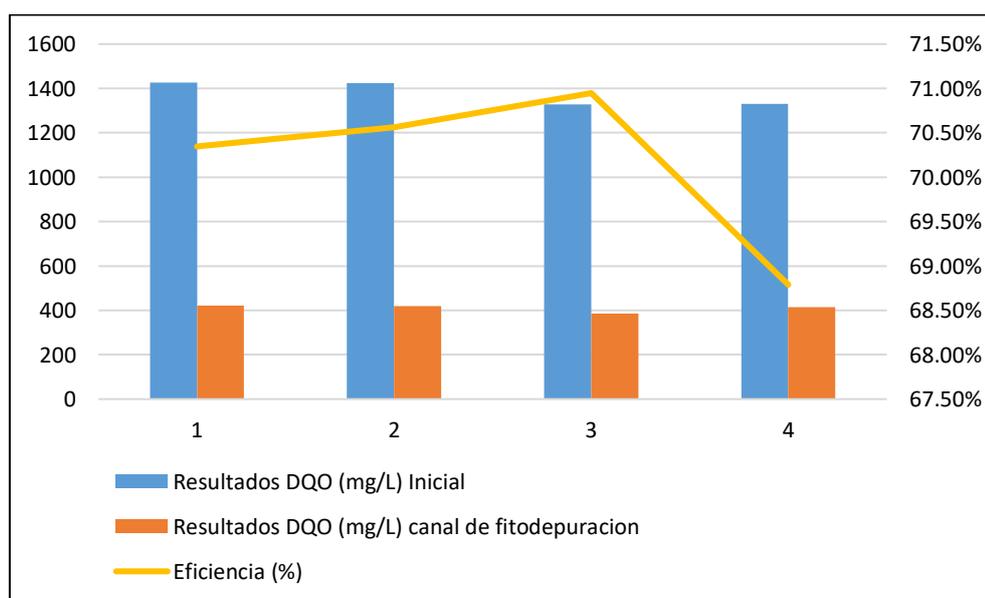


Figura 22 Valores de DQO en el agua de camal al pasar por el Canal de Fitodepuración.

Como se observa en la Tabla 6 y figura 22, el nivel de DQO descendió en las 4 repeticiones, obteniéndose un promedio inicial de 1377.375

mg/L y al final de 410.85 mg/L. Al calcular el nivel de eficiencia se tiene valores mayores a 65 % pero inferiores a 71 %; con un promedio de 70.16 % de eficiencia.

Eficiencia para DBO₅

Tabla 7 Valores de DBO₅ Inicial y al pasar por el Canal de Fitodepuración.

Repetición	Resultados DBO ₅ (mg/L)		Eficiencia (%)
	Inicial	Canal de Fitodepuración	
1	843.5	214.3	74.59%
2	859.1	234.8	72.67%
3	759.8	197.4	74.02%
4	761.51	238.67	68.66%
PROMEDIO	805.97	221.29	72.49%

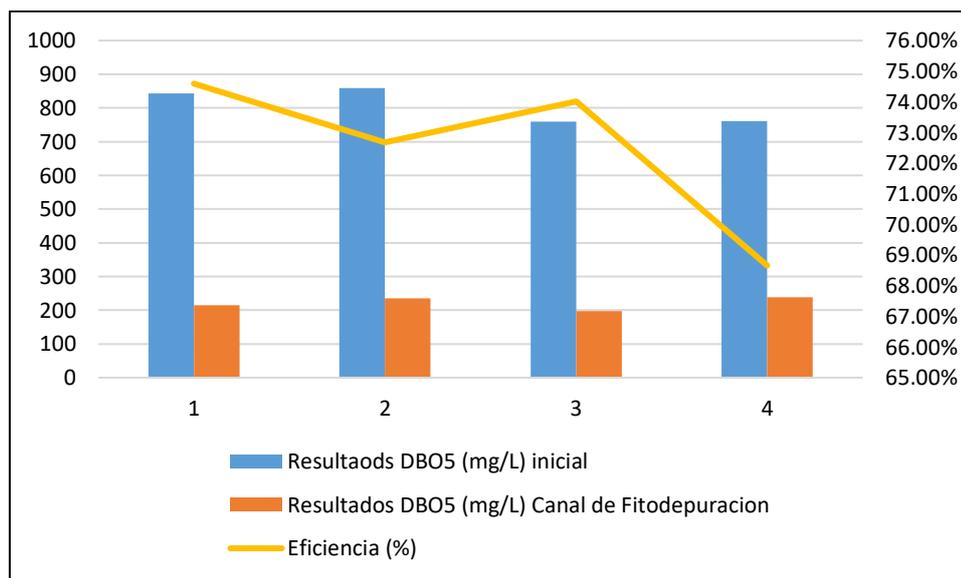


Figura 23 Valores de DBO₅ en el agua de Camal al pasar por el Canal de Fitodepuración.

Como se observa en la Tabla 7 y figura 23, el nivel de DBO₅ descendió en las 4 repeticiones, obteniéndose un promedio inicial de 805.97 mg/L y al final de 221.29 mg/L. Al calcular el nivel de eficiencia se tiene

valores mayores a 65 % pero inferiores a 75 %; con un promedio de 72.49 % de eficiencia.

Eficiencia para SST

Tabla 8 Valores de SST Inicial y al pasar por el Canal de Fitodepuración.

Repetición	Resultados SST (mg/L)		Eficiencia (%)
	Inicial	Canal de Fitodepuración	
1	212.4	124.4	41.43%
2	208.9	126	39.68%
3	178.7	105.5	40.96%
4	173	127	26.59%
PROMEDIO	193.25	120.73	37.17%

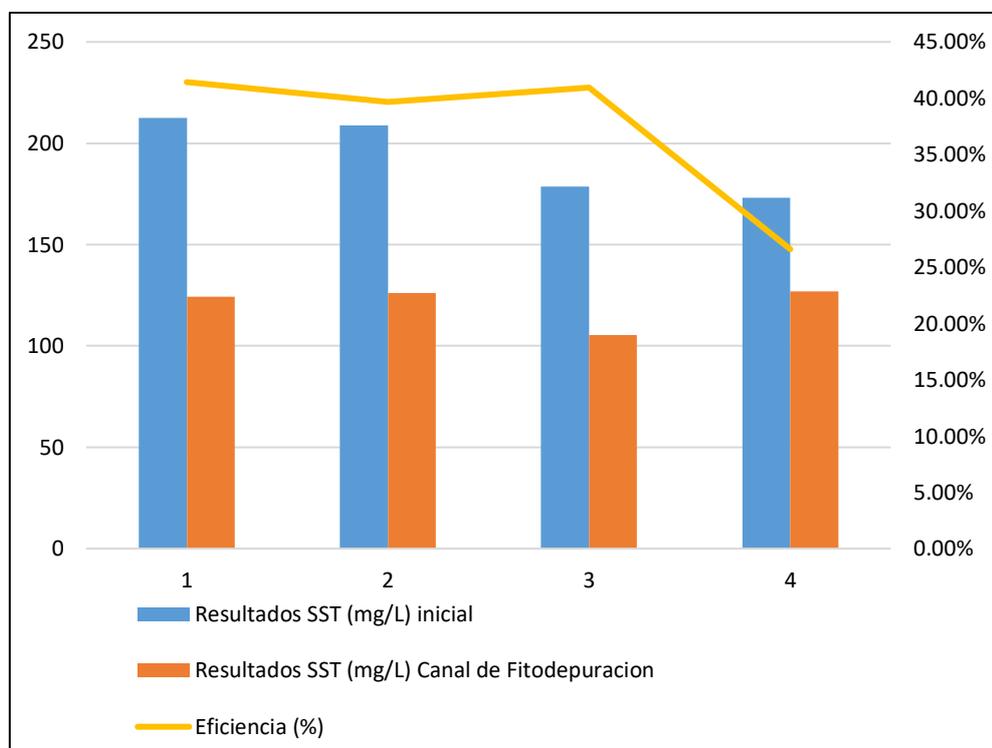


Figura 24 Valores de SST en el agua de camal al pasar por el Canal de Fitodepuración.

Como se observa en la Tabla 8 y figura 24, el nivel de SST descendió en las 4 repeticiones, obteniéndose un promedio inicial de 193.25 mg/L y al final de 120.73 mg/L. Al calcular el nivel de eficiencia se tiene

valores mayores a 26 % pero inferiores a 42 %; con un promedio de 37.17 % de eficiencia.

4.4. Eficiencia del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca.

Eficiencia para la DQO

Tabla 9 Valores de DQO Inicial y al pasar por el Sistema TOHÁ y el Canal de Fitodepuración.

Repetición	Resultados DQO (mg/L)		Eficiencia (%)
	Inicial	Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración	
1	6215.2	422.7	93.20%
2	6421.3	419.2	93.47%
3	6000.5	385.9	93.57%
4	6219.6	415.6	93.32%
PROMEDIO	6214.15	410.85	93.39%

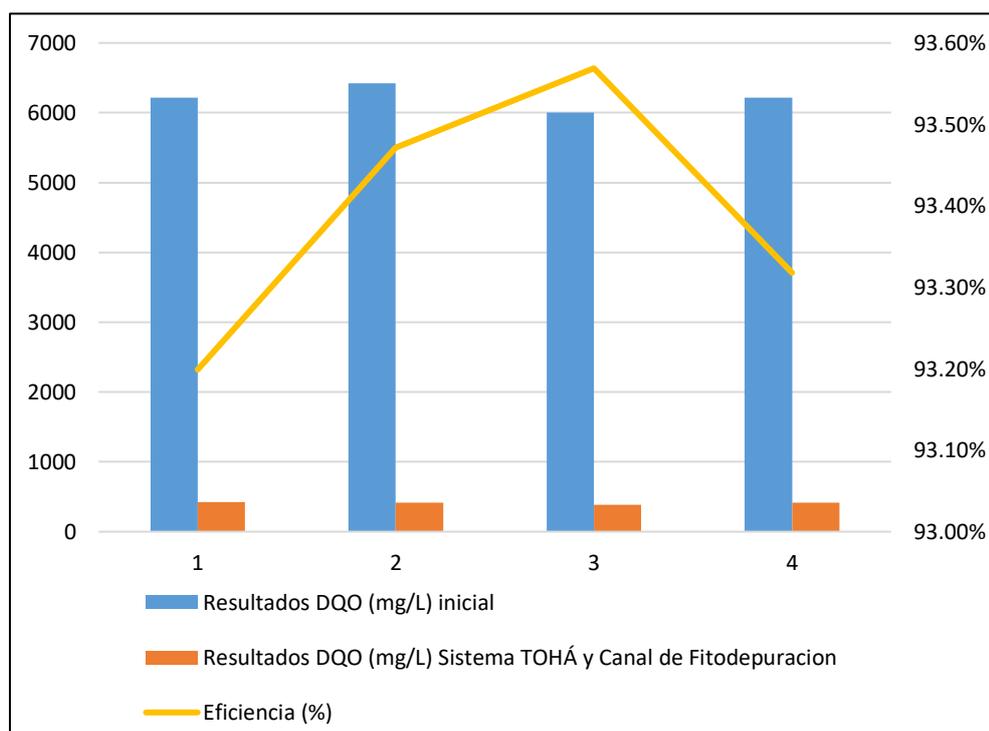


Figura 25 Valores de DBO₅ en el agua de camal al pasar por el Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración.

Como se observa en la Tabla 9 y figura 25, el nivel de DQO descendió en las 4 repeticiones, obteniéndose un promedio inicial de 6214.15 mg/L y al final de 410.85 mg/L. Al calcular el nivel de eficiencia se tiene valores mayores a 93 % pero inferiores a 95 %; con un promedio de 93.39 % de eficiencia.

Eficiencia para la DBO₅

Tabla 10 Valores de DBO₅ Inicial y al pasar por el Sistema TOHÁ y el Canal de Fitodepuración.

Resultados DBO ₅ (mg/L)			
Repeticición	Inicial	Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración	Eficiencia (%)
1	3955.4	214.3	94.58%
2	4108.1	234.8	94.28%
3	3899.8	197.4	94.94%
4	3993.99	238.67	94.02%
PROMEDIO	3989.32	221.29	94.46%

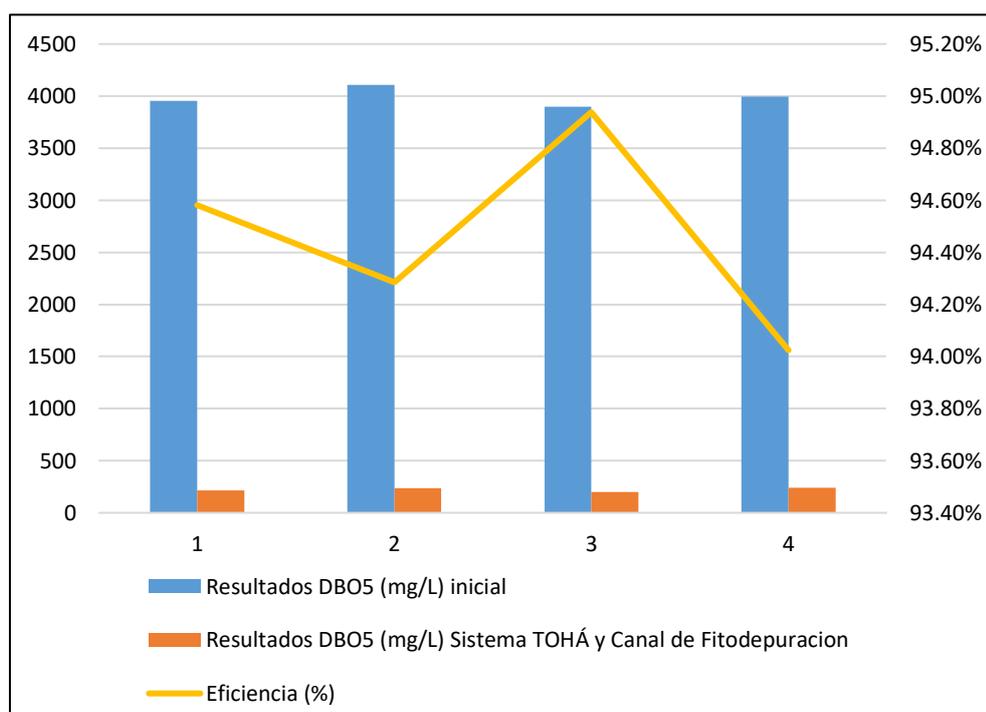


Figura 26 Valores de DBO₅ en el agua de Camal al pasar por el Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración.

Como se observa en la Tabla 10 y figura 26, el nivel de DBO₅ descendió en las 4 repeticiones, obteniéndose un promedio inicial de 3989.32 mg/L y al final de 221.29 mg/L. Al calcular el nivel de eficiencia se tiene valores mayores a 93 % pero inferiores a 95 %; con un promedio de 94.46 % de eficiencia.

Eficiencia para el SST

Tabla 11 Valores de SST Inicial y al pasar por el Sistema TOHÁ y el Canal de Fitodepuración.

Repeticición	Resultados SST (mg/L)		Eficiencia (%)
	Inicial	Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración	
1	1491	124.4	91.66%
2	1504.8	126	91.63%
3	1197.6	105.5	91.19%
4	1497.5	127	91.52%
PROMEDIO	1422.72	120.73	91.50%

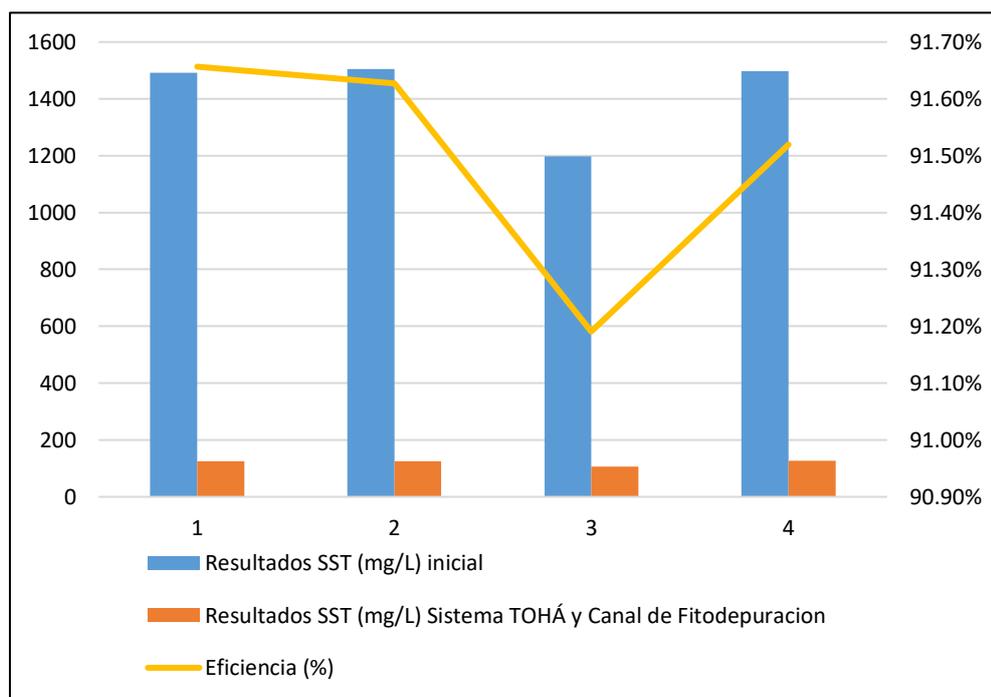


Figura 27 Valores de SST en el agua de Camal al pasar por el Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración.

Como se observa en la Tabla 11 y figura 27, el nivel de SST descendió en las 4 repeticiones, obteniéndose un promedio inicial de 1472.22 mg/L y al final de 120.73 mg/L. Al calcular el nivel de eficiencia se tiene valores mayores a 90 % pero inferiores a 92 %; con un promedio de 91.50 % de eficiencia.

Contrastación de hipótesis

En la contrastación de hipótesis se hizo uso de las tablas que se mostraron en los resultados, con dichos resultados se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), comparación por pareja de tukey grafica de probabilidad y gráficos de efectos principales.

Modelo lineal general: DQO vs. BLOQUE, TRATAMIENTO

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
BLOQUE	Fijo	4	1, 2, 3, 4
TRATAMIENTO	Fijo	2	T1, T2

Análisis de Varianza

Tabla 12 Análisis de varianza para el DQO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
BLOQUE	3	0.000072	0.000024	1.37	0.401
TRATAMIENTO	1	0.048387	0.048387	2755.48	0.000
Error	3	0.000053	0.000018		
Total	7	0.048512			

Probabilidad

En la figura 28 se tiene la probabilidad de la reducción de DQO, la cual nos muestra un p valor de 0.890 que es mayor al valor de 0.05 de significancia, por lo tanto, no puede rechazar la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal.

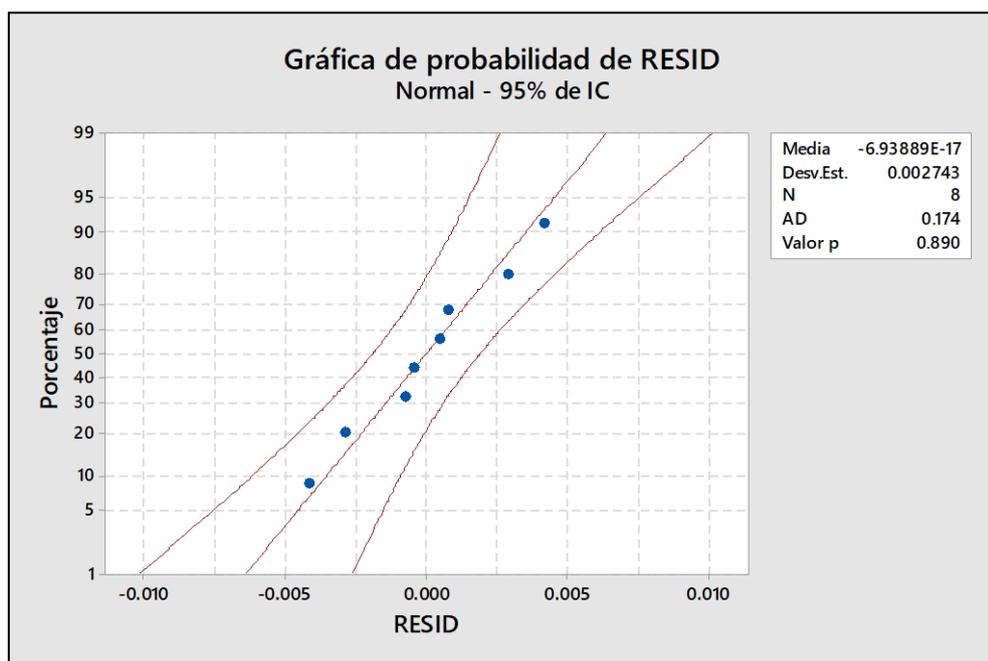


Figura 28 Probabilidad de DQO

Modelo lineal general: DBO₅ vs. BLOQUE, TRATAMIENTO

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
BLOQUE	Fijo	4	1, 2, 3, 4
TRATAMIENTO	Fijo	2	T1, T2

Análisis de Varianza

Tabla 13 Análisis de varianza para el DBO₅

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
BLOQUE	3	0.000186	0.000062	0.85	0.551
TRATAMIENTO	1	0.042948	0.042948	590.52	0.000
Error	3	0.000218	0.000073		
Total	7	0.043352			

Probabilidad

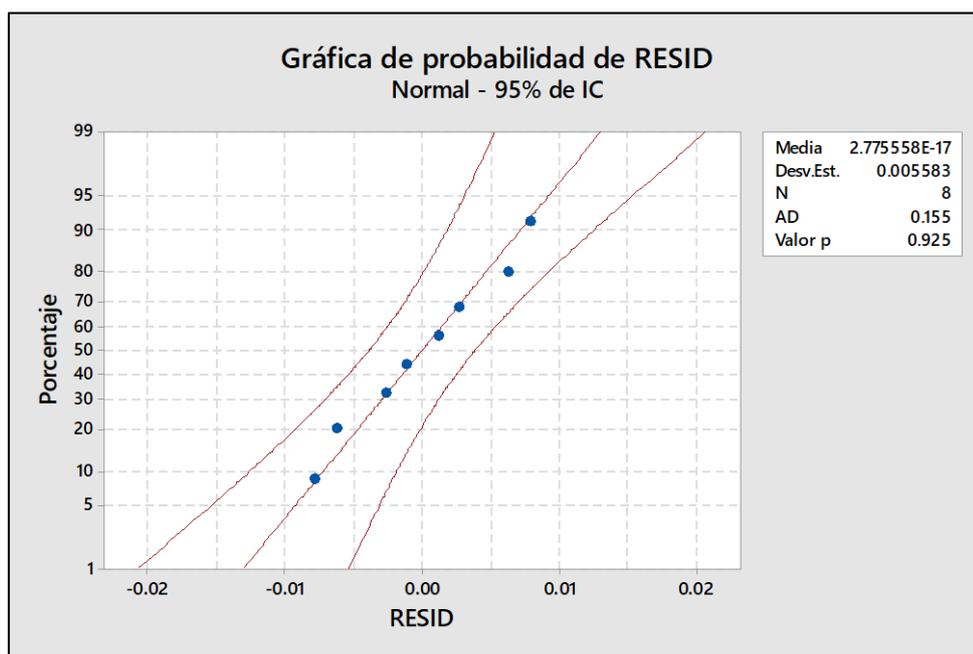


Figura 29 Probabilidad de DBO₅

En la figura 29 se tiene la probabilidad de la reducción de DBO₅, la cual nos muestra un p valor de 0.925 que es mayor al valor de 0.05 de significancia, por lo tanto, no puede rechazar la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal.

Modelo lineal general: SST vs. BLOQUE, TRATAMIENTO

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
BLOQUE	Fijo	4	1, 2, 3, 4
TRATAMIENTO	Fijo	2	T1, T2

Análisis de Varianza

Tabla 14 Análisis de varianza para el SST.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
BLOQUE	3	0.000359	0.000120	1.21	0.440
TRATAMIENTO	1	0.005302	0.005302	53.56	0.005
Error	3	0.000297	0.000099		
Total	7	0.005958			

Probabilidad

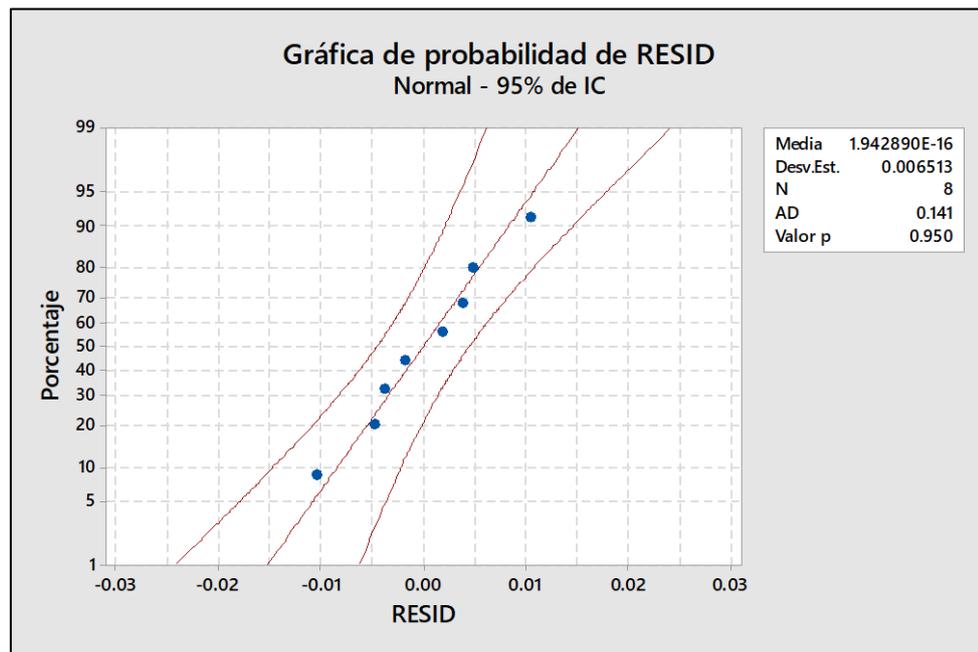


Figura 30 Probabilidad de SST

En la figura 30 se tiene la probabilidad de la reducción de SST, la cual nos muestra un p valor de 0.950 que es mayor al valor de 0.05 de significancia, por lo tanto, no puede rechazar la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal.

Hipótesis general

En la contrastación de la hipótesis general de la eficiencia del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021 son mayores a los 90 %, se usó una t de student.

T de una muestra: % Reducción sistema TOHÁ y canal de

Fitodepuración

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
12	93.169	1.379	0.460	92.314

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 90$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 90$

Valor T	Valor p
6.90	0.000

La prueba de t-student muestra un valor de p igual a 0.000, el cual es un valor menor al de la significancia (0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, el cual nos dice que la eficiencia del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021 son mayores a los 90 %.

Primera hipótesis específica

Para la primera contrastación de la hipótesis específica de que las características del agua residual proveniente del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021, superan el límite máximo permisible. se usó una prueba de t de student.

T de una muestra para DQO

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
2	6215.20	0.05	0.04	6214.98

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 200$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 200$

Valor T	Valor p
170135.55	0.000

T de una muestra para DBO₅

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
2	3955.40	0.05	0.04	3955.18

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 100$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 100$

Valor T	Valor p
109047.18	0.000

T de una muestra SST

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
2	1491.00	0.05	0.04	1490.78

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 150$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 150$

Valor T	Valor p
37929.21	0.000

La prueba de t-student para DQO, DBO₅ y SST muestra un valor de p igual a 0.000, el cual es un valor menor al de la significancia (0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, el cual nos dice que las características del agua residual proveniente del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021, superan el límite máximo permisible.

Segunda Hipótesis específica

Para poder contrastar la segunda hipótesis específica de que la eficiencia del Sistema TOHÁ en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021, supera el 75 %, se utilizó la prueba de t de student.

T de una muestra: SISTEMA TOHA

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
12	80.89	3.71	1.24	78.59

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 75$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 75$

Valor T	Valor p
4.76	0.001

La prueba de t-student para la eficiencia del Sistema TOHÁ mostró un valor de p igual a 0.001, el cual es un valor menor al de la significancia (0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis

alterna, el cual nos dice que La eficiencia del Sistema TOHÁ en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021, supera el 75 %.

Tercera hipótesis específica

De la misma manera que la contrastación de las hipótesis anteriores en la tercera hipótesis también se hará uso de la prueba de t de student para contrastar la reducción de DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de Calca al pasar por el canal de Fitodepuración, será de un 60 %.

T de una muestra: % Reducción canal de Fitodepuración

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
12	93.169	1.379	0.460	92.314

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 60$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 60$

Valor T	Valor p
6.90	0.000

La prueba de t-student mostró un valor de p igual a 0.000, el cual es un valor menor al de la significancia (0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, el cual nos dice que la reducción de DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de Calca al pasar por el Canal de Fitodepuración, serán mayores a 60 %.

V. DISCUSIÓN

5.1. Caracterización del agua residual del Camal Municipal de la Provincia de Calca.

Las características del agua residual del camal Municipal de la provincia de Calca fueron: DQO de 6215.2 mg/L, DBO₅ de 3955.4 mg/L y SST de 1491 mg/L. Diferentes autores estudiaron la remoción de DQO, DBO₅ y SST de las aguas de camal, entre ellos Bermúdez Timoteo (2019), quien trabajo a unas concentraciones iniciales de DQO de 42133 mg/L, DBO₅ de 27306 mg/L y SST de 3817 mg/L, de la misma manera Saboya Rios (2017), trabajo con concentraciones de DQO de 251.4 mg/L, DBO₅ de 112.3 mg/L y SST de 68.3 mg/L. Estos valores dependerán del lugar donde se encuentra el camal y la frecuencia con que realizan sus operaciones dentro del camal.

5.2. Eficiencia del Sistema TOHÁ en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca

En el caso de la reducción de DBO₅, DQO y SST en el sistema TOHÁ se tuvo valores promedio de 79.80 %, 77.84 % y 86.35 % respectivamente. Valores similares obtuvieron Bermúdez Timoteo (2019), de una tasa efectiva de demanda biológica de oxígeno (DBO₅) 81.36 %, demanda química de oxígeno (DQO) 80.82 % y tasa efectiva de sólidos suspendidos totales (SST) 97.77 %. Esta reducción se debe a la convivencia de lombrices y microorganismos aeróbicos que aceleran y mejoran la descomposición de la materia orgánica. Esto se debe a que las lombrices actúan como biocatalizadores de reacciones bioquímicas. Lozada et al. (2019), evaluó la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), donde tuvo una reducción aproximada del 40 %. Saboya Rios (2017), determino la eficiencia del método del lombifiltro con la lombriz roja de California (*E. Fóetida*), donde dicha especie reduce la DBO₅ en un 92 %, 86 % DQO, 78 % NT, 84.4 % turbidez y 93 % pH. Díaz Revilla y Zafra Olano (2018), trabajo en un sistema de filtrado de lombrices de seis capas para el tratamiento de

aguas residuales, donde el resultado satisfactorio de eliminar DBO₅ es del 96 % y la DQO efectiva del 94 %. Llegaron a la conclusión de que el filtro de lombrices es muy eficaz en el tratamiento de aguas residuales, es un sistema atractivo para el medio ambiente, fácil de operar y con muchas ventajas. Huiza Cayetano y Ordoñez Cayetano (2018), estudio la eficiencia del filtro de lombrices con el uso de tecnología de pared caliente para tratar las aguas residuales domésticas donde tuvo una remoción de la DBO₅ de 62.50 %. Según Sinha, Bharambe y Chaudhari (2008), el cuerpo de las lombrices actúa como un filtro biológico de las aguas residuales a través del mecanismo general de ingestión y biodegradación de residuos orgánicos, metales pesados y sólidos en las aguas residuales, así como la absorción a través de la pared corporal. Li et al. (2009), el proceso de vermifiltro mostró buenas tasas de eliminación de contaminantes en escalas pequeñas y piloto para pruebas a corto plazo. Ramón, Alejandro y Castillo (2015), utilizó el sistema de depuración de TOHÁ donde la eficiencia del sistema para reducir la carga orgánica de las aguas residuales a 180 días después del inicio del filtro de lombrices excedía el 92.06 % y la eficiencia alcanzó el 89.5 % a los 33 días del inicio del filtro de lombrices. Arora et al. (2014), las lombrices de tierra y los microorganismos cooperan para ingerir y biodegradar los desechos orgánicos y los contaminantes presentes en las aguas residuales. Su acción mejora la permeabilidad del filtro, aumentando la degradación de la materia orgánica, promoviendo así altas eficiencias de remoción de DBO₅, DQO y SST de las aguas residuales.

5.3. Reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de Calca al pasar por el canal de Fitodepuración.

La reducción de DBO₅, DQO y SST al pasar por el canal de Fitodepuración tuvo valores promedio superiores al 72 %, 70 % y 37 % respectivamente. Otros autores también estudiaron la reducción de la DBO₅, DQO y SST por medio de un canal de Fitodepuración entre

ellos esta: Xu, Li y Howard (2013), afirman que los canales de Fitodepuración aplicadas después del sistema TOHÁ es una forma de ayudar al vermifiltro en el proceso de tratamiento Petroselli et al. (2015), los Canales de Fitodepuración son sistemas diseñados para reproducir los procesos naturales que involucran la vegetación de los humedales, los suelos y los microorganismos asociados con el objetivo de tratar las aguas residuales y, a veces, utilizar los efluentes tratados como fuente de agua para la mejora ambiental. Guo et al. (2014), los Canales de Fitodepuración han demostrado ser eficientes para eliminar sustancias químicas y organismos biológicos de las aguas residuales civiles e industriales y también en la eliminación de metales pesados tóxicos y elementos radiactivos de aguas contaminadas.

5.4. Eficiencia del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca.

Se trabajó en conjunto el sistema de TOHÁ y el canal de Fitodepuración para la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco se trabajó a un tiempo de retención hidráulica de 18 horas de manera constante al igual que la cantidad de agua que fue de 50 L con un caudal de 0.075 L/min. Donde se alcanzó una, máxima reducción promedio de DBO₅ de 94.46 %, DQO de 93.39 % y SST de 91.50 %. Quispe Pulido (2018), trabajo con dos sistemas uno conformado por un canal de desbaste, tanque séptico, humedal subsuperficial de flujo vertical (HSSFV) y humedal superficial (HS) y el segundo un sistema conformado por un canal de desbaste, tanque séptico, lombrifiltro y humedal superficial, donde el primer sistema tuvo porcentajes de eliminación de SST, DBO₅ y CT de manera más eficiente, que son 95.71 %, 91.55 % y 99.87 %, respectivamente. Y el segundo sistema que fueron de 90.33 %, 91.23 % y 97.28 % respectivamente. De igual manera Tomar y Suthar (2011), trabajo en dos sistemas en conjunto de vermi-biofiltración, La vermi-biofiltración provocó una disminución

significativa en el nivel de SST (88.6 %), SDT (99.8 %), DQO (90 %), NO_3^- (92.7 %) y PO_4^{3-} (98.3 %). Valle (2017), determino la eficiencia del Sistema acoplado de humedal artificial y lombrifiltro (SAHL) en el tratamiento de las aguas grises. La eficiencia de remoción de contaminantes fue del 74 % de Turbiedad, 91 % de Sólidos suspendidos totales, 36 % de Demanda química de oxígeno y 28 % de la Demanda bioquímica de oxígeno. Jin, Li y Li (2016), trabajaron la combinación de dos sistemas donde quiere mejorar el sistema ecológico de los humedales para las ideas, introdujo la *E. Fóetida* para agregar el eslabón de la cadena alimentaria, fortalecer el vínculo de los animales acuáticos. La *E. Fóetida* puede mejorar la condición del oxígeno disuelto cuando la carga hidráulica es de $0.3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ d})$, la concentración promedio de efluente de DQO, TN y TP son 41.02 mg/L, 4.59 mg/L, 12.58 mg/L y 0.44 mg/L respectivamente. Afirmado así que la combinación de dos sistemas favorece en la reducción de DBO_5 , DQO y SST teniendo mayores porcentajes. Domínguez (2004), afirma que en los sistemas combinados de sistema TOHÁ y canal de Fitodepuración los microorganismos proporcionan la degradación bioquímica de los materiales de desecho en las aguas residuales, mientras que las lombrices de tierra degradan y homogeneizan el material mediante acciones musculares de su intestino anterior y agregan moco al material ingerido, acondicionando así el medio filtrante y mejorando su actividad biológica.

VI. CONCLUSIONES

La eficiencia del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco, tuvo porcentajes promedio de reducción de DBO₅ 94.46 %, DQO de 93.39 % y SST de 91.50 %, pues presentó mayor reducción trabajando con el sistema combinado.

Las características iniciales del agua residual proveniente del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco, tuvo cantidades de DQO de 6215.2 mg/L, DBO₅ de 3955.4 mg/L, SST de 1491 mg/L estos parámetros sobrepasaban por mucho a los LMP estipulados por el MINAN-2010.

La eficiencia del sistema TOHÁ en la reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco, tuvo valores promedio de 79.80 %, 77.84 % y 86.35 % respectivamente.

La reducción de la DBO₅, DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de Calca al pasar por el Canal de Fitodepuración, tuvo porcentajes promedios de reducción de DBO₅ de 72 %, DQO de 70 % y SST de 37 %.

7. VII. RECOMENDACIONES

- En estudios posteriores, analizar diferentes tipos de lombrices para determinar la influencia de estos sobre los parámetros físicos de las aguas residuales de camales.
- Estudiar diferentes tiempos de retención hidráulica y ver como varia en cuanto a la reducción de DBO₅, DQO y SST de aguas residuales de camales.
- En futuras investigaciones incluir análisis paralelo de parámetros como pH, conductividad eléctrica, contenido de sales; correlacionándoles e identificando el parámetro de mayor incidencia en la reducción de DBO₅, DQO y SST de aguas residuales de los camales.
- Utilizar el mismo sistema combinado del Canal de Fitodepuración y el Sistema TOHÁ para tratar otros tipos de agua residuales.
- Dado que el sistema es de bajo costo, se recomienda aplicar en otros tipos de aguas residuales industriales.
- El Sistema TOHÁ, complementado con el Canal de Fitodepuración puede ser probado en agua con contenido de metales pesados y presencia de coliformes fecales; a fin de verificar su eficiencia en estos dos tipos de contaminantes

REFERENCIAS

- AMBIENTAL, Organismo de Evaluación y Fiscalización, Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental* [en línea], pp. 36. 2014. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.
- ARORA, Sudipti, RAJPAL, Ankur, KUMAR, Tarun, BHARGAVA, Renu y KAZMI, A.A., Pathogen removal during wastewater treatment by vermifiltration. *Environmental Technology (United Kingdom)*, vol. 35, no. 19, pp. 2493-2499. 2014. ISSN 1479487X. DOI 10.1080/09593330.2014.911358.
- BERMÚDEZ TIMOTEO, Guillermo W., Tratamiento de agua residual del camal municipal de Chimbote, usando un Biofiltro de lombrices, para el riego de parques y jardines. *Universidad San Pedro*, pp. 1-19. 2019.
- BROWN, G., How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity?, in: *The Significance and Regulation of Soil Biodiversity*. Springer, vol. 170, pp. 247–269. 1995.
- CORBELLA, Clara, GUIVERNAU, Miriam, VIÑAS, Marc y PUIGAGUT, Jaume, Operational, design and microbial aspects related to power production with microbial fuel cells implemented in constructed wetlands. *Water Research* [en línea], vol. 84, pp. 232-242. 2015. ISSN 18792448. DOI 10.1016/j.watres.2015.06.005. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.06.005>.
- DHADSE, Sharda, SATYANARAYAN, Shanta, CHAUDHARI, P.R. y WATE, S.R., Vermifilters: A tool for aerobic biological treatment of herbal pharmaceutical wastewater. *Water Science and Technology*, vol. 61, no. 9, pp. 2375-2380. 2010. ISSN 02731223. DOI 10.2166/wst.2010.523.
- DÍAZ REVILLA, Luis Elí y ZAFRA OLANO, Alexandra Kristel, Implementación de un lombrifiltro para el tratamiento de aguas residuales procedentes del canal municipal de Cajamarca en 2017. *Universidad Privada del Norte*, pp. 358. 2018.
- DOMÍNGUEZ, Jorge, State-of-the-Art and New Perspectives on Vermicomposting Research. *Earthworm Ecology*, pp. 401-424. 2004. DOI

10.1201/9781420039719.ch20.

GULBRANDSEN, Magnus y KYVIK, Svein, Are the concepts basic research, applied research and experimental development still useful? an empirical investigation among Norwegian academics. *Science and Public Policy*, vol. 37, no. 5, pp. 343-353. 2010. ISSN 03023427. DOI 10.3152/030234210X501171.

GUO, Yi Ming, LIU, Yun Guo, ZENG, Guang Ming, HU, Xin Jiang, XU, Wei Hua, LIU, Yun Qin, LIU, Si Mian, SUN, Hong Song, YE, Jie y HUANG, Hua Jun, An integrated treatment of domestic wastewater using sequencing batch biofilm reactor combined with vertical flow constructed wetland and its artificial neural network simulation study. *Ecological Engineering* [en línea], vol. 64, pp. 18-26. 2014. ISSN 09258574. DOI 10.1016/j.ecoleng.2013.12.040. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.040>.

HERNANDEZ, Roberto Sampieri, FERNANDEZ, Carlos Collado y BAPTISTA, Pilar Lucio, *Metodología de la investigación*. S.l.: s.n., 2014. ISBN 9781456223960.

HUIZA CAYETANO, Jackeline Karen y ORDOÑEZ CAYETANO, Nils Gustavo, Eficiencia de lombrifiltro implementando la técnica de pared caliente en el tratamiento de aguas residuales domésticas del centro poblado de Huaylacucho del distrito de Huancavelica-2018. *Universidad Nacional de Huancavelica* [en línea], pp. 113. 2018. ISSN 0025-6196. Disponible en: http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/362/TP_DERECHO_0009.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

JIANG, Luhua, LIU, Yunguo, HU, Xinjiang, ZENG, Guangming, WANG, Hui, ZHOU, Lu, TAN, Xiaofei, HUANG, Binyan, LIU, Shaobo y LIU, Simian, The use of microbial-earthworm ecofilters for wastewater treatment with special attention to influencing factors in performance: A review. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 200, pp. 999-1007. 2016. ISSN 18732976. DOI 10.1016/j.biortech.2015.11.011. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.11.011>.

- JIN, Qiu, LI, Wei y LI, Xian Ning, Effect of Earthworm *Eisenia Foetida* in Constructed Wetland on Purification of Country Wastewater. *Procedia Engineering* [en línea], vol. 154, pp. 406-411. 2016. ISSN 18777058. DOI 10.1016/j.proeng.2016.07.505. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.505>.
- KUSCHK, P., WIESSNER, A., KAPPELMEYER, U., WEISSBRODT, E., KÄSTNER, M. y STOTTMEISTER, U., Annual cycle of nitrogen removal by a pilot-scale subsurface horizontal flow in a constructed wetland under moderate climate. *Water Research*, vol. 37, no. 17, pp. 4236-4242. 2003. ISSN 00431354. DOI 10.1016/S0043-1354(03)00163-5.
- LI, Yin Sheng, XIAO, Yi Qun, QIU, Jiang Ping, DAI, Yi Qi y ROBIN, Paul, Continuous village sewage treatment by vermifiltration and activated sludge process. *Water Science and Technology*, vol. 60, no. 11, pp. 3001-3010. 2009. ISSN 02731223. DOI 10.2166/wst.2009.715.
- LÓPEZ CALVA, José Anibal, Determinación de la eficiencia de la laguna de oxidación de las aguas residuales del camal municipal del cantón lago agrio provincia Sucumbíos mediante el rediseño de la infraestructura física. *Universidad Nacional de Loja*, vol. 151, pp. 10-17. 2015.
- LOURENÇO, N., *Manual de Vermicompostagem e Vermicultura para a Agricultura Orgânica*. 1th editic. S.I.: Publindústria, 2014.
- LOURENÇO, N. y NUNES, L.M., Optimization of a vermifiltration process for treating urban wastewater. *Ecological Engineering*, vol. 100, pp. 138-146. 2017. ISSN 09258574. DOI 10.1016/j.ecoleng.2016.11.074.
- LOZADA, Russel, RAMOS, Edson, CHOQUENEIRA, Rony, ARGOTA, George y IANNACONE, Jose, Reducción De La Demanda Bioquímica De Oxígeno De Las Aguas Residuales Mediante Lumbrifiltración. , vol. 9, pp. 63-68. 2019. DOI 10.31381/paideia.v9i1.2264.
- LUIS, Pedro, Población Muestra Y Muestreo. *Punto Cero*, vol. 09, no. 08, pp. 69-74. 2004. ISSN 1815-0276.
- MANAHAN, Stanley E., *Environmental chemistry*. Cuarta. S.I.: Lewis Publishers, 1984.

- MANRIQUE DELGADO, Erika Paola y PIÑEROS CASTAÑEDA, Jennifer, Evaluación del sistema de depuración biológica a partir de lombrices de tierra (*Eisenia Foetida*) en aguas residuales procedentes de industrias lácteas a nivel laboratorio. *Fundación Universidad de América*, pp. 1-61. 2016.
- MANYUCHI, M.M., KADZUNGURA, L. y BOKA, S., Vermifiltration of Sewage Wastewater for Potential Use in Irrigation Purposes Using *Eisenia fetida* Earthworms. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 78, pp. 538-542. 2013.
- OLGUÍN, Eugenia J., Phycoremediation: Key issues for cost-effective nutrient removal processes. *Biotechnology Advances*, vol. 22, no. 12, pp. 81-91. 2003. ISSN 07349750. DOI 10.1016/S0734-9750(03)00130-7.
- PETROSELLI, Andrea, GIANNOTTI, Maurizio, ALLEGRINI, Elena y MARRAS, Tatiana, Integrated System of Phytodepuration for Agroindustrial Wastewater: Three Different Case Studies. *International Journal of Phytoremediation*, vol. 17, no. 12, pp. 1227-1236. 2015. ISSN 15497879. DOI 10.1080/15226514.2015.1045138.
- QUILLE, Lenin, Microorganismos eficaces y lombrifiltro para la remoción de residuos lácteos de la planta quesera La Bodeguilla-Valle de Moquegua. *Universidad Nacional del Altiplano*, no. 051, pp. 1151-1163. 2019.
- QUISPE PULIDO, Andrea Elizabeth, Evaluacion De La Eficiencia Entre Dos Sistemas De Biofiltros Para El Tratamiento De Las Aguas Residuales Domesticas De La Localidad De Carapongo, Lurigancho- Chosica. *Universidad Nacional Federico Villarreal*, pp. 2003. 2018.
- RAMÓN, Jacipt Alexander, ALEJANDRO, José y CASTILLO, Nelson, Diseño de un sistema alternativo para el tratamien - to de aguas residuales urbanas por medio de la técnica de lombrifiltros utilizando la especie Eise - nia foetida. *Journal of the Faculty of Sciences and Engineering, Jorge Tadeo Lozano University*, vol. 5, no. 1, pp. 46-54. 2015.
- SABOYA RIOS, Xiomi Vasni, Eficiencia del método de lombrifiltro en la remoción de los contaminantes de las aguas residuales domésticas en el Distrito de

- Chachapoyas Amazonas. *Universidad Peruana Unión*, pp. 1-128. 2017.
- SCHOLZ, M., Sewage treatment. *MER Marine Engineers Review*, pp. 13-15. 2016. ISSN 00475955. DOI 10.2965/jswe1978.10.603.
- SINHA, R.K., BHARAMBE, G. y BAPAT, P., Removal of high BOD and COD loadings of primary liquid waste products from dairy industry by vermifiltration technology using earthworms. *Indian Journal of Environmental Protection*, vol. 27, no. 6, pp. 486-501. 2007. ISSN 02537141.
- SINHA, Rajiv K., AGARWAL, Sunita, CHAUHAN, Krunal, CHANDRAN, Vinod y SONI, Brijal Kiranbhai, Vermiculture Technology: Reviving the Dreams of Sir Charles Darwin for Scientific Use of Earthworms in Sustainable Development Programs. *Technology and Investment*, vol. 01, no. 03, pp. 155-172. 2010. ISSN 2150-4059. DOI 10.4236/ti.2010.13019.
- SINHA, Rajiv K., BHARAMBE, Gokul y CHAUDHARI, Uday, Sewage treatment by vermifiltration with synchronous treatment of sludge by earthworms: A low-cost sustainable technology over conventional systems with potential for decentralization. *Environmentalist*, vol. 28, no. 4, pp. 409-420. 2008. ISSN 02511088. DOI 10.1007/s10669-008-9162-8.
- SINHA, Rajiv K., CHANDRAN, Vinod, SONI, Brijal K., PATEL, Upendra y GHOSH, Ashok, Earthworms: Nature's chemical managers and detoxifying agents in the environment: An innovative study on treatment of toxic wastewaters from the petroleum industry by vermifiltration technology. *Environmentalist*, vol. 32, no. 4, pp. 445-452. 2012. ISSN 02511088. DOI 10.1007/s10669-012-9409-2.
- TOMAR, Priyanka y SUTHAR, Surindra, Urban wastewater treatment using vermi-biofiltration system. *Desalination* [en línea], vol. 282, pp. 95-103. 2011. ISSN 00119164. DOI 10.1016/j.desal.2011.09.007. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2011.09.007>.
- VALLE, Jennifer. Tratamiento de aguas grises mediante el sistema acoplado de humedal artificial y lombrifiltro en la Urbanización Santo Domingo – Carabayllo, 2017. S.I.: Universidad César Vallejo.
- WANG, Yin, XING, Mei Yan, YANG, Jian y LU, Biao, Addressing the role of

- earthworms in treating domestic wastewater by analyzing biofilm modification through chemical and spectroscopic methods. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, no. 5, pp. 4768-4777. 2016. ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-015-5661-6.
- XING, Meiyang, LI, Xiaowei y YANG, Jian, Treatment performance of small-scale vermifilter for domestic wastewater and its relationship to earthworm growth, reproduction and enzymatic activity. *African Journal of Biotechnology*, vol. 9, no. 44, pp. 7513-7520. 2010. ISSN 16845315. DOI 10.5897/ajb10.811.
- XU, Defu, LI, Yingxue y HOWARD, Alan, Influence of earthworm *Eisenia fetida* on removal efficiency of N and P in vertical flow constructed wetland. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 20, no. 9, pp. 5922-5929. 2013. ISSN 09441344. DOI 10.1007/s11356-013-1860-1.
- AMBIENTAL, Organismo de Evaluación y Fiscalización, Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental* [en línea], pp. 36. 2014. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.
- ARORA, Sudipti, RAJPAL, Ankur, KUMAR, Tarun, BHARGAVA, Renu y KAZMI, A.A., Pathogen removal during wastewater treatment by vermifiltration. *Environmental Technology (United Kingdom)*, vol. 35, no. 19, pp. 2493-2499. 2014. ISSN 1479487X. DOI 10.1080/09593330.2014.911358.
- BERMÚDEZ TIMOTEO, Guillermo W., Tratamiento de agua residual del camal municipal de Chimbote, usando un Biofiltro de lombrices, para el riego de parques y jardines. *Universidad San Pedro*, pp. 1-19. 2019.
- BROWN, G., How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity?, in: *The Significance and Regulation of Soil Biodiversity*. Springer, vol. 170, pp. 247–269. 1995.
- CORBELLA, Clara, GUIVERNAU, Miriam, VIÑAS, Marc y PUIGAGUT, Jaume, Operational, design and microbial aspects related to power production with microbial fuel cells implemented in constructed wetlands. *Water Research* [en línea], vol. 84, pp. 232-242. 2015. ISSN 18792448. DOI 10.1016/j.watres.2015.06.005. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.06.005>.

DHADSE, Sharda, SATYANARAYAN, Shanta, CHAUDHARI, P.R. y WATE, S.R., Vermifilters: A tool for aerobic biological treatment of herbal pharmaceutical wastewater. *Water Science and Technology*, vol. 61, no. 9, pp. 2375-2380. 2010. ISSN 02731223. DOI 10.2166/wst.2010.523.

DÍAZ REVILLA, Luis Elí y ZAFRA OLANO, Alexandra Kristel, Implementación de un lombrifiltro para el tratamiento de aguas residuales procedentes del canal municipal de Cajamarca en 2017. *Universidad Privada del Norte*, pp. 358. 2018.

DOMÍNGUEZ, Jorge, State-of-the-Art and New Perspectives on Vermicomposting Research. *Earthworm Ecology*, pp. 401-424. 2004. DOI 10.1201/9781420039719.ch20.

GULBRANDSEN, Magnus y KYVIK, Svein, Are the concepts basic research, applied research and experimental development still useful? an empirical investigation among Norwegian academics. *Science and Public Policy*, vol. 37, no. 5, pp. 343-353. 2010. ISSN 03023427. DOI 10.3152/030234210X501171.

GUO, Yi Ming, LIU, Yun Guo, ZENG, Guang Ming, HU, Xin Jiang, XU, Wei Hua, LIU, Yun Qin, LIU, Si Mian, SUN, Hong Song, YE, Jie y HUANG, Hua Jun, An integrated treatment of domestic wastewater using sequencing batch biofilm reactor combined with vertical flow constructed wetland and its artificial neural network simulation study. *Ecological Engineering* [en línea], vol. 64, pp. 18-26. 2014. ISSN 09258574. DOI 10.1016/j.ecoleng.2013.12.040. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.040>.

HERNANDEZ, Roberto Sampieri, FERNANDEZ, Carlos Collado y BAPTISTA, Pilar Lucio, *Metodología de la investigación*. S.l.: s.n., 2014. ISBN 9781456223960.

HUIZA CAYETANO, Jackeline Karen y ORDOÑEZ CAYETANO, Nils Gustavo, Eficiencia de lombrifiltro implementando la técnica de pared caliente en el tratamiento de aguas residuales domésticas del centro poblado de

- Huaylacucho del distrito de Huancavelica-2018. *Universidad Nacional de Huancavelica* [en línea], pp. 113. 2018. ISSN 0025-6196. Disponible en: http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/362/TP_DERECHO_0009.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- JIANG, Luhua, LIU, Yunguo, HU, Xinjiang, ZENG, Guangming, WANG, Hui, ZHOU, Lu, TAN, Xiaofei, HUANG, Binyan, LIU, Shaobo y LIU, Simian, The use of microbial-earthworm ecofilters for wastewater treatment with special attention to influencing factors in performance: A review. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 200, pp. 999-1007. 2016. ISSN 18732976. DOI 10.1016/j.biortech.2015.11.011. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.11.011>.
- JIN, Qiu, LI, Wei y LI, Xian Ning, Effect of Earthworm *Eisenia Foetida* in Constructed Wetland on Purification of Country Wastewater. *Procedia Engineering* [en línea], vol. 154, pp. 406-411. 2016. ISSN 18777058. DOI 10.1016/j.proeng.2016.07.505. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.505>.
- KUSCHK, P., WIESSNER, A., KAPPELMEYER, U., WEISSBRODT, E., KÄSTNER, M. y STOTTMEISTER, U., Annual cycle of nitrogen removal by a pilot-scale subsurface horizontal flow in a constructed wetland under moderate climate. *Water Research*, vol. 37, no. 17, pp. 4236-4242. 2003. ISSN 00431354. DOI 10.1016/S0043-1354(03)00163-5.
- LI, Yin Sheng, XIAO, Yi Qun, QIU, Jiang Ping, DAI, Yi Qi y ROBIN, Paul, Continuous village sewage treatment by vermifiltration and activated sludge process. *Water Science and Technology*, vol. 60, no. 11, pp. 3001-3010. 2009. ISSN 02731223. DOI 10.2166/wst.2009.715.
- LÓPEZ CALVA, José Anibal, Determinación de la eficiencia de la laguna de oxidación de las aguas residuales del camal municipal del cantón lago agro provincia Sucumbíos mediante el rediseño de la infraestructura física. *Universidad Nacional de Loja*, vol. 151, pp. 10-17. 2015.
- LOURENÇO, N., *Manual de Vermicompostagem e Vermicultura para a Agricultura Orgânica*. 1th editic. S.l.: Publindústria, 2014.

- LOURENÇO, N. y NUNES, L.M., Optimization of a vermifiltration process for treating urban wastewater. *Ecological Engineering*, vol. 100, pp. 138-146. 2017. ISSN 09258574. DOI 10.1016/j.ecoleng.2016.11.074.
- LOZADA, Russel, RAMOS, Edson, CHOQUENEIRA, Rony, ARGOTA, George y IANNACONE, Jose, Reducción De La Demanda Bioquímica De Oxígeno De Las Aguas Residuales Mediante Lumbrifiltración. , vol. 9, pp. 63-68. 2019. DOI 10.31381/paideia.v9i1.2264.
- LUIS, Pedro, Población Muestra Y Muestreo. *Punto Cero*, vol. 09, no. 08, pp. 69-74. 2004. ISSN 1815-0276.
- MANAHAN, Stanley E., *Environmental chemistry*. Cuarta. S.I.: Lewis Publishers, 1984.
- MANRIQUE DELGADO, Erika Paola y PIÑEROS CASTAÑEDA, Jennifer, Evaluación del sistema de depuración biológica a partir de lombrices de tierra (*Eisenia Foetida*) en aguas residuales procedentes de industrias lácteas a nivel laboratorio. *Fundación Universidad de América*, pp. 1-61. 2016.
- MANYUCHI, M.M., KADZUNGURA, L. y BOKA, S., Vermifiltration of Sewage Wastewater for Potential Use in Irrigation Purposes Using *Eisenia fetida* Earthworms. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 78, pp. 538-542. 2013.
- OLGUÍN, Eugenia J., Phycoremediation: Key issues for cost-effective nutrient removal processes. *Biotechnology Advances*, vol. 22, no. 12, pp. 81-91. 2003. ISSN 07349750. DOI 10.1016/S0734-9750(03)00130-7.
- PETROSELLI, Andrea, GIANNOTTI, Maurizio, ALLEGRI, Elena y MARRAS, Tatiana, Integrated System of Phytodepuration for Agroindustrial Wastewater: Three Different Case Studies. *International Journal of Phytoremediation*, vol. 17, no. 12, pp. 1227-1236. 2015. ISSN 15497879. DOI 10.1080/15226514.2015.1045138.
- QUILLE, Lenin, Microorganismos eficaces y lombrifiltro para la remoción de residuos lácteos de la planta quesera La Bodeguilla-Valle de Moquegua. *Universidad Nacional del Altiplano*, no. 051, pp. 1151-1163. 2019.

- QUISPE PULIDO, Andrea Elizabeth, Evaluacion De La Eficiencia Entre Dos Sistemas De Biofiltros Para El Tratamiento De Las Aguas Residuales Domesticas De La Localidad De Carapongo, Lurigancho- Chosica. *Universidad Nacional Federico Villarreal*, pp. 2003. 2018.
- RAMÓN, Jacipt Alexander, ALEJANDRO, José y CASTILLO, Nelson, Diseño de un sistema alternativo para el tratamien - to de aguas residuales urbanas por medio de la técnica de lombrifiltros utilizando la especie Eise - nia foetida. *Journal of the Faculty of Sciences and Engineering, Jorge Tadeo Lozano University*, vol. 5, no. 1, pp. 46-54. 2015.
- SABOYA RIOS, Xiami Vasni, Eficiencia del método de lombrifiltro en la remoción de los contaminantes de las aguas residuales domésticas en el Distrito de Chachapoyas Amazonas. *Universidad Peruana Unión*, pp. 1-128. 2017.
- SCHOLZ, M., Sewage treatment. *MER Marine Engineers Review*, pp. 13-15. 2016. ISSN 00475955. DOI 10.2965/jswe1978.10.603.
- SINHA, R.K., BHARAMBE, G. y BAPAT, P., Removal of high BOD and COD loadings of primary liquid waste products from dairy industry by vermi-filtration technology using earthworms. *Indian Journal of Environmental Protection*, vol. 27, no. 6, pp. 486-501. 2007. ISSN 02537141.
- SINHA, Rajiv K., AGARWAL, Sunita, CHAUHAN, Krunal, CHANDRAN, Vinod y SONI, Brijal Kiranbhai, Vermiculture Technology: Reviving the Dreams of Sir Charles Darwin for Scientific Use of Earthworms in Sustainable Development Programs. *Technology and Investment*, vol. 01, no. 03, pp. 155-172. 2010. ISSN 2150-4059. DOI 10.4236/ti.2010.13019.
- SINHA, Rajiv K., BHARAMBE, Gokul y CHAUDHARI, Uday, Sewage treatment by vermifiltration with synchronous treatment of sludge by earthworms: A low-cost sustainable technology over conventional systems with potential for decentralization. *Environmentalist*, vol. 28, no. 4, pp. 409-420. 2008. ISSN 02511088. DOI 10.1007/s10669-008-9162-8.
- SINHA, Rajiv K., CHANDRAN, Vinod, SONI, Brijal K., PATEL, Upendra y GHOSH, Ashok, Earthworms: Nature's chemical managers and detoxifying agents in the environment: An innovative study on treatment of toxic

- wastewaters from the petroleum industry by vermifiltration technology. *Environmentalist*, vol. 32, no. 4, pp. 445-452. 2012. ISSN 02511088. DOI 10.1007/s10669-012-9409-2.
- TOMAR, Priyanka y SUTHAR, Surindra, Urban wastewater treatment using vermi-biofiltration system. *Desalination* [en línea], vol. 282, pp. 95-103. 2011. ISSN 00119164. DOI 10.1016/j.desal.2011.09.007. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2011.09.007>.
- VALLE, Jennifer, 2017. *Tratamiento de aguas grises mediante el sistema acoplado de humedal artificial y lombrifiltro en la Urbanización Santo Domingo – Carabayllo, 2017*. S.l.: Universidad César Vallejo.
- WANG, Yin, XING, Mei Yan, YANG, Jian y LU, Biao, Addressing the role of earthworms in treating domestic wastewater by analyzing biofilm modification through chemical and spectroscopic methods. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, no. 5, pp. 4768-4777. 2016. ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-015-5661-6.
- XING, Meiyuan, LI, Xiaowei y YANG, Jian, Treatment performance of small-scale vermifilter for domestic wastewater and its relationship to earthworm growth, reproduction and enzymatic activity. *African Journal of Biotechnology*, vol. 9, no. 44, pp. 7513-7520. 2010. ISSN 16845315. DOI 10.5897/ajb10.811.
- XU, Defu, LI, Yingxue y HOWARD, Alan, Influence of earthworm *Eisenia fetida* on removal efficiency of N and P in vertical flow constructed wetland. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 20, no. 9, pp. 5922-5929. 2013. ISSN 09441344. DOI 10.1007/s11356-013-1860-1.

ANEXOS:

Anexo N° 2. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA/ UNIDAD DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE: Eficiencia del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración	El sistema TOHÁ es una acción conjunta de lombrices y microorganismos (simbiótica y sinérgicamente), donde la lombriz homogeneiza los contaminantes orgánicos presentes en las aguas residuales, aumentando así la superficie que es más favorable para la actividad microbiana y una mayor degradación (Wang et al., 2016). Los canales de fitodepuración son una técnica de tratamiento natural que reproduce procesos de purificación natural en un ambiente controlado, combinando el uso de bacterias y plantas dentro de cuencas artificiales poco profundas (humedales artificiales, HA) a menudo llenas de material inerte y alimentadas con plantas acuáticas que reproducen los procesos naturales de purificación (Olguín, 2003). La eficiencia de los tratamientos se calcula con los datos de las concentraciones iniciales y finales para el caso de la investigación de DBO, DQO y SST (López Calva, 2015).	Construcción a nivel piloto del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración donde se determinará la eficiencia de éstos en base a la medición del nivel inicial y final de DQO, DBO y SST.	Sistema TOHÁ	Lombrices (Eisenia Foétida)	Kg
				Tiempo de retención hidráulica	Horas
			Canal de Fitodepuración	Cantidad de Plántulas de totora (Schoenoplectus californicus)	Unidad
DEPENDIENTE : Reducción de la DBO, DQO y SST	La reducción para la presente investigación vendría a ser los niveles de concentración final menores a los iniciales, los cuales a su vez deben estar dentro de los LMP para aguas residuales. La DBO (demanda bioquímica de oxígeno) es la cantidad de oxígeno necesaria en un volumen específico de aguas residuales para descomponer el material orgánico por los microbios aeróbicos (Sinha, Bharambe y Bapat, 2007). La DQO (demanda química de oxígeno) es la medida del oxígeno equivalente del material orgánico en las aguas residuales que se puede oxidar químicamente a dióxido de carbono, amoníaco y agua en presencia de agentes oxidantes fuertes (Sinha, Bharambe y Bapat, 2007). Los SST (sólidos suspendidos totales) en las aguas residuales consisten en partículas orgánicas e inorgánicas y pueden suspenderse o disolverse (Sinha, Bharambe y Bapat, 2007).	Mediciones tanto iniciales como finales de las concentraciones de DBO ₅ , DQO y SST en el laboratorio, analizando si la concentración final es aceptable según los LMP.	Parámetro químico	DBO	mg/L
				DQO	mg/L
			Parámetro físico	SST	mg/L

Anexo N° 3. Instrumentos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA 1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

	ÁREA DE INVESTIGACIÓN
TÍTULO	Eficiencia del sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO ₅ , DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021
LINEA DE INVESTIGACION	Calidad de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADO POR	Riveros Rojas, Amador Ricardo (Orcid:0000-0001-5847-6659)
ASESOR	

	ÁREA DE INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN	
DISTRITO	
PROVINCIA	
DEPARTAMENTO	
COORDENADAS GEOGRAFICAS	
DESCRIPCION	


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998


 FIORELLA STEFANY
 MENDOZA CIRIACO
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 210896



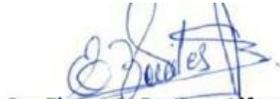
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA 2. CADENA DE CUSTODIA

	ÁREA DE INVESTIGACIÓN
TÍTULO	Eficiencia del sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO ₅ , DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADO POR	Riveros Rojas, Amador Ricardo (Orcid: 0000-0001-5847-6659)
ASESOR	

MOSTRA N°		CODIGO DE IDENTIFICACION			HORA DE MUESTREO		
IDENTIFICACION DEL PUNTO DE MUESTREO	LOCACION:						
	LUGAR DE MUESTREO:						
	COORDENADAS:		X:		Y:		
	DETALLES DEL PUNTO DE TOMA:						
TIPO DE MUESTRA :	PUNTUAL:		COMPUESTA MANUAL		COMPUESTA AUTOMATICA		
MEDICIONES IN SITU	PH		TEMPERATURA DEL AGUA (°C)		TEMPERATURA AMBIENTE (°C)		
	VOLUMEN (l)		OTRO PARAMETROS				
MEDIDAD DE CONSERVACION:	N°		TIPO DE RECIPIENTE		TECNICA DE CONSERVACION		
	HORA	FECHA	NOMBRE	CARGO	FIRMA	OBSERVACIONES	
MUESTREO							
TRANSPORTE							
RECEPCION							


Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998



FIORELLA STEFANY
MENDOZA CIRIACO
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 210896



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA 3. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE CAMAL

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE CAMAL	
TÍTULO	Eficiencia del Sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO ₅ , DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADO POR	Riveros Rojas, Amador Ricardo (Orcid: 0000-0001-5847-6659)
ASESOR	

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE CAMAL					
PARÁMETROS	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	pH	Temperatura °C
Observaciones					


Dr. HORACIO ACOSTA S.
CIP N° 25450


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP. 71998



FIORELLA STEFANY
MENDOZA CIRIACO
INGENIERA AMBIENTAL
Reg. CIP N° 210896



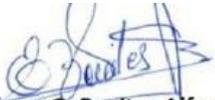
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA 4. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA TRATADA

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA TRATADA	
TÍTULO	Eficiencia del sistema TOHÁ y Canal de Fitodepuración en la reducción de la DBO ₅ , DQO y SST de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Calca – Cusco – 2021
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad de los Recursos Naturales
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADO POR	Riveros Rojas, Amador Ricardo (Orcid: 0000-0001-5847-6659)
ASESOR	

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA TRATADA							
PARÁMETROS	SISTEMA TOHA			CANAL DE FITODEPURACION			EFICIENCIA
	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	%
Observaciones							


 Dr. HORACIO ARÓSTEGUI
 CIP N° 25450


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998


 FIORELLA STEFANY
 MENDOZA CIRIACO
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 210896

Anexo N° 4. Validación de instrumentos

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Acosta Suasnabar Eusterio Horacio**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente Universidad César Vallejo**

1.3. Especialidad o línea de investigación:

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de descripción de investigación**

1.5. Autor de Instrumento: **Riveros Rojas, Amador Ricardo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80 %

Cusco, 12 de febrero del 2021


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Acosta Suasnabar Eusterio Horacio**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente Universidad César Vallejo**

1.3. Especialidad o línea de investigación: (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación - FAO, 2020) (Pera, 2004)

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha: cadena de custodia**

1.5. Autor de Instrumento: **Riveros Rojas, Amador Ricardo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80 %

Cusco, 12 de febrero del 2021


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Acosta Suasnabar Eusterio Horacio**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente Universidad César Vallejo**

1.3. Especialidad o línea de investigación:

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de caracterización del agua de camal**

1.5. Autor de Instrumento: **Riveros Rojas, Amador Ricardo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80 %

Cusco, 12 de febrero del 2021


 DR. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Acosta Suasnabar Eusterio Horacio**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente Universidad César Vallejo**

1.3. Especialidad o línea de investigación:

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de características del agua tratada**

1.5. Autor de Instrumento: **Riveros Rojas, Amador Ricardo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80 %

Cusco, 12 de febrero del 2021


 DR. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Benites Alfaro Elmer
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Docente investigador
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de descripción de investigación**
 1.5. Autor de Instrumento: **Riveros Rojas, Amador Ricardo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

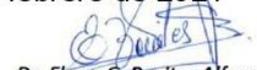
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X
--

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Cusco, 06 de febrero de 2021


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Benites Alfaro Elmer
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Docente investigador
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha: cadena de custodia**
- 1.5. Autor de Instrumento: **Riveros Rojas, Amador Ricardo**

I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

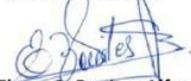
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Cusco, 06 de febrero de 2021


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Benites Alvaro Elmer
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Docente investigador
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de la caracterización del agua de camal**
- 1.5. Autor de Instrumento: **Riveros Rojas, Amador Ricardo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

x

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Cusco, 06 de febrero de 2021


Dr. Elmer G. Benites Alvaro
 CIP. 71998

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Benites Alfaro Elmer
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Docente investigador
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de las características del agua tratada.**
- 1.5. Autor de Instrumento: **Riveros Rojas, Amador Ricardo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

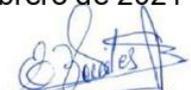
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Cusco, 06 de febrero de 2021


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mendoza Ciriaco Fiorella Stefany
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Sub Gerente de la Consultora Grupo Jhacc SAC.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ms. Ingeniería Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de descripción de investigación**
- 1.5. Autor de Instrumento: **Riveros Rojas, Amador Ricardo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85

Cusco, 12 de febrero del 2021



FIORELLA STEFANY
MENDOZA CIRIACO
INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 210896

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mendoza Ciriaco Fiorella Stefany
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Sub Gerente de la Consultora Grupo Jhacc SAC
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ms. Ingeniería Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de descripción de investigación**
- 1.5. Autor de Instrumento: **Riveros Rojas, Amador Ricardo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

Cusco, 12 de febrero del 2021



FIORELLA STEFANY
MENDOZA CIRIACO
INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 210896

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mendoza Ciriaco Fiorella Stefany
 1.2. Cargo e institución donde labora: Sub Gerente de la Consultora Grupo Jhacc SAC
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ms. Ingeniería Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha: cadena de custodia**
 1.5. Autor de Instrumento: **Riveros Rojas, Amador Ricardo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

Cusco, 12 de febrero del 2021



FIORELLA STEFANY
MENDOZA CIRIACO
INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 210896

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mendoza Ciriaco Fiorella Stefany
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Sub Gerente de la Consultora Grupo Jhacc SAC
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ms. Ingeniería Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de caracterización del agua de camal**
- 1.5. Autor de Instrumento: **Riveros Rojas, Amador Ricardo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85

Cusco, 12 de febrero del 2021



FIORELLA STEFANY
MENDOZA CIRIACO
INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 210896

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mendoza Ciriaco Fiorella Stefany
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Sub Gerente de la Consultora Grupo Jhacc SAC
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ms. Ingeniería Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de características del agua tratada**
- 1.5. Autor | de Instrumento: **Riveros Rojas, Amador Ricardo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

Cusco, 12 de febrero del 2021

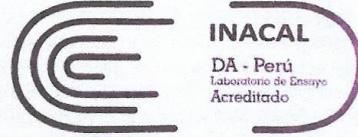


FIORELLA STEFANY
MENDOZA CIRIACO
INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 210896

Anexo N° 5. Reportes de laboratorio
Caracterización inicial de las aguas del Camal Municipal de Calca



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
 ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA
 CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

INFORME DE ENSAYO
LLP-0587-2021
SO-0153-2021

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Amador Ricardo Rivero Rojas
Dirección Legal: Jr. Andres Tomy s/n Kaytupampa – Calca.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua residual
Matriz química: Agua residual
Fecha de Ingreso de Muestra: 2021/02/24
Fecha de Ensayo: 2021/02/24

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Sr. Amador Ricardo Rivero Rojas
Fecha de Toma de Muestra: 2021/02/23
Hora de Toma de Muestra: 14:00
Procedencia de la Muestra: Efluente - Camal Municipal de Calca – Cusco.
Cantidad y Descripción de la Muestra: Frascos de polietileno de 250ml, 500ml, 1L, frasco de vidrio de 1L; transportado en cadena de frío.
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2021/03/03

Referencia: Nro. De Cotización: 66A-02-2021
 Cadena de custodia LLP-MP14-F04 de fecha: 2021/02/24
 Control de calidad de la toma de muestra microbiológico y químico LLP-MP14-F05 de fecha: 2021/02/03
 La toma de muestra fue realizada según el instructivo:
 LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO ₅	DBO ₅ mg/L	3993,99
DQO	mg O ₂ /L	6219,60
Sólidos totales en suspensión	mgSTS/L	1497,50
pH ^R	Unidades de pH	7,75
Conductividad (*)	us/cm	324,1

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL – DA.
^R Resultado referencial por superar el tiempo establecido por el método para su determinación.

Métodos de Referencia:

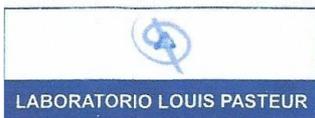
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)
 Demanda Química de Oxígeno (DQO) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23rd Ed. (2017)
 Sólidos Totales en Suspensión SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. (2017)
 Ph SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. (2017)
 Conductividad 2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION. Conductivity Part.2510. B Laboratory Method Pág 2-54



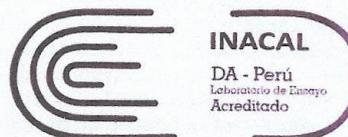
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación DUL-Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 09 NOVIEMBRE 2019
 Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - 771906 Cel. 975713500 - 974787151
 laboratorioulouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe

Efluente del Sistema TOHÁ



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

INFORME DE ENSAYO LLP-0588-2021 SO-0153-2021

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Amador Ricardo Rivero Rojas
Dirección Legal: Jr. Andres Tomy s/n Kaytupampa – Calca.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua residual
Matriz química: Agua residual
Fecha de Ingreso de Muestra: 2021/02/24
Fecha de Ensayo: 2021/02/24

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Sr. Amador Ricardo Rivero Rojas
Fecha de Toma de Muestra: 2021/02/23
Hora de Toma de Muestra: 15:00
Procedencia de la Muestra: Efluente del sistema Toha - Calca
Cantidad y Descripción de la Muestra: Frascos de polietileno de 250ml, 500ml, 1L, frasco de vidrio de 1L; transportado en cadena de frío.
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2021/03/03

Referencia: Nro. De Cotización: 66A-02-2021
Cadena de custodia LLP-MP14-F04 de fecha: 2021/02/24
Control de calidad de la toma de muestra microbiológico y químico LLP-MP14-F05 de fecha: 2021/02/03
La toma de muestra fue realizada según el instructivo:
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO ₅	DBO ₅ mg/L	761,51
DQO	mg O ₂ /L	1331,60
Sólidos totales en suspensión	mgSTS/L	173,00
pH ^R	Unidades de pH	7,20
Conductividad (*)	us/cm	316,3

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL – DA.
R Resultado referencial por superar el tiempo establecido por el método para su determinación.

Métodos de Referencia:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)
Demanda Química de Oxígeno (DQO) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23rd Ed. (2017)
Sólidos Totales en Suspensión SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. (2017)
Pn SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. (2017)
Conductividad 2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION. Conductivity Part.2510. B. Laboratory Method Pág. 2-54



Los resultados de los ensayos ~~no~~ pueden ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 09 NOVIEMBRE 2019

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - 771906 Cel. 975713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe

Efluente del Canal de Fitodepuración



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N° LE - 042

INFORME DE ENSAYO LLP-0589-2021 SO-0153-2021

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Amador Ricardo Rivero Rojas
Dirección Legal: Jr. Andres Tomy s/n Kaytupampa – Calca.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua residual
Matriz química: Agua residual

Fecha de Ingreso de Muestra: 2021/02/24
Fecha de Ensayo: 2021/02/24

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Sr. Amador Ricardo Rivero Rojas
Fecha de Toma de Muestra: 2021/02/23
Hora de Toma de Muestra: 15:40

Procedencia de la Muestra: Efluente del canal de Fitodepuración.
Cantidad y Descripción de la Muestra: Frascos de polietileno de 250ml, 500ml, 1L, frasco de vidrio de 1L; transportado en cadena de frío.

Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2021/03/03

Referencia: Nro. De Cotización: 66A-02-2021
Cadena de custodia LLP-MP14-F04 de fecha: 2021/02/24
Control de calidad de la toma de muestra microbiológico y químico LLP-MP14-F05 de fecha: 2021/02/03
La toma de muestra fue realizada según el instructivo:
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO ₅	DBO ₅ mg/L	238,67
DQO	mg O ₂ /L	415,60
Sólidos totales en suspensión	mgSTS/L	127,0
pH ^R	Unidades de pH	7,13
Conductividad (*)	us/cm	345,0

(**) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL – DA.
^R Resultado referencial por superar el tiempo establecido por el método para su determinación.

Métodos de Referencia:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)
Sólidos Totales en Suspensión
Ph
Conductividad

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23rd Ed. (2017)
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. (2017)
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. (2017)
2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION. Conductivity Part.2510. B. Laboratory Method Pág 2-54

Biga Mercedes Maritza Quispe Flórez
C. H. N. 4347

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 09 NOVIEMBRE 2019

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - 771906 Cel. 975713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe

Caracterización inicial de las mostrós de agua residual de Camal



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES TÚ MEJOR OPCIÓN EN SOLUCIONES AMBIENTALES

INFORME DE ENSAYO N° 1-050-002/21

Solicitante : Amador Ricardo Riveros Rojas.
Domicilio legal : Jr. Andres Tomy S/N Kaytutampa -Calca.
Muestra(s) declarada(s) : Agua Residual de Camal
Procedencia de la muestra : Muestra proporcionada por el solicitante.
Efluente de Camal - Cusco.
Cantidad de muestras para el Ensayo : 01 muestra x 1500 mL.
Forma de Presentación : Botella plástico cerrado, buen estado.
Fecha de recepción : 25/01/2021.
Fecha de inicio del ensayo : 26/01/2021.
Fecha de término del ensayo : 02/02/2021.
Fecha de emisión de informe : 04/02/2021.

ANÁLISIS DE AGUA:

ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	3955.4
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	6215.2
Sólidos totales	mg/L	1491.0
Conductividad eléctrica	µS/cm	325.0
Temperatura	°C	8
pH	-	7.9

- Muestra Tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

MÉTODOS

Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD Test.

Demanda Química de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux Colorimetric Method

Sólidos totales: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed.2017. Solids. Total Solids Dried at 103-105°C.

Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2510 B, 23rd Ed.2017. Conductivity. (Direct Method).

Temperatura: SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2550 B, 23rd Ed.2017. Temperature. (Direct Method).

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed.2017. pH VALUE. Electrometric Method

Huancayo, 04 de febrero de 2021

OBSERVACIONES

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

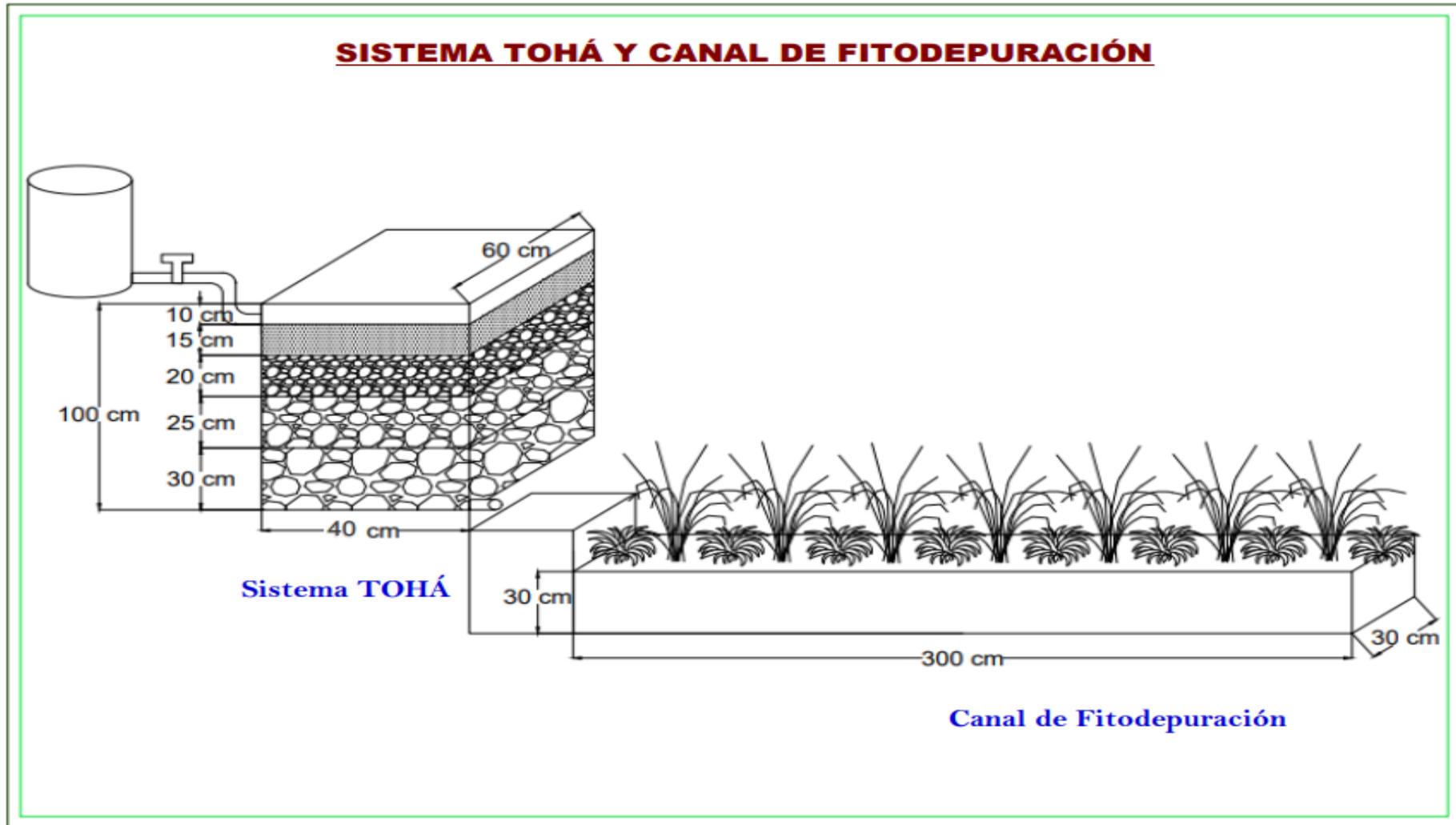
(*) Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES.

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

Oficina Principal
Jr. Santa Rosa N°1361 - El Tambo
T. (064) 413156/947879674/ 971718825
logistica@grupojhacc.com

Anexo N° 6. Diseño del Sistema Combinado



Anexo N° 7. Diseño del Sistema TOHÁ



Figura 31 Grava y Piedra de río



Figura 32 Agregado de piedra de río y grava al sistema TOHÁ



Figura 33 Piedra de río en sistema TOHÁ a una altura de 30 cm.



Figura 34 Piedra de río y grava en el Sistema TOHÁ.



Figura 35 Aserrín y lombrices de tierra (*E. Fóetida*).

Anexo N° 8. Camal Municipal de Calca y tratamiento de sus aguas residuales



Figura 36 Camal Municipal de Calca



Figura 37 Toma de mostró



Figura 38 Agua recolectada del Camal Municipal de Calca