

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**



**“EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO
Y DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN UN SISTEMA TANQUE SÉPTICO
MÁS FILTRO PERCOLADOR”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

DORIS LIZBETH, OBLITAS ABANTO

ASESORES:

ING. M. SC. GIOVANA E. CHÁVEZ HORNA

ING. JORGE S. LEZAMA BUENO

CAJAMARCA – PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

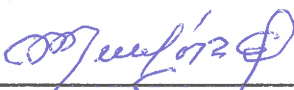
En la ciudad de Cajamarca, a los veintitrés días del mes de diciembre del año dos mil veintidós, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 253-2022-FCA-UNC, de fecha 16 de setiembre del 2022**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO Y DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN UN SISTEMA TANQUE SÉPTICO MÁS FILTRO PERCOLADOR", realizada por la Bachiller DORIS LIZBETH OBLITAS ABANTO para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las doce horas y cero minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las trece horas y quince minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.


Ing. M. Cs. José Ramiro Díaz Cumpén
PRESIDENTE


Dr. Agustín Emerson Medina Chávez
SECRETARIO


Ing. M. Cs. Adolfo Máximo López Aylas
VOCAL


Ing. M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna
ASESOR


Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, Wilder Oblitas Rodríguez y María Abanto Tolentino, quienes con mucho sacrificio han sido un pilar fundamental en mi formación; a mis hermanos que siempre confiaron en mí; a mi esposo por su apoyo; a mis hijos, por ser la motivación más grande para seguir superándome.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por ser quien guía mis pasos en este trayecto de mi vida, familiares y amigos que estuvieron brindándome su apoyo de diferente manera.

Un agradecimiento especial a mis asesores Ing. Giovana E. Chávez Horna e Ing. Jorge S. Lezama Buenos quienes aparte de ser grandes profesionales son grandes seres humanos, que dedicaron su valioso tiempo para que este trabajo de investigación llegue a concretarse.

Agradezco a todas las personas que laboran en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, que tuve el honor de conocer y que formaron parte de mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN	vi
ABSTRAC	vii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes de la investigación	3
2.2. Bases teóricas.....	10
2.3. Definición de términos básicos	23
CAPÍTULO III.....	24
MARCO METODOLÓGICO	24
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación	24
3.2. Materiales	26
3.3. Metodología.....	27
CAPÍTULO IV.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Concentraciones de DBO5 y DQO en el sistema tanque séptico más filtro percolador	34
4.2. Valores de pH y temperatura en el sistema tanque séptico y filtro percolador	43
4.3. Cumplimiento de los LMP establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM .	47
CAPÍTULO V	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
5.1. Conclusiones.....	51
5.2. Recomendaciones	51
CAPÍTULO VI.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
CAPÍTULO VII	61
ANEXOS	61
7.1. Consolidado de resultados de análisis de laboratorio y datos de campo.	61
7.2. Registro fotográfico	62
7.3. Informes de ensayo de muestreos.....	64
7.4. Formato de hoja de custodia.....	76
7.5. Formato de etiqueta de muestreo.....	78

7.6. Formato de registro de datos campo.....	78
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición típica de las aguas residuales domésticas.....	11
Tabla 2. Cargas promedio de las ARD en el área rural.....	12
Tabla 3. Frecuencia de monitoreo	31
Tabla 4. Preservantes y parámetros	31
Tabla 5. Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales	33
Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) para las concentración de la DBO5 en tres puntos de muestreo.....	35
Tabla 7. Prueba de Duncan al 5 % para las concentraciones de la DBO5 en tres puntos de muestreo.....	35
Tabla 8. Eficiencia de remoción de DBO5 del tanque séptico y filtro percolador.....	36
Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) para las concentraciones de la DQO en tres puntos de muestreo.....	39
Tabla 10. Prueba de Duncan al 5 % para las concentración de la DQO en tres puntos de muestreo.....	40
Tabla 11. Eficiencia de remoción de DQO del Tanque séptico y Filtro Percolador.....	41
Tabla 12. Valores de pH.....	43
Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) para el pH en tres puntos de muestreo.....	44
Tabla 14. Prueba de Duncan al 5 % para el pH en tres puntos de muestreo	45
Tabla 15. Valores de Temperatura.....	45
Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) para la temperatura en tres puntos de muestreo.....	46
Tabla 17. Resultados de laboratorio y datos de campo	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de la Digestión Anaerobia	21
Figura 2. Mapa de ubicación del Sistema Unifamiliar Tanque Séptico más Filtro Percolador ..	25
Figura 3. Sistema de Tanque Séptico más filtro percolador, escala 1:25	29
Figura 4. Ubicación de puntos de muestreo.....	30
Figura 5. Concentración de la DBO5 en los tres puntos de muestreo	34
Figura 6. Concentración de la DQO, mg/l.....	38
Figura 7. Eficiencia de remoción de DBO5 y DQO por cada unidad de tratamiento	43
Figura 8. Comparación de los valores del efluente para DBO5, con los LMP (D.S. N° 003-2010-MINAM).....	47
Figura 9. Comparación de los valores del efluente para DQO, con los LMP (D.S. N° 003-2010-MINAM).....	48
Figura 10. Comparación del pH en el EFP, con los LMP (DS N° 003-2010-MINAM)	49
Figura 11. Comparación del pH en el EFP, con los LMP (DS N° 003-2010-MINAM)	50
Figura 12. Rotulado de los frascos para muestras.....	62
Figura 13. Materiales: cooler, frascos, hoja de custodia, multiparámetro (derecha); llenado de la hoja de custodia (izquierda).	62

Figura 14. Medición de parámetros de campo (pH y temperatura).....	62
Figura 15. Toma de muestra (derecha); colocación de preservante para la conservación de la muestra (izquierda).....	63

RESUMEN

La presente investigación tuvo por finalidad analizar el desempeño de un sistema tanque séptico más filtro percolador ubicado en la zona periférica de la ciudad de Celendín, Cajamarca. La infraestructura del sistema se diseñó a partir de un caudal $0.240 \text{ m}^3/\text{día}$, para 6 habitantes; para efectos del estudio se consideró tres puntos de muestreo, denominados afluente del tanque séptico (ATS), efluente del tanque séptico (ETS) y efluente del filtro percolador (EFP).

Se obtuvo concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno de 226 mg/L en el ATS, 191.75 mg/L en el ETS y 114.50 mg/L en el EFP, con una eficiencia de 57.63% ; mientras que para la demanda química de oxígeno se obtuvo las siguientes concentraciones: 513.5 mg/L en el ATS, 333.75 mg/L en el ETS y 245.25 mg/L en el EFP, con una eficiencia de 61.52% ; el pH osciló entre $7,28$ a $7,7$ y la temperatura promedio de $18.90 \text{ }^\circ\text{C}$. Se concluyó que, el sistema es limitado en remoción de parámetros orgánicos (DBO y DQO) y no cumple con los LMP establecidos por el DS N° 003-2010-MINAM.

Palabras clave: Demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, tanque séptico, filtro percolador.

ABSTRACT

The purpose of this investigation was to analyze the performance of a septic tank system plus trickling filter located in the peripheral zone of the city of Celendín, Cajamarca. The infrastructure of the system was designed from a flow of 0.240 m³/day, for 6 inhabitants; For the purposes of the study, three sampling points were considered, called septic tank influent (ATS), septic tank effluent (ETS) and trickling filter effluent (EFP).

Biochemical oxygen demand concentrations of 226 mg/L were obtained in the ATS, 191.75 mg/L in the ETS, and 114.50 mg/L in the EFP, with an efficiency of 57.63%; while for the chemical oxygen demand the following concentrations were obtained: 513.5 mg/L in the ATS, 333.75 mg/L in the ETS and 245.25 mg/L in the EFP, with an efficiency of 61.52%; the pH oscillated between 7.28 to 7.7 and the average temperature of 18.90 °C. It was concluded that the system is limited in the removal of organic parameters (BOD and COD) and does not comply with the LMP established by Supreme Decree N° 003-2010-MINAM.

Keywords: Biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, septic tank, trickling filter.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los escenarios del cambio climático proyectan una exasperación de las variaciones espaciales y temporales de las dinámicas del ciclo del agua, de manera que las discrepancias entre la oferta y la demanda del agua se agravan cada vez más. Frente a la siempre creciente demanda, las aguas residuales están cobrando importancia como fuente de agua alternativa fiable, cambiando el paradigma de la gestión de aguas residuales de “tratamiento y eliminación” a “reutilización, reciclado y recuperación del recurso” (UNESCO 2017), por ello el objetivo al que se apunta es buscar soluciones para enfrentar el reto que actualmente sufrimos los países del mundo, la escasez hídrica a través del reúso de aguas residuales tratadas.

El Perú y la región de Cajamarca no son ajenos a esta realidad, según el primer estudio de desempeño ambiental realizado, señala que solo el 40 % del volumen total producido de aguas residuales, recibe algún tipo de tratamiento previo a su vertimiento en un cuerpo receptor (MINAM 2016), en el año 2019 se descargaron aproximadamente 262 696 865 m³ de aguas residuales domésticas sin tratamiento en todo el país, correspondiendo a la región Cajamarca 8 401 039 m³ (INEI 2020), infringiendo de esta manera la Ley de Recursos Hídricos en donde se prohíbe el vertimiento o reúso del agua residual sin tratamiento.

Adicional al problema de la contaminación ambiental producida por la descarga de las aguas residuales sin tratamiento previo, se suma la afectación a la salud, un problema visible es que en la zona de Pallac, los agricultores desvían el curso natural del río, para regar sus hortalizas u otros cultivos, por lo que estamos expuestos a diario a contraer algún tipo de enfermedad; Snow en 1849 demostró que la transmisión del cólera se da a través de aguas contaminadas por

aguas residuales, determinando que las aguas residuales eran trasmisoras de enfermedades y por lo tanto un problema que resolver (Osorio 2010).

La presente investigación surge a partir de la necesidad de buscar alternativas que se puedan implementar para viviendas de la zona rural o que no cuenten con sistema de alcantarillado, de tal manera que el efluente tratado cumpla con los requisitos de límites máximos permisibles, para ser vertido al cuerpo receptor, sin causar impactos adversos al ecosistema; una alternativa como el sistema tanque séptico más filtro percolador, es viable económicamente, debiendo determinarse si es viable ambientalmente, planteándose los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Determinar la eficiencia de remoción de DBO_5 y DQO de un sistema tanque séptico más filtro percolador en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Objetivos específicos:

- a) Determinar las concentraciones de DBO_5 y DQO.
- b) Determinar los valores de pH y temperatura, como parámetros de campo.
- c) Evaluar el cumplimiento de los LMP establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

La Norma Técnica OS.090 (2015) del Reglamento Nacional de Edificaciones, en su numeral 4.3.11 establece que, en ningún caso se permitirá la descarga de aguas residuales sin tratamiento a un cuerpo receptor, aun cuando los estudios del cuerpo receptor indiquen que no es necesario el tratamiento, asimismo señala que el tratamiento mínimo que deberán recibir las aguas residuales antes de su descarga deberá ser el tratamiento primario. Es decir, un nivel de tratamiento capaz de remover la materia orgánica sedimentable, entre los que se encuentra el tanque Imhoff, el tanque séptico, el tanque o laguna de sedimentación y las lagunas en general, aunque estas últimas se encuentren dentro de los procesos de tratamiento secundario, que es un objetivo adicional al alcanzado mediante el tratamiento primario.

SUNASS (2016), en el Diagnóstico de las planta de tratamiento de aguas residuales, refiere que una de las deficiencias en cuanto a la operación y el mantenimiento, tiene que ver con la sobrecarga orgánica o sobrecarga hidráulica en el 50% del total de las PTAR, falta de manuales y de programas adecuados de operación, mantenimiento y monitoreo, falta de personal capacitado, de equipamiento y de recursos financieros necesarios para una adecuada operación y mantenimiento de las PTAR e insuficientes actividades de operación y mantenimiento de las PTAR.

Según el Informe N° 004-2020-SUNASS-DPN “Diagnóstico Pequeñas Ciudades 2018”, para la elaboración de dicho informe se denominó “pequeñas ciudades” a los centros poblados con población entre 2,001 y 15,000 habitantes y que registran no ser abastecidos por una Empresa Prestadora. En el informe se indica que de las 265 pequeñas ciudades que cuentan con sistema de alcantarillado sanitario, sólo 147 de ellas cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), encontrándose el 61 % de la PTAR en estado regular (47%) o colapsado (14%), lo que implicaría que existe deficiencias en la operación y mantenimiento (SUNASS 2020).

Van Haandel (1994), citado por Rodríguez (s.f.), manifiesta que el tratamiento primario con digestión anaerobia de los sólidos removidos fue ampliamente aplicado entre las dos guerras mundiales (Tanque séptico, Tanque Imhoff y la Digestión de lodo separado). Debido a la baja remoción de materia orgánica, así como a los largos periodos de tiempo que requerían los sistemas anaerobios, a partir del año 1945 empieza la utilización masiva de sistemas aerobios especialmente, lodos activados y filtros percoladores. La alta eficiencia de estos sistemas en cuanto a remoción de materia orgánica expresada en términos de DBO (90 a 95%), comparada con la obtenida en los procesos anaerobios (30 a 50%) hacían a estos últimos poco competitivos.

Sánchez (2016), en la Tesis denominada “Eficiencia de remoción de nitrógeno en un sistema unifamiliar de tanque séptico más filtro percolador”, determinó que la temperatura promedio fue 16.75 °C, en cuanto al pH en los tres puntos de monitoreo fueron 7.672, 7.78 y 8.059 respectivamente, estos resultados se encontraron dentro de los LMP fijado por D.S. N°003-2010-MINAM, además concluyó en que el sistema de tratamiento tiene un efluente rico en nitrógeno amoniacal, con inexistencia de nitritos y

nitratos, debido a que no hay presencia de oxígeno disuelto para que el proceso biológico de nitrificación ocurra.

Prieto y Velásquez (2018), en su tesis denominada “Diseño, construcción y evaluación de un reactor de filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) a nivel de laboratorio para el tratamiento de agua residual doméstica”, consistió en diseñar y construir el reactor de Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) a escala de laboratorio con un volumen de 10 L para la biodegradación de la carga contaminante. El reactor FAFA tiene una geometría cilíndrica cuyo diámetro interno es de 0.1524 m (6 "), una altura total de 0.56 m, un volumen de medio de soporte de 0.0056 m³, para tratar una carga orgánica de 0.013 kg DBO/ h L. Para la evaluación del Reactor FAFA, se corrieron 7 pruebas las cuales dependieron del tiempo de retención hidráulico los cuales fueron: 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 horas, con caudales de 1.25, 0.83, 0.63, 0.50, 0.42, 0.36, 0.31 L/h respectivamente. Como resultados se obtuvieron las concentraciones para la DBO₅ 400 mg/L (TRH-8), 260 mg/L (TRH-12), 184 mg/L (TRH-16), 85 mg/L (TRH-20), 47 mg/L (TRH-24), 39 mg/L (TRH-28) y 35 mg/L (TRH-32); las concentraciones para DQO fueron: 812 mg/L (TRH-8), 517 mg/L (TRH-12), 390 mg/L (TRH-16), 164 mg/L (TRH-20), 94 mg/L (TRH-24), 74 mg/L (TRH-28) y 69 mg/L (TRH-32), determinando que el TRH óptimo es de 24 horas. La temperatura se encontró alrededor de los 33 °C.

Rodríguez (2014), en su investigación denominada “Estudio de la eficiencia de un filtro sumergido y un filtro percolador en el tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas, Moyobamba”, determinó que las mejores eficiencias de remoción del filtro percolador ocurrieron cuando se inyectó aire artificial con concentraciones de 58 mg/1 DBO, 93 mg/1 de DQO y 68 mg/1 de SST, significando eficiencias de 77%, 77% y 63%

respectivamente, confirmando que hay cumplimiento con los LMP que establece la normativa peruana. Es importante mencionar que las características de ambos filtros fueron las siguientes: diámetro 0.20 m, altura 1.53 m y el medio filtrante consistió en anillos de polipropileno de $\frac{3}{4}$ de pulgadas y 2.5 cm de longitud, los cuales se colocaron hasta una altura de 1.3 m.

Blas (2018), en su Tesis “Determinación y mejoramiento de la eficiencia del sistema de tanque séptico y filtro biológico de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Jivia – departamento de Huánuco”, que consiste en un sistema combinado (anaerobio-aerobio), las características del filtro percolador aerobio fueron: instalación de gravas de filtro de primera capa de 0.50 m de altura, diámetro de gravas de 5 a 7 cm y la segunda capa de 1.00 m de altura con diámetros de gravas de 2.5 a 5 cm, se llegó a la conclusión de que la DBO_5 disminuye de 241 mg/l a 98 mg/l, es decir, que la eficiencia de remoción del sistema es de 40.7%, finalmente si cumplió con los LMP establecidos por la normativa peruana para efluentes de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Mondragón y Paredes (2019), en la Tesis denominada “Evaluación de la eficiencia de un sistema de dos filtros percoladores en serie para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la urbanización Santa Lucía – Morales, 2018”, se determinó que la eficiencia del sistema al final del ensayo (40 días) fue de 98.12%, 96.36% y 95.76% para DBO_5 , DQO y SST respectivamente, indicando que el tratamiento de aguas residuales domésticas con filtros percoladores es eficiente en la remoción de DBO_5 , DQO, SST.

En cuanto a las características de los filtros aerobios se tiene que presentan un diámetro 0.28 m cada filtro, el área de $0.051m^2$ y el volumen de $0.066 m^3$.

Barrera et al. (2018), en su investigación denominada, “Evaluación técnica del filtro biológico de la Universidad Tecnológica de Panamá, Campus Víctor Levi Sasso”, que consistió en un sistema conformado por tanque séptico y filtro biológico o percolador, enfocándose en determinar la eficiencia de remoción de la segunda unidad de tratamiento, el que presenta un medio filtrante de piedras (canto rodado específicamente) cuyo tamaño oscila entre 2” a 4” de diámetro, consta de una profundidad de 1.40 m, un ancho de 6 m y un largo de 46 m, cuenta con un área de lecho filtrante de 276 m² y un volumen de 386.4 m³, concluyó que el sistema de percolación corresponde a un filtro biológico aerobio de baja tasa, con un porcentaje de eficiencia remoción de 16.95% según la DBO₅, en comparación con el rango de eficiencia de remoción recomendada para este parámetro que es de 80%-90% y el valor de porcentaje de remoción de DQO del sistema, en promedio de eficiencia de remoción un 18.99%, indicando que se encuentran por debajo del rango establecido de porcentaje de remoción de un filtro percolador (entre 70% y 80% de remoción). El pH se encontró en un rango entre 7.5 y 9.5, que se considera aceptable para la realización de los procesos biológicos necesarios, especialmente el crecimiento de las bacterias. La temperatura permaneció constante durante todo el tiempo de muestreo, cuyo valor promedio en la entrada del filtro arrojó un valor de 23.39°C y en la salida, un valor de 23.64°C

Núñez (2019), en la Tesis denominada “Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba - Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento”, se determinó que los valores de temperatura se encuentran entre 16 y 19, así mismo los valores de pH se encuentran entre 7.27 y 7.82, en promedio 7.30 en el afluente y 7.47 en el efluente, en tanto que el valor mínimo de la DBO₅ fue de 44,60 mg/L y el valor máximo fue de 364,00 mg/L, los valores mínimo y máximo de la DQO fueron

69,40 mg/L y 597,40 mg/L respectivamente, concluyendo que la planta de tratamiento de aguas residuales mediante filtros percoladores anaerobios no es eficiente en la remoción de materia orgánica mediante los indicadores de DBO₅ y DQO dichos valores representan el 23,20% y 27,63% respectivamente, valores que se encuentran muy por debajo de los aceptables para este tipo de tratamiento.

Apaza (2021), en la Tesis denominada “Evaluación de la eficiencia de los tratamientos biológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José provincia de Azángaro”, dicha planta consta de cámara de rejillas (afluente), trampa de grasas, sedimentador 1, sedimentador 2, filtros de arena y grava, filtros percoladores y humedales artificiales (efluente), las características de los filtros percoladores son las siguientes: Filtro percolador 1 (ancho : 2.8 m, largo : 3.2 m); Filtro percolador 2 (ancho : 1.8 m, largo : 2.2 m) y Filtro percolador 3 (ancho : 6.4 m, largo : 7.0 m), en esta investigación se llegó a la conclusión de que los tratamientos biológicos remueven en un 94.4% aceites y grasas, 34.71% en DBO, 34.32% en DQO, 34.02% en sólidos totales en suspensión y 99.11% en coliformes termotolerantes, concluyendo que la planta de tratamiento del distrito de San José tiene mayor eficiencia en la remoción de aceites y grasas y coliformes termotolerantes, y menor eficiencia en cuanto a DBO y DQO, esto debido a que la eficiencia del filtro percolador es la más baja de todo el sistema de tratamiento (3.68% y 3.58% respectivamente).

Aguirre, et al. (2018), en su investigación “Tratamiento primario de aguas servidas mediante tanque séptico en urbanización de Lurigancho, Lima”, el proyecto piloto se ejecutó a escala real empleando un tanque séptico y se realizó en una vivienda familiar del distrito de Lurigancho-Chosica (Lima). Se concluyó que el prototipo a escala real del

tanque séptico, tiene una eficiencia de 63.12 % de funcionamiento con un proceso de retención de 3 días, un caudal de $4.624 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ y un volumen depositado de 0.216 m^3 , para evidenciar su eficiencia se realizó en análisis pre y pos de la calidad del agua, determinándose la eficiencia de remoción para DBO fue de 45%, mientras que para DQO fue del 50%.

Ramírez (2022), en su estudio de investigación “Optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales mediante reactor anaerobio de flujo ascendente con filtros percoladores, en la localidad de Laberinto, Madre de Dios”, que busca optimizar el sistema de tratamiento de aguas residuales aplicando una complementariedad, al tratamiento secundario de filtros percoladores, de modo que, se evalúe la remoción de la carga orgánica, determinando que la unidad de lodos activados es la que mejor complementa a los filtros anaerobio, obteniéndose una remoción de DBO y sólidos suspendidos de 85- 90% para el primer parámetro y para el segundo parámetro una eficiencia de remoción de 55 – 60%.

Achircana y Mestas (2019) “Evaluación de la eficiencia de un reactor combinado RAFA-FAFA en el tratamiento de aguas residuales municipales en la localidad de Espinar – cusco”, con esta investigación se buscó evaluar la actividad de los reactores en climas fríos altoandinos, donde la temperatura que juega un papel importante en la reacción de depuración, como variables de operación se toma la temperatura, tiempo de residencia hidráulico y altura de lecho de filtro; para evaluar la eficiencia del Reactor Combinado se toma como variables respuesta los porcentajes de remoción en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST). En los resultados se obtiene que, maximizando las variables en Planta

Piloto, hasta valores de 20°C de temperatura, 34 horas de tiempo de residencia hidráulico y trabajando con el lecho de filtro completamente lleno hasta sus 4 metros, se logró llegar a valores de 53 mg/l de DBO5, 56 mg/l de DQO, y 53 mg/l de SST, representando remociones en porcentajes de 83% en DBO5, 82% en DQO y 85% en SST, logrando valores muy por debajo de los límites máximos permisibles.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agua residual doméstica

Mara (1990), citado por Díaz et al. (2012), define a las aguas residuales domésticas como aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.), por ello se considera que es necesario realizar un adecuado tratamiento de las mismas, mitigando los diferentes impactos que pueden llegar a tener para el entorno (Gómez 2011).

Las aguas residuales domésticas consisten básicamente en: agua, sólidos disueltos y sólidos en suspensión, de los cuales según Quintero (2007) los sólidos son la fracción más pequeña (representan menos del 0.1 % en peso), pero representan el mayor problema a nivel del tratamiento. El agua provee sólo el volumen y el transporte de los sólidos. Del 0.1 % que corresponde a los sólidos, 70% representa a sólidos orgánicos y 30% sólidos inorgánicos.

2.2.2. Composición típica del agua residual doméstica

Para Metcalf y Eddy (1998), la composición de las aguas residuales se refiere a las cantidades de constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes en las aguas residuales, en la Tabla 1 se presenta los contaminantes de interés del presente estudio, con respecto a la concentración típica de las aguas residuales domésticas. Es importante conocer la composición del agua residual para recibir un tratamiento adecuado, antes de ser vertidas en las masas receptoras, evitando que se provoquen problemas de polución y de contaminación de las aguas receptoras, como menciona Espigares y Pérez (s.f.).

Tabla 1. Composición típica de las aguas residuales domésticas

Contaminantes	Concentración			
	Unidades	Débil	Media	Fuerte
Demanda Bioquímica de oxígeno, mg/l 5 días, 20°C (DBO ₅ , 20°C)	mg/l	110	220	400
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	250	500	1000

Fuente: Adaptado de Metcalf y Eddy (1998)

Romero (2008) indica que las cargas por persona equivalente para comunidades pequeñas o áreas rurales, en donde las aguas residuales son predominantemente domésticas se considera los valores que se muestra en la Tabla 2.

Cabe señalar que en la Norma OS.090 (2006) se considera que, para comunidades sin sistema de alcantarillado, la determinación de las características debe efectuarse calculando la masa de los parámetros más importantes, a partir de los aportes per cápita, uno de ellos es la DBO₅ días, 20°C, con 50 g / (hab.d).

Tabla 2. Cargas promedio de las ARD en el área rural

Parámetro	Valor
Caudal	150 L/c. d
DQO	75 – 80 g/c. d
DBO	30 – 35 g/ c. d

Fuente. Adaptado de Romero (2008).

2.2.3. Características del agua residual de importancia para la investigación

El conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales es esencial para el buen funcionamiento del sistema de tratamiento (Metcalf & Eddy 1998), específicamente se describirá las características que se tendrán en cuenta para este estudio:

pH. Dentro del proceso de digestión anaerobia está en función de la producción de AGV_S y de alcalinidad presente. Una sobrecarga orgánica causada por un aumento en la concentración de sustrato puede ocasionar que la velocidad a la que se producen los AGV_S sea mayor que la velocidad de consumo de estos ácidos. La acumulación de AGV_S conduce a la inhibición de las bacterias metanogénicas hidrogenófilas, acumulando el H₂ e inhibiendo a las bacterias metanogénicas acetoclásticas, lo que cierra un círculo de inestabilidad que lleva a la acidificación del proceso (Saleh y Mahmood 2003, citado por Padilla 2010).

El valor de pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, pero generalmente es de 6,5 a 8,5 y que aguas con pH menor de 6, en tratamiento biológico, favorece el crecimiento de hongos sobre las bacterias (Romero 2008), mientras que Ángel (1994,

p.9) recomienda que, antes de inocular el agua de dilución, se debe tener especial cuidado en ajustar el pH del agua residual al rango de 6.5 a 7.5 para obtener valores confiables de la DBO, ya que los microorganismos se desarrollan o sobreviven mejor en condiciones de pH neutro.

También Padilla (2010) considera que, para que el proceso anaerobio se desarrolle en forma satisfactoria, el pH debe estar en torno a la neutralidad, dentro de un intervalo de 6 a 8.3; sin embargo, este parámetro no se considera una buena variable de control del proceso de digestión anaerobia por resultar demasiado lenta; es decir que, una vez identificada una variación en el pH, la inestabilidad del sistema podría ser irreversible.

Temperatura. Metcalf y Eddy (1998), define a la temperatura como un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles, Ángel (1994, p.8) indica que, el incremento de temperatura acelera los procesos bacteriológicos y la tasa de utilización del oxígeno, es decir, la tasa de velocidad de la reacción biológica, está en función de la temperatura. Generalmente se determina la DBO de una muestra de agua residual a 20 °C.

Entonces la temperatura puede afectar el proceso anaerobio de dos maneras, si ésta aumenta, la actividad enzimática se acelera y por lo tanto el crecimiento microbiano se ve favorecido; sin embargo, por arriba de 60 °C, las proteínas, los ácidos nucleicos y otros componentes celulares pueden dañarse irreversiblemente (Bougrier et al. 2006, citado por Padilla 2010), por otro lado, cuando la temperatura se encuentra por debajo de 10 °C, la actividad metabólica se reduce de manera significativa.

La temperatura óptima para este tipo de proceso es aquella en la cual el crecimiento de los microorganismos es máximo, encontrándose en un rango de 32 - 36 °C, en el régimen mesofílico y de 55 °C cuando se trabaja en condiciones termofílicas, según Choorit y Wisarnwan (2007), citado por Padilla (2010); sin embargo, Romero (2008) menciona que la temperatura óptima para la actividad bacteriana es de 25 °C a 35 °C. La digestión aeróbica y la nitrificación se suspenden cuando la temperatura alcanza los 50 °C, cuando la temperatura es menor de 15 °C la digestión metanogénica es muy lenta, y a temperaturas de 5 °C la bacteria autotrófica nitrificante deja de operar, también al respecto Metcalf y Eddy en el año 1998 refiere que, si se alcanzan temperaturas del orden de 2 °C, incluso las bacterias quimioheterótrofas que actúan sobre la materia carbonosa dejan de actuar.

Materia orgánica. Metcalf y Eddy (1998), consideran que los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia en determinados casos, de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo, hierro, siendo los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual: las proteínas (40 – 60 por 100), hidratos de carbono (25-50 por 100). y grasas y aceites (10 por 100). Otro compuesto orgánico con importante presencia en el agua residual es la urea.

La medición de parámetros indirectos como la DBO y DQO son muy importantes ya que, como lo plasma Ángel (1994) permitirán determinar la contaminación biológica del agua, midiendo los requerimientos de oxígeno demandados por una población de microorganismos en agua tratada como contaminada, así mismo se utiliza para

determinar la eficiencia de un proceso de tratamiento de aguas y para dimensionar las instalaciones para el tratamiento de las mismas.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). Ramalho (2003), citado por Lecca et al. (2014), define a la DBO₅ como la medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua, como resultado de la acción de oxidación aerobia, también indica que, la DBO de cinco días, o DBO₅ es la cantidad total de oxígeno consumida por los microorganismos durante los primeros cinco días de biodegradación (Lecca et al. 2014, p.76).

Metcalf y Eddy (1998), considera que independientemente de la duración del ensayo, es importante asegurar que la temperatura se mantenga constante a lo largo del mismo. La medición de oxígeno disuelto se hace antes y después del periodo de incubación, y la DBO se calcula empleando las ecuaciones:

Cuando el agua de dilución no ha sido inoculada

$$\text{DBO, mg/L} = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

Cuando el agua de dilución ha sido inoculada

$$\text{DBO, mg/L} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P}$$

donde:

D_1 = oxígeno disuelto de la muestra diluida inmediatamente después de la preparación de la misma, en mg/L.

D_2 = oxígeno disuelto de la muestra diluida tras 5 días de incubación a 20 °C, en mg/L.

P= Fracción volumétrica de muestra empleada.

B_1 = concentración de oxígeno disuelto en el testigo (contenido solo agua de dilución), antes de la incubación, en mg/L.

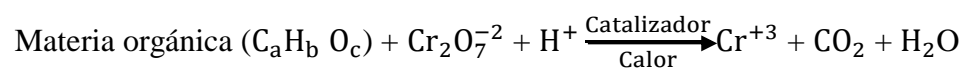
B_2 = concentración de oxígeno disuelto en el testigo (contenido solo agua de dilución), después de la incubación, en mg/L.

f = relación entre inóculo en la muestra e inóculo en el testigo (por 100 inóculo en D_1) / (por 100 inóculo en B_1).

La oxidación bioquímica es un proceso lento, cuya duración es en teoría, infinita. En un periodo de 20 días se completa la oxidación del 95 a 99 por ciento de la materia carbonosa, y en los 5 días que dura el ensayo de la DBO se llega a oxidar entre el 60 y el 70 por ciento (Metcalf y Eddy 1998).

Demanda química de oxígeno (DQO). Romero (2004) menciona que la demanda química de oxígeno (DQO) se usa para medir el oxígeno consumido por una muestra de agua residual mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio, después de 2 o 3 horas de reflujo en un medio ácido concentrado y alta temperatura.

La principal reacción química que tiene lugar puede expresarse, de manera esquemática, del siguiente modo:



La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica (Metcalf & Eddy 1998).

Ramírez et al. (2008) manifiesta que, la DQO es un parámetro importante y lo suficientemente rápido para determinar el grado de contaminación del agua y puede ser empleada para estimar la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales, es así que esta técnica es muy útil cuando las aguas residuales llevan sustancias tóxicas, toda vez que puede ser la única manera de determinar la carga orgánica, en donde la oxidación química es más rápida que la oxidación biológica, para Lecca (2014).

Para calcular el % de remoción es necesario calcular la $DQO_{removida}$, ésta se calcula de la siguiente manera:

$$DQO_{removida} = DQO_{Inf} - DQO_{Efl}$$

Para calcular el % de remoción se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de remoción} = \frac{DQO_{removida}}{DQO_{Inf}} \times 100$$

2.2.4. Niveles de tratamiento del sistema: Tanque séptico más filtro percolador

Para Ramalho (2003) el grado de tratamiento requerido para un agua residual depende fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente.

Tratamiento primario

Este tratamiento es contemplado por Metcalf & Eddy (1998) como el uso de operaciones físicas tales como la sedimentación y el desbaste para la eliminación de los

sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual. Por lo general el tratamiento primario en un sistema convencional, remueve alrededor del 60% de los sólidos suspendidos del agua residual cruda y hasta un 40% de la DBO (IBAL 2017, citado por Ascanio y Rodríguez 2017, p.20). En el año 2006, la Norma OS 090 determinó que estos procesos pueden ser: tanques Imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación.

Tanque séptico. Son unidades de tratamiento primario que reducen la concentración de sólidos en suspensión, tanto sedimentables como flotantes, se recomienda para poblaciones con menos de 200 habitantes, según Yaya (2012). Este tipo de tratamiento se recomienda para zonas en localidades que no cuenten con servicios de alcantarillado sanitario o que resulten muy costosas debido a su lejanía (OPS 2005).

Está diseñado para cumplir con tres funciones importantes: sedimentación, almacenamiento y digestión de sólidos; en donde la materia sedimentable se precipita y acumula en el fondo, mientras que la mayoría de los sólidos ligeros, como la materia grasa, permanecen flotando, formando en la superficie del agua una capa de nata o espuma que ayuda a reducir los movimientos bruscos del fluido, además de aislarlo del aire que pudiera entrar (CONAGUA s.f.).

Con respecto al material sedimentado (los sólidos) que forma una capa de lodos o fango en el fondo del depósito, es degradada biológicamente por el tiempo de permanencia y la acción de los microorganismos (NTP IS 020:2006), teniendo en cuenta que el tiempo de retención recomendable es de 12 a 24 horas, según Yaya (2012); sin embargo, en la

Guía para diseño de tanque séptico manifiesta que se debe considerar un tiempo de retención mínimo de 6 días (OPS 2005).

Romero (2008) determina que en el tanque séptico, el parámetro de medición de DBO tiene una eficiencia de 30% a 50%; haciendo referencia a la Norma Técnica I.S. 020 (2006) se estipula que, el efluente de un tanque séptico no posee las cualidades físico-químicas u organolépticas adecuadas para ser descargado directamente a un cuerpo receptor de agua, por esta razón es necesario dar un tratamiento complementario al efluente, con el objetivo de disminuir los riesgos de contaminación y de salud pública, conocido como etapa biológica de tratamiento.

Tratamiento secundario

El tratamiento secundario convencional es biológico, se usa principalmente para remoción de DBO soluble y sólidos suspendidos volátiles, se incluyen en estos los procesos biológicos de lodos activados, filtros percoladores, sistemas de lagunas y sedimentación (Ascanio y Rodríguez 2017).

Filtros percoladores anaerobios. Para Lizana (2018), son unidades de tratamiento secundario del tipo biológico con medio adherido o asistido, en donde el agua residual pasa a través de un medio filtrante formando una película biológica que precisamente permite la degradación biológica de la materia orgánica.

Este lecho, consiste en piedras, u otro medio natural o sintético, sobre el cual se aplican las aguas residuales con el consecuente crecimiento de microorganismos, lamas o

películas microbiales (Vargas y turca 2016), para Metcalf y Eddy (1998) usualmente el medio de rocas es de tamaño cambiante, entre 2.5 y 10 cm. Con respecto a la eficiencia de remoción de esta unidad de tratamiento, Yaya (2012) menciona que el TRH es el parámetro de diseño más importante que afecta el desempeño del filtro, siendo lo típico y recomendado de 0.5 a 1.5 días, también menciona que la eficiencia de remoción para DBO está en un rango de 50% a 80% y que el filtro anaerobio no opera a toda su capacidad en los 6 a 9 primeros meses después de la construcción, debido al largo tiempo de arranque necesario para estabilizar la biomasa anaerobia requerida.

Romero (2008) precisa que la eficiencia de remoción par DBO en un filtro anaerobio es de 65 % a 80% y que la descomposición anaerobia es posible con todos los compuestos orgánicos que contienen oxígeno en sus moléculas

Estos reactores anaerobios de crecimiento suspendido y empacado, operando a bajas temperaturas (10 °C - 20 °C), las tasas de reacción son más lentas, por lo que a temperaturas bajas se requiere mayor tiempo de retención de sólidos y aplicación de cargas orgánicas más bajas, como sugiere CONAGUA (2015).

2.2.5. Proceso de digestión anaerobia

De acuerdo con (Borja et al. 2005, citado por Padilla 2010), la digestión anaerobia ocurre en cuatro etapas básicas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis, como se plasma en la Figura 1.

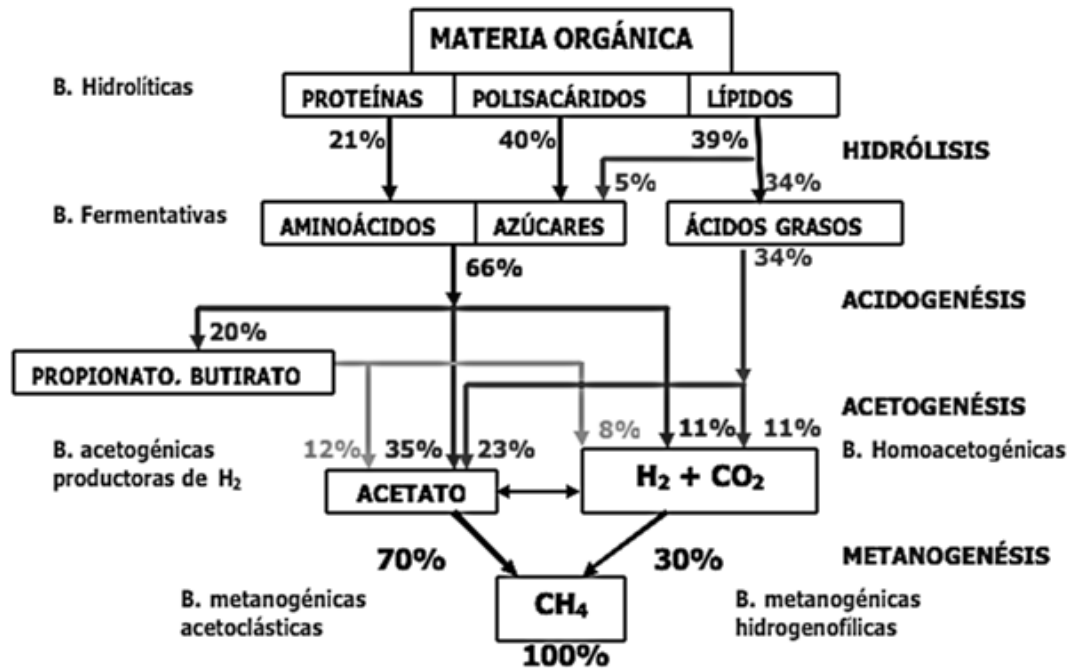


Figura 1. Etapas de la Digestión Anaerobia

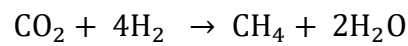
Fuente. Haandel 1994, citado por Rodríguez s.f.

El tratamiento anaerobio consiste en cuatro fases, en donde intervienen grupos bacterianos específicos que en ausencia de oxígeno transforman la materia orgánica en biogás (metano y dióxido de carbono). Vivanco et al. (s.f.) mencionan que las poblaciones bacterianas involucradas en cada una de las etapas del proceso cumplen roles específicos, por lo que requieren condiciones ambientales apropiadas para su crecimiento y viabilidad. La mantención y estabilidad de estas condiciones al interior de los reactores utilizados para digestión anaerobia representa entonces, el desafío principal de toda la operación para este tipo de plantas.

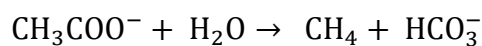
Vásquez 2013, citado por Rosero (2018, p.34) explica que la primera etapa involucra la hidrólisis de sólidos insolubles tales como partículas orgánicas que presentan estructura compleja, para convertirlos en compuestos solubles más simples que puedan ser absorbidos a través de la pared celular de los microorganismos, dichas moléculas

hidrolizadas son catalizadas por bacterias fermentativas en alcoholes y ácidos grasos, teniendo como resultado la producción de hidrógeno y dióxido de carbono, durante la acetogénesis, se produce ácido acético, propiónico y butírico, gracias a la oxidación de ácidos grasos de cadena corta o alcoholes o a través de la reducción del CO₂, usando hidrógeno como donador de electrones para la reacción. Finalmente se lleva a cabo el proceso de metanogénesis por bacterias arqueas en condiciones estrictamente anaerobias, las cuales convierten los productos de la fermentación ácida en CO₂ y CH₄, de modo que obtienen su energía de la conversión de un número restringido de sustratos a metano.

En función al precursor que sea utilizado, la etapa de metanogénesis se lleva a cabo por dos rutas: en la primera de H₂ es usado como donador de electrones, mientras que el CO₂ o HCO₃⁻ se utilizan como aceptores, para formar CH₄ y agua (Padilla 2010).



En la segunda vía, el acetato (CH₃COO⁻) se rompe y forma CH₄ a través de la reacción acetoclástica.



Appels et al. (2008), citado por Padilla (2010), indica que las condiciones a las cuales las bacterias formadoras de CH₄ se pueden adaptar son más restringidas; el intervalo de pH al que pueden sobrevivir se encuentra entre 6.0 y 8.0; sin embargo, su pH óptimo se encuentra entre 7.0 y 7.2. Soportan condiciones de temperatura entre 20 °C y 42 °C, aunque la máxima producción de CH₄ se ha observado en los 35 °C. Este grupo de bacterias sólo se duplican una vez cada 3 ó 5 días; este lento crecimiento constituyendo una de las bases más importantes para los procesos anaerobios en general.

2.2.6. Límites Máximos Permisibles

El Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, publicado el año 2010, en su artículo 2° define el término Límite Máximo Permisible (LMP), como la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. En dicha norma se establecen los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda, considerando valores máximos para DBO₅ 100 mg/L, para DQO 200 mg/L, para el pH un rango de 6.5 a 8.5 y para temperatura < 35°C.

2.3. Definición de términos básicos

Demanda Bioquímica de Oxígeno. Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos, generalmente 5 días y a 20°C (Plantas De Tratamiento de Aguas Residuales 2006).

Demanda Química de Oxígeno. Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual (Plantas De Tratamiento de Aguas Residuales 2006).

Tanque séptico. Sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas que combina la sedimentación y la digestión. El efluente es dispuesto por percolación en el terreno y los sólidos sedimentados y

acumulados son removidos periódicamente en forma manual o mecánica (Reglamento Nacional de Edificaciones 2006).

Filtro percolador anaerobio. Reactor que realiza su función como depurador de aguas residuales bajo los principios de tratamiento anaeróbico, haciendo fluir el agua a través de un medio donde están contenidos los microorganismos encargados de la depuración (Viquez 1999).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

El Sistema unifamiliar tanque séptico más filtro percolador se encuentra instalado al exterior de una vivienda, ubicada al margen derecho del Río Grande, a 50 metros del puente Chacapampa, barrio Chacapampa, ciudad de Celendín, provincia de Celendín y departamento de Cajamarca. Las Coordenadas UTM de la ubicación del sistema, es por el Este 815795 m y por el Norte 9241365 m, de la zona 17 del sistema WGS-84, como muestra la Figura 2.

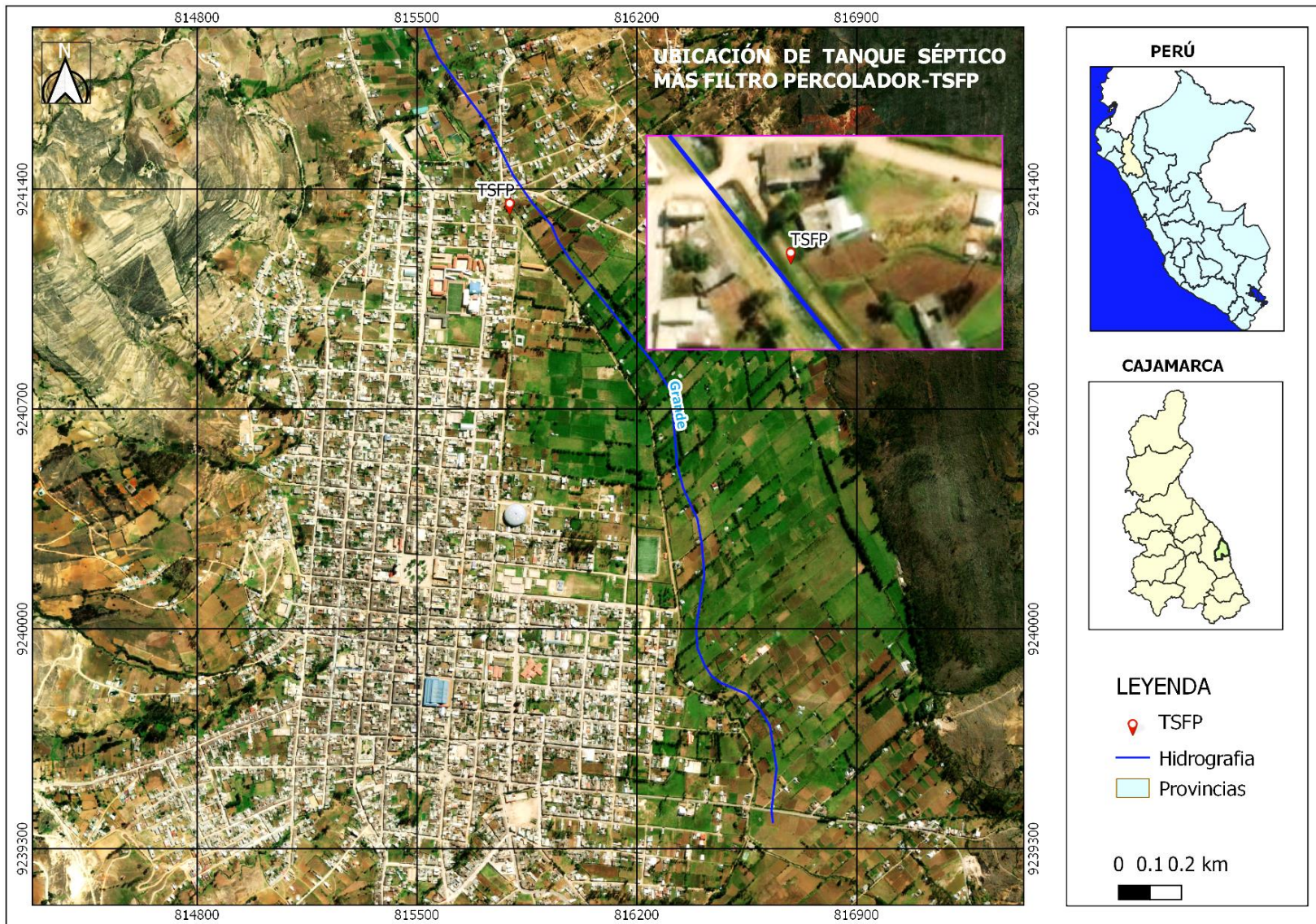


Figura 2. Mapa de ubicación del Sistema Unifamiliar Tanque Séptico más Filtro Percolador

3.2. Materiales

Material biológico

Muestra de aguas residuales procedentes de los tres puntos de monitoreo.

Material de campo

- Formato de registro de datos de campo (ver Anexo).
- Plumón indeleble.
- Cinta de embalaje.
- pH-metro, modelo TPH01138A
- Termómetro.
- Cámara Digital Canon, modelo 8595B003AA
- Elementos de protección (mascarilla y guantes)

Material y equipo de laboratorio

- Formato de etiquetas para rotular frascos (ver Anexo).
- Formato de hoja de custodia (ver Anexo).
- Frascos de plástico con tapa rosca, debidamente etiquetados.
- Cooler
- Hielo
- Preservante (H_2SO_4) para DQO.

3.3. Metodología

3.3.1. Características del sistema unifamiliar tanque séptico más filtro percolador

El sistema objetivo de estudio, consta de un tanque séptico como tratamiento primario y un filtro percolador como tratamiento secundario, ambas unidades de tratamiento son anaerobias, con la instalación de dicho sistema se buscó dar un tratamiento adecuado a las aguas negras originadas en la vivienda a la cual se conecta el sistema mediante tubería.

Para llevar a cabo el dimensionamiento del sistema se tuvo las siguientes consideraciones: el número de habitantes (6 personas), tasa de crecimiento del 1.8%, dotación 40 L/hab.día, con un periodo de diseño de 10 años.

Con respecto al tanque séptico, las dimensiones se muestran en la Figura 3, para un periodo de retención hidráulica de 18.86 horas, caudal de diseño de 0.240 m³/día ó 0.0028 L/s, esta unidad de tratamiento fue construido de concreto simple, de forma rectangular. Las paredes son de ladrillo enlucidas en el interior para impermeabilizarlas, la cubierta del tanque séptico está formado por una losa de concreto. El dispositivo de entrada y salida está constituido por Tees de PVC, las tuberías tienen un diámetro de 4 pulgadas.

El Filtro percolador anaerobio, fue construido con material de concreto simple, ver figura 3; sus dimensiones: diámetro de 70 cm, altura de 75 cm.

El filtro percolador consta de dos capas que se diferencian por el tamaño de los fragmentos de roca, teniendo en cuenta la Norma Técnica OS 090 para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales; en la capa inferior (30 cm de altura), el diámetro entre 10 a 12 cm, con un área superficial promedio de 31.77 cm^2 ; y en la capa superior (30 cm de altura), los fragmentos de rocas están comprendidos entre 2,5 - 7,5 cm de diámetro, con un área superficial promedio de 8.04 cm^2 , con una porosidad promedio de 43 %.

Como accesorios de esta unidad de tratamiento se tienen tubos PCV de 2 pulgadas, por medio del cual ingresa el agua por la parte superior del filtro, descendiendo por el mismo tubo que esta incrustado en la pared del filtro, el agua tratada sale del filtro mediante el tubo de 2 pulgadas que está en la parte superior a 15 cm de profundidad respecto a la tapa (Figura 3).

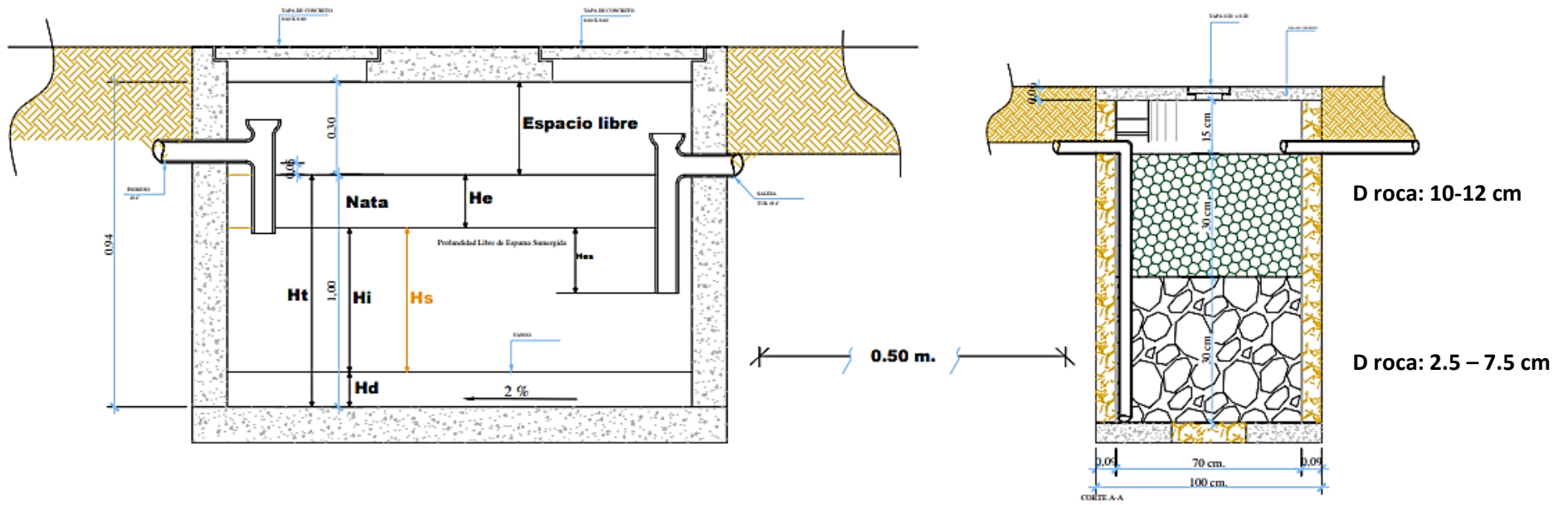


Figura 3. Sistema de Tanque Séptico más filtro percolador, escala 1:25

3.3.2. Diseño del trabajo de investigación

Se aplicó el diseño del modelo cuasi-experimental, que es de carácter descriptivo, realizándose mediante análisis de muestras simples tomadas en tres puntos de muestreo del sistema tanque séptico más filtro percolador, dichos puntos son: al ingreso del agua residual cruda al tanque séptico, denominado “Afluente del Tanque Séptico” (ATS), el segundo punto de muestreo se consideró en el “Efluente del Tanque Séptico” (ETS) y el tercer punto en el “Efluente del Filtro Percolador” (EFP); como se observa en la Figura 4.

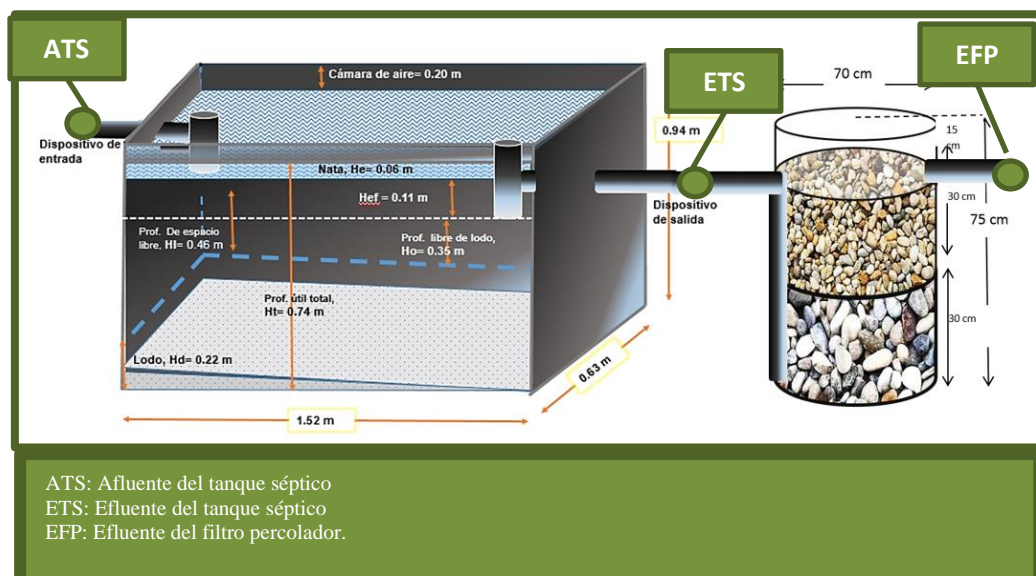


Figura 4. Ubicación de puntos de muestreo

Fuente: Esquema adaptado de Sánchez 2016.

En la Tabla 3, se observa el total de muestras recolectadas por cada parámetro de medición (DBO_5 y DQO); dicho muestreo se efectuó cada 30 días aproximadamente, durante un periodo de 04 meses, haciendo un total de 24 muestras simples, 12 muestras por cada parámetro a evaluar.

Tabla 3. Frecuencia de monitoreo

Parámetro	Noviembre			Diciembre			Enero			Febrero			Total, de muestras por parámetro
	ATS	ETS	EFP	ATS	ETS	EFP	ATS	ETS	EFP	ATS	ETS	EFP	
DBO₅	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	12
DQO	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	12

Trabajo de campo

Para el trabajo de campo se ha tenido en cuenta el “Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” (RM N° 273-2013-MCVS), el cual contempla las pautas fundamentales a tener en cuenta en el punto de toma de muestras, en dicho proceso se utilizó los equipos de protección (guantes látex desechables, mascarilla y el mameluco); asimismo el uso de preservantes como se indica en la tabla 4; tipo de frasco de acuerdo al parámetro; el etiquetado y cadena de custodia, con la finalidad de obtener resultados confiables.

Tabla 4. Preservantes y parámetros

Determinación / Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra	Preservación	Tiempo máximo de duración
DBO₅	P, V	1000 ml	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO	P, V	500 ml	Agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2; refrigerar a 4°C	28 días

Leyenda:

P= frasco de plástico o equivalente.

V=Frasco de vidrio.

Fuente. Anexo - RM 273-2013-VIVIENDA 2013

El llenado del formato de la cadena de custodia se realizó al finalizar la toma de muestras indicando los parámetros de estudio, tipo de frasco, tipo de muestra de

agua (agua residual cruda o tratada), volumen, número de muestras y reactivo de preservación. Una vez concluidas las actividades, los frascos con las muestras fueron guardadas en un cooler térmico, el cual contuvo hielo o refrigerante, inmediatamente obtenidas las muestras, éstas se trasladaron al Laboratorio Regional del Agua para los respectivos análisis.

Trabajo de laboratorio

Se realizó en el Laboratorio Regional del Agua Cajamarca, el cual está acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL – DA con registro N° LE-084. Los métodos de ensayo utilizados para analizar los parámetros fueron:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). El Método de Ensayo utilizado fue: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test.

Demanda Química de Oxígeno (DQO). Método de ensayo: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 nd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.

Trabajo de gabinete

A partir de los valores de las concentraciones de los parámetros (DBO₅, DQO, pH y temperatura), se calculó el promedio por punto de muestreo para cada parámetro, realizándose el análisis de varianza (ANVA) para determinar la variabilidad de datos para el factor puntos de muestreo.

Para la determinación de la eficiencia del sistema en la remoción de los parámetros DBO₅, DQO, teniendo como datos el promedio por cada punto de muestreo, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia}_{DBO_5} = \frac{\text{Concentración de ingreso} - \text{Concentración de salida}}{\text{Concentración de ingreso}} * 100$$

$$\text{Eficiencia}_{DQO} = \frac{\text{Concentración de ingreso} - \text{Concentración de salida}}{\text{Concentración de ingreso}} * 100$$

Por último, se realizó la comparación de los datos obtenido por el Laboratorio Regional del Agua con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales contempladas en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, los valores se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales .

Parámetro	LMP	Unidades
DBO	100	mg/L
DQO	200	mg/L
pH	6,5 – 8,5	Adimensional
Temperatura	<35	°C

Fuente. Adaptado del Decreto Supremo N° 003-2010- MINAM 2010

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Concentraciones de DBO_5 y DQO en el sistema tanque séptico más filtro percolador

4.1.1. Demanda bioquímica de oxígeno

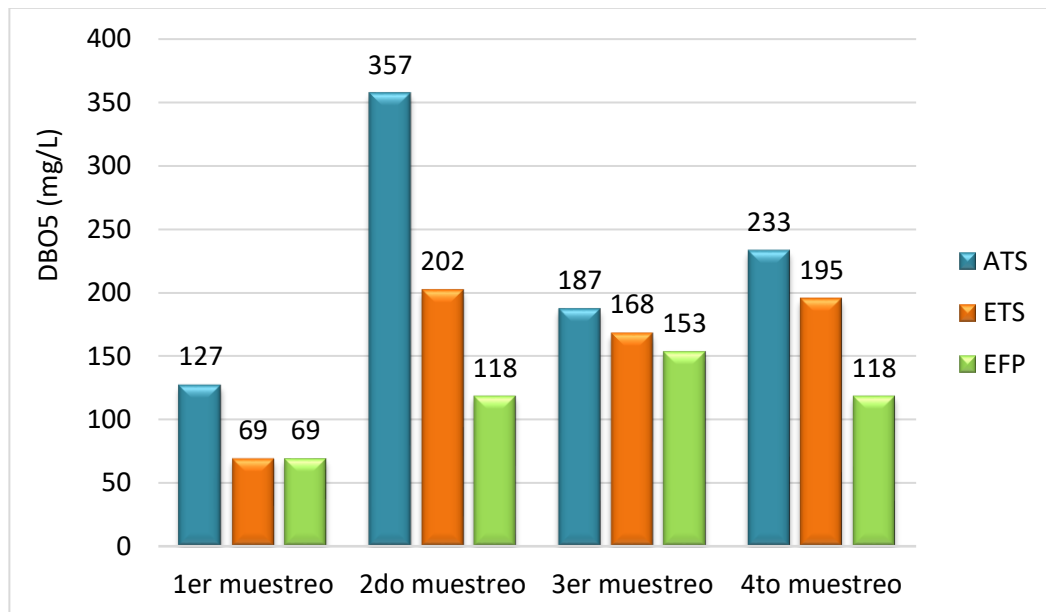


Figura 5. Concentración de la DBO_5 en los tres puntos de muestreo

La Figura 5 muestra los valores de las concentraciones de DBO_5 , de los tres puntos de muestreo realizados, en cuatro repeticiones, determinándose que existe remoción de la carga orgánica en el punto del efluente con respecto a la concentración del agua cruda que ingresa al sistema.

También se observa, que los valores de las concentraciones del agua residual cruda en el ATS son: 127 mg/L, 357 mg/L, 187 mg/L y 233mg/L, dichas concentraciones no son constantes, comparando con la composición típica de las aguas residuales domésticas para DBO, planteada por Metcalf y Eddy en el año

2005, quien lo clasifica como agua residual doméstica débil (hasta 110 mg/L), media (entre 110 mg/L y 220 mg/L) y fuerte (entre 220mg/L y 400 mg/L), se trataría de un agua residual de tipo media y fuerte.

Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) para las concentración de la DBO₅ en tres puntos de muestreo.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Punto de muestreo	25232.667	2	12616.333	55.281	<0.0001
Error	2054	9	228.222		
Total	27286.667	11			

$$CV = 9.08 \%$$

En la Tabla 6 se presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la concentración de la DBO₅, la cual se realizó a partir de los promedios por punto de muestreo, determinándose que existe significación estadística para el factor puntos de muestreo, dado que el valor de significación (p-valor<0.0001) es menor al 5 %, lo cual indica que las concentraciones de DBO₅ tomados en los diferentes puntos se diferenciaron unos de otros; ya que las concentraciones de las cargas orgánicas disminuyen a medida que el agua residual sigue la secuencia de operaciones unitarias.

El coeficiente de variación es de 9.08 %, el cual indica la variabilidad de los resultados del DBO₅ en cada punto de muestreo, además que es adecuado para el tipo de diseño empleado.

Tabla 7. Prueba de Duncan al 5 % para las concentraciones de la DBO₅ en tres puntos de muestreo.

Punto	Prom. DBO ₅ (mg/L)	Prueba de Duncan
ATS	226	A
ETS	158.5	B
EFP	114.5	C

Según la prueba de Duncan al 5 % de la Tabla 7, las concentraciones de la DBO₅ en cada punto de muestreo son diferentes. La mayor concentración fue 226 mg/L, la cual se obtuvo en el Afluente del tanque séptico (ATS). En los puntos Efluente del tanque séptico (ETS) y Efluente del filtro percolador (EFP), se obtuvieron concentraciones de 158.5 y 114.5 mg/L respectivamente, cuyas concentraciones son menores al obtenido en el punto ATS. Por lo tanto, los valores entre puntos de muestreo difieren entre sí, lo que confirma la existencia de remoción en el sistema tanque séptico más filtro percolador.

Tabla 8. Eficiencia de remoción de DBO₅ del tanque séptico y filtro percolador

Muestreo	ATS (mg/L)	ETS (mg/L)	% remoción TS	ETS (mg/L)	EFP (mg/L)	% remoción FP
1°	127	69	45.67	69	69	0.00
2°	357	202	43.42	202	118	41.58
3°	187	168	10.16	168	153	8.93
4°	233	195	16.31	195	118	39.49
Promedio	226	158.5	29.87	158.5	114.5	27.76

La Tabla 8 presenta las concentraciones de DBO₅ por punto de muestreo y los porcentajes de remoción de cada unidad que conforma el sistema:

Para el tanque séptico se muestra una eficiencia de remoción en promedio de 29.87%, dicho resultado coincide con los obtenidos por Meza (2018), quien obtuvo un valor próximo de 23.73%; encontrándose estos resultados por debajo de lo que estableció Romero en el 2008, indicando que la remoción de DBO₅ en un tanque séptico puede ser del 30 al 50%.

Mientras que Aguirre et al. (2018), obtuvieron una eficiencia de remoción de DBO₅ de 45% en el tanque séptico instalado para una vivienda unifamiliar, registrando una temperatura alrededor de los 25 °C, que comparado a la remoción

obtenida en este estudio se puede determinar que la temperatura es un factor importante que tiene que ver con el desempeño del tanque séptico, considerándose que es el valor óptimo para la actividad bacterial.

En los procesos anaerobios se requiere de condiciones de temperatura adecuadas para que se lleve a cabo el proceso de metanización, como refiere Appels et al. (2008), citado por Padilla (2010), que las bacterias formadoras de CH_4 soportan condiciones de temperatura entre $20\text{ }^\circ\text{C}$ y $42\text{ }^\circ\text{C}$, aunque la máxima producción de CH_4 es a los $35\text{ }^\circ\text{C}$; por lo tanto esta podría ser la razón principal de que no se remueva eficientemente la DBO_5 , por cuanto la temperatura promedio obtenida fue de $18.91\text{ }^\circ\text{C}$, otra razón vendría a ser que este grupo de bacterias sólo se duplican una vez cada 3 ó 5 días; este lento crecimiento constituye una limitante para los procesos anaerobios en general Padilla (2010), traducándose en una baja velocidad de consumo de sustrato (Gómez 1993).

En cuanto a la eficiencia de remoción de DBO_5 para el filtro percolador anaerobio (ver Tabla 8), se obtuvo un promedio de 27.76%, valor que se encuentra por debajo de lo establecido por Romero (2008), quien considera que esta se debe encontrar en el rango de 65% a 80%, en un estudio realizado en el año 2009 por Malpica y Rodríguez, que consistió en medir la eficiencia de remoción de un Biofiltro Anaerobio utilizado en el tratamiento de agua residual doméstica se encontró en el rango de 70% a 80% de remoción de DBO_5 , teniendo en cuenta que la temperatura se encontró en el intervalo de $20\text{ }^\circ\text{C}$ y $45\text{ }^\circ\text{C}$, por lo que el proceso microbiano fue tipo mesófilo, concluyendo en que el desempeño de esta unidad es eficaz en el clima cálido, defiriendo del clima que se presenta en la provincia

de Celendín la cual presenta una temperatura mínima de 10 °C y máxima de 21°C, según SENHAMI (2018).

Teniendo en cuenta que las concentraciones de DBO_5 a la salida no es un valor constante, es posible que estos resultados están asociados a cambios en la carga contaminante de entrada, la temperatura y los tiempos de retención de la masa de agua en función del tiempo.

4.1.2. Demanda química de oxígeno

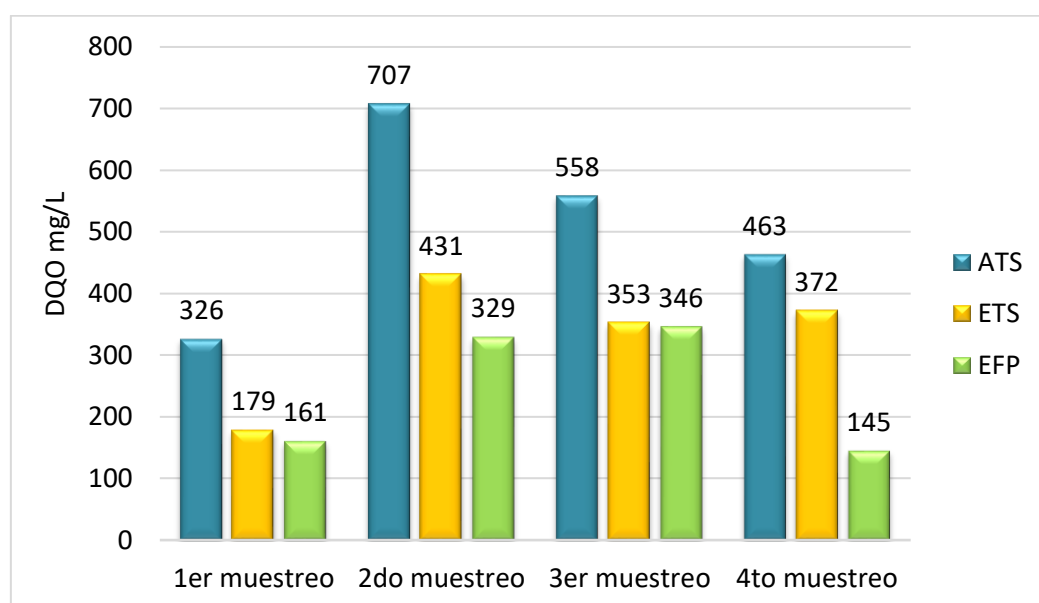


Figura 6. Concentración de la DQO, mg/l

En la Figura 6 se presenta los valores de las concentraciones de DQO, teniendo en cuenta que por cada punto de muestreo se realizaron cuatro repeticiones, las variaciones en el ATS son considerables, lo cual puede deberse a que son más habitantes los que hacen uso del inodoro, pudiendo ocasionar que el exceso de carga orgánica influya negativamente en el funcionamiento del sistema, siendo

esta una de las causas por las que el 50% del total de las PTAR presentan deficiencias en el funcionamiento, según el informe de la SUNASS en el año 2016, sumándose a esto de que no se cuenta con un plan de manejo para el adecuado funcionamiento del sistema.

Sin embargo, un factor importante que podría estar influyendo es el tiempo de retención hidráulico (TRH), siendo de 36 a 72 horas, lo recomendado para la separación de las partículas suspendidas (USEPA, et al 2008), a diferencia de este sistema que fue diseñado considerando un TRH de 18,86 horas.

El índice de biodegradabilidad (DBO_5/DQO) de las aguas residuales domésticas que ingresan al sistemas es de 0.44, el cual se obtuvo a partir de las cargas de DBO_5 226 mg/L y DQO 513.5 mg/L, lo que indica que el agua residual no es tóxica, ya que se encuentra en el rango de 0.3 hasta 0.8; por lo tanto no hay presencia de compuestos inhibidores en el sistema, como lo establece CONAGUA (s.f.), finalmente se concluye de que las aguas residuales domésticas del presente estudio son aguas muy biodegradables; habiéndose hecho lo correcto al instalar unidades del sistema que llevan a cabo procesos biológicos (tanque séptico y filtro percolador); permitiendo que las aguas residuales puedan ser depuradas por medio de microorganismos, quienes utilizan estas sustancias como alimento y fuente de energía para su metabolismo y reproducción (Pire et al., 2011).

Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) para las concentraciones de la DQO en tres puntos de muestreo

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Punto de muestreo	149467.17	2	74733.58	32.87	0.0001
Error	20460.5	9	2273.39		
Total	169927.67	11			

$$CV = 13.09 \%$$

El análisis de varianza (ANOVA) para concentración de la DQO muestra que existe significación estadística para el factor puntos de muestreo, dado que el valor de significación (p -valor = 0.001) es menor al 5 %. Este resultado indica que las concentraciones de DQO tomados en los diferentes puntos se diferenciaron unos de otros, estas diferencias se deben a las condiciones que presenta cada punto de muestreo, dicha variación indica que hay remoción en cuanto a la concentración de materia orgánica entre cada punto de muestreo, siendo la mayor concentración de DQO en el ATS y la menor en el EFP.

El coeficiente de variación es de 13.09 %, el cual indica la variabilidad de los resultados del DQO en cada punto de muestreo, además es adecuado para el tipo de diseño empleado.

Tabla 10. Prueba de Duncan al 5 % para las concentración de la DQO en tres puntos de muestreo.

Punto	DQO (mg/L)	Prueba de Duncan
ATS	513.5	A
ETS	333.75	B
EFP	245.25	B

Según la prueba de Duncan al 5 %, las concentraciones de la DQO en cada punto de muestreo son diferentes y dispersos, siendo la mayor concentración 513.5 mg/L, la cual se obtuvo en el Afluente del tanque séptico (ATS). En los puntos Efluente del tanque séptico (ETS) y Efluente del filtro percolador (EFP), se obtuvieron concentraciones de 333.75 y 245.25 mg/L respectivamente, las cuales son estadísticamente iguales y menores al obtenido en el punto ATS; es decir que

la remoción no ha sido significativa entre los dos últimos puntos de muestreo, debido a que el sistema no presenta un adecuado funcionamiento, por la influencia del factor temperatura que no llega al valor deseado (25 °C a más), ocasionando que el proceso de crecimiento celular en el filtro percolador se ralentice y por ende no hay equilibrio en el sistema.

Tabla 11. Eficiencia de remoción de DQO del Tanque séptico y Filtro Percolador

Muestreo	ATS (mg/L)	ETS (mg/L)	% remoción TS	ETS (mg/L)	EFP (mg/L)	% remoción FP
1°	326	179	45.09	179	161	10.06
2°	707	431	39.04	431	329	23.67
3°	558	353	36.74	353	346	1.98
4°	463	372	19.65	372	145	61.02
PROMEDIOS	513.5	333.75	35.00	333.75	245.25	26.52

La Tabla 11 muestra los promedios de eficiencia de remoción por cada unidad de tratamiento, la medida de este parámetro llega a ser fundamental ya que posibilita conocer tanto la concentración de las fracciones biodegradables como las no biodegradables de la materia orgánica, incluyendo la de aquellos compuestos inorgánicos que puedan ser oxidados químicamente, como lo manifiesta Ramírez (s.f.).

En el tanque séptico se obtuvo una remoción de 35% de la DQO, considerándose que se encuentra dentro del rango planteado por Metcalf y Eddy (1993), quienes manifiestan que la eficiencia de remoción empleando este tratamiento primario debe estar entre 30 % y 40 %, por lo tanto, se determina que el tanque séptico si remueve la DQO, al igual que en la investigación de Aguirre, et al. (2018) en la que se determinó una eficiencia en el tanque séptico del 50% para DQO, valor que supera lo establecido por Metcalf y Eddy, a diferencia de la DBO₅ que no llegó a ser eficiente en esta primera unidad de tratamiento, pudiendo deberse a que las

aguas residuales son altamente biodegradables, se ha visto afectada por la sobrecarga de sustrato de acuerdo a los valores de concentración en el ATS, pudiendo ocasionar un desequilibrio entre sustrato y biomasa.

Para el filtro percolador se obtuvo una eficiencia de remoción de DQO de 26.52 %, encontrándose por debajo de lo que recomienda Romero (2008), que debe ser entre 70 % a 80%, en un estudio de investigación realizado por Malpica y Rodríguez en el año 2009 se determinó que la eficiencia de remoción para DQO en el biofiltro anaerobio utilizado en el tratamiento de agua residual doméstica se encontraba en un rango de 70% a 80%, en cuanto a la temperatura estuvo en el intervalo de 20 °C y 45 °C.

De acuerdo a las experiencias de estudios previos se puede determinar que probablemente los resultados obtenidos se deba a la variación de carga orgánica que ingresa al sistema y a la temperatura, debido a que en el sistema se tiene un valor promedio de 18.90 °C, que según Portales (2011) se conoce como proceso psicrófilo por estar por debajo de los 25 °C; lo que hace que la velocidad de degradación de la materia orgánica sea lenta, debido a que las bacterias formadoras de metano necesitan de temperaturas más elevadas, así mismo (Padilla 2010) mencionó que en este digestor el proceso biológico lo realiza la biomasa metanogénica que está retenida en el interior del reactor, mediante la adhesión en forma de biopelícula en los intersticios de un soporte inerte.

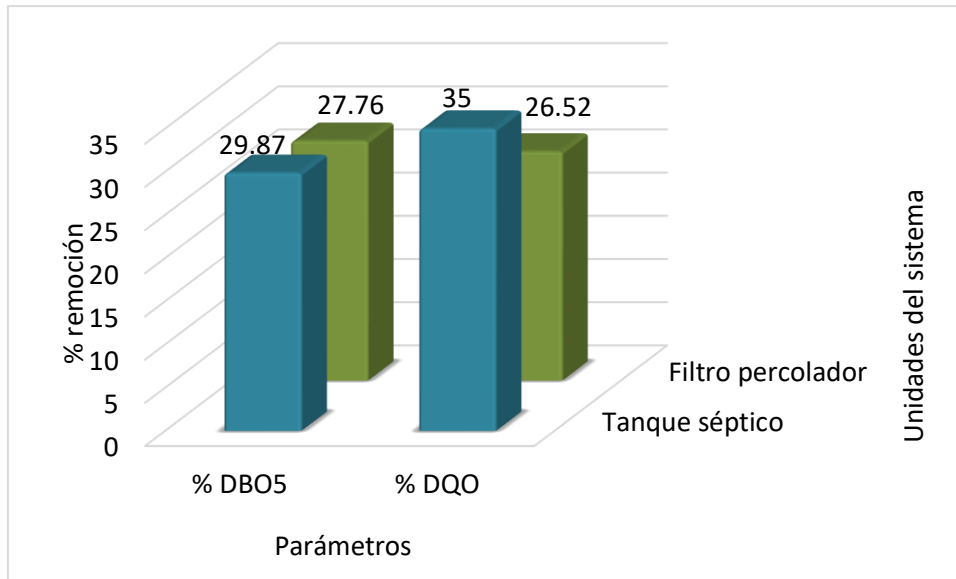


Figura 7. Eficiencia de remoción de DBO₅ y DQO por cada unidad de tratamiento

4.2. Valores de pH y temperatura en el sistema tanque séptico y filtro percolador

4.2.1. Potencial de hidrógeno (pH)

Tabla 12. Valores de pH

Número de muestreo	Punto de muestreo		
	ATS	ETS	EFP
1°	7.21	7.41	7.7
2°	7.30	7.43	7.6
3°	7.12	7.31	7.62
4°	7.47	7.60	7.91
Promedio	7.28	7.44	7.71

Como resultado de la medición de este parámetro de campo se observa que las concentraciones varían en torno a un valor de pH neutro, la Tabla 12 muestra los valores de pH, obtenidos en los 3 puntos de muestreo, los cuáles se mantienen muy constantes (Tabla 13), Romero (2008) considera que, para llevarse a cabo diferentes procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica generalmente el valor del pH está entre 6.5 a 8.5; asimismo McCarty

(s.f.), citado por Romero (1999) refiere que el valor óptimo para que el proceso anaerobio sea eficiente debe encontrarse entre 6.5 y 7.6.

El promedio general obtenido fue de 7.47, siendo adecuado para el normal desarrollo del sistema; sin embargo, como el pH no se considera una buena variable de control en la digestión anaerobia por resultar lenta, se debe realizar monitoreos de las concentraciones de AGVs y la alcalinidad del sistema, debido a que, una vez identificada una variación notable en el pH, la inestabilidad del sistema podría ser irreversible, según Padilla (2010).

Los resultados obtenidos se asemejan a los valores de pH obtenidos por Sánchez (2016) en el mismo sistema materia de estudio, en el que se obtuvo los promedios 7.672, 7.78 y 8.059 en el ATS, ETS y EFP respectivamente; asimismo Núñez (2019) determinó que los valores obtenidos en su estudio de investigación se encuentran en el rango de 7.12 y 7.91, por lo que la degradación de la materia orgánica debería darse con normalidad en el sistema tanque séptico más filtro percolador.

Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) para el pH en tres puntos de muestreo

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Punto de muestreo	0.38	2	0.19	10.07	0.0051
Error	0.17	9	0.02		
Total	0.55	11			

$$CV = 1.84 \%$$

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el pH indicaron que existe significación estadística para los puntos de muestreo, dado que el valor de significación (p-valor = 0.0051) es menor al 5 %. Según este resultado, se indica

que el pH tomado en los distintos puntos de muestreo, son estadísticamente diferentes.

El coeficiente de variación es de 1.84 %, el cual indica la variabilidad de los resultados del pH en cada punto de muestreo, además es adecuado para el tipo de diseño empleado.

Tabla 14. Prueba de Duncan al 5 % para el pH en tres puntos de muestreo

Punto	pH	Prueba de Duncan
EFP	7.71	A
ETS	7.44	AB
ATS	7.28	B

Según la prueba de Duncan al 5 %, el punto Efluente del filtro percolador (EFP) tuvo un pH de 7.71 y el punto Efluente del tanque séptico (ETS) un pH de 7.44, no existe diferencias entre estos resultados, pero si distan del pH obtenido del punto Afluente del tanque séptico (ATS), el cual fue de 7.28, ligeramente más ácido que los demás puntos (Tabla 14); por lo tanto, se determina que el valor de pH ha sido constante en el sistema.

4.2.2. Temperatura

Tabla 15. Valores de Temperatura

Número de muestreo	ATS (°C)	ETS (°C)	EFP (°C)
1°	19.20	18.80	18.70
2°	19.70	19.50	19.20
3°	19.30	19.20	18.50
4°	18.90	18.00	17.90
Promedio	19.28	18.88	18.58

La temperatura es uno de los factores ambientales que afectan el crecimiento microbiano de diferente forma ya sea acelerándolo o retardándolo, viéndose reflejado en la producción de biogás y en la capacidad del sistema en mantener el pH en las condiciones óptimas, como sostiene Padilla (2010).

El promedio general de la temperatura es de 18.90 °C, dicho valor se encuentra dentro del rango de 10°C a 20 °C, donde las tasas de reacción son más lentas, por lo que a temperaturas bajas se requiere mayor tiempo de retención de sólidos y aplicación de cargas orgánicas más bajas, según CONAGUA (s.f).

Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) para la temperatura en tres puntos de muestreo

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Punto de muestreo	0.987	2	0.493	1.803	0.2195
Error	2.463	9	0.274		
Total	3.449	11			

$$CV = 2.76 \%$$

Para la temperatura, según los resultados del análisis de varianza (ANOVA) indica que en los diferentes puntos de muestreo no hay diferencia, dado que el valor de significación (p-valor = 0.2195), fue mayor al 5 %, por lo tanto, se concluye que los valores obtenidos son casi homogéneos; asimismo el coeficiente de variación es de 2.76 %, el cual indica la variabilidad de los resultados de la temperatura en cada punto de muestreo, la cual es mínima, además es adecuado para el tipo de diseño empleado.

4.3. Cumplimiento de los LMP establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

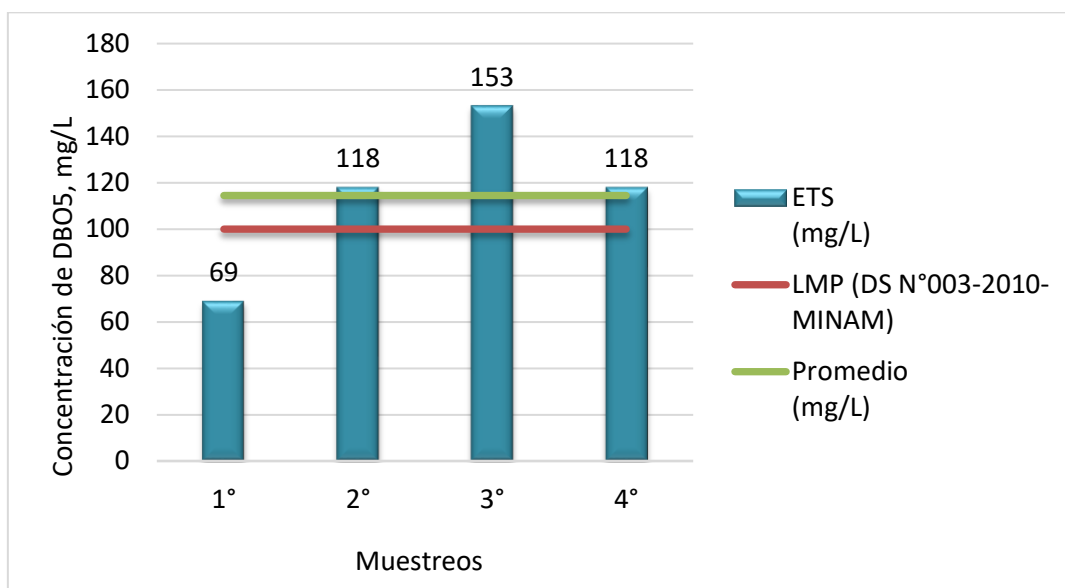


Figura 8. Comparación de los valores del efluente para DBO_5 , con los LMP (D.S. N° 003-2010-MINAM)

Para la DBO_5 , el DS N°003-2010-MINAM estipula que, para efluentes de aguas residuales domésticas vertidos a cuerpos de agua, el Límite Máximo Permissible es 100 mg/L. En promedio el valor obtenido de la concentración para este parámetro es de 118 mg/L como se muestra en la Figura 8, cuyo valor supera en 18 mg/L el LMP dispuesto por la normativa peruana; por lo tanto, el agua del efluente del sistema no es apto para ser vertido al río, a pesar de que el efluente presenta menor carga orgánica en comparación al afluente, pudiendo representar un problema para el sistema acuático, por exceder los 100 mg/L.

Con respecto a la sobrecarga de aguas residuales en las plantas de tratamiento, origina que los efluentes tratados excedan los límites máximos permisibles (LMP), y por ende no se cumplan con los estándares de calidad ambiental (ECA), generando

problemas ambientales de contaminación de los cuerpos de agua y la generación de malos olores que causan conflictos con la población, según la OEFA (2018).

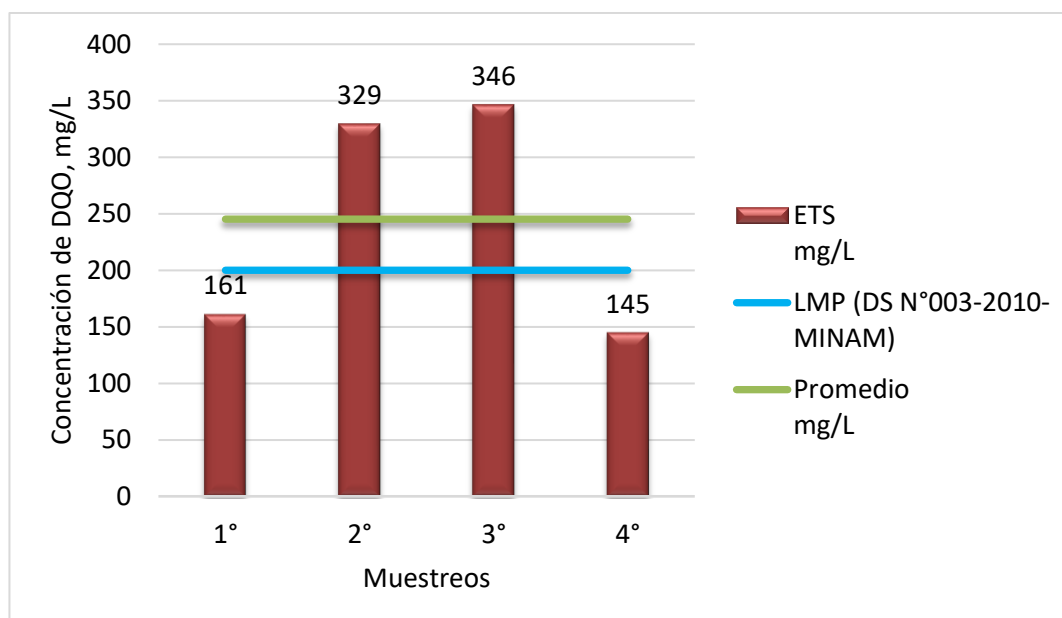


Figura 9. Comparación de los valores del efluente para DQO, con los LMP (D.S. N° 003-2010-MINAM)

Para el parámetro de la DQO la concentración promedio es de 245.25 mg/L en el EFP; por lo que se determinó que no se cumple con la normativa nacional, por exceder en 45.25 mg/L el Límite Máximo Permissible que es de 200 mg/L, para llevarse a cabo la descarga de aguas residuales tratadas al cuerpo receptor, que es el “Río Grande”, de la provincia de Celendín.

En el diagnóstico de las plantas de tratamiento realizado por la SUNASS en el año 2016, menciona que los LMP son obligatorios para todas las PTAR sin distinción de tamaño, ni de nivel de tratamiento y que, para lograr el cumplimiento de los LMP, los principales aspectos a tomar en cuenta son la remoción de la contaminación orgánica (DBO_5 y DQO) y de coliformes termotolerantes, dado que,

si se cumplen estos parámetros, se puede esperar también el cumplimiento de los otros LMP.

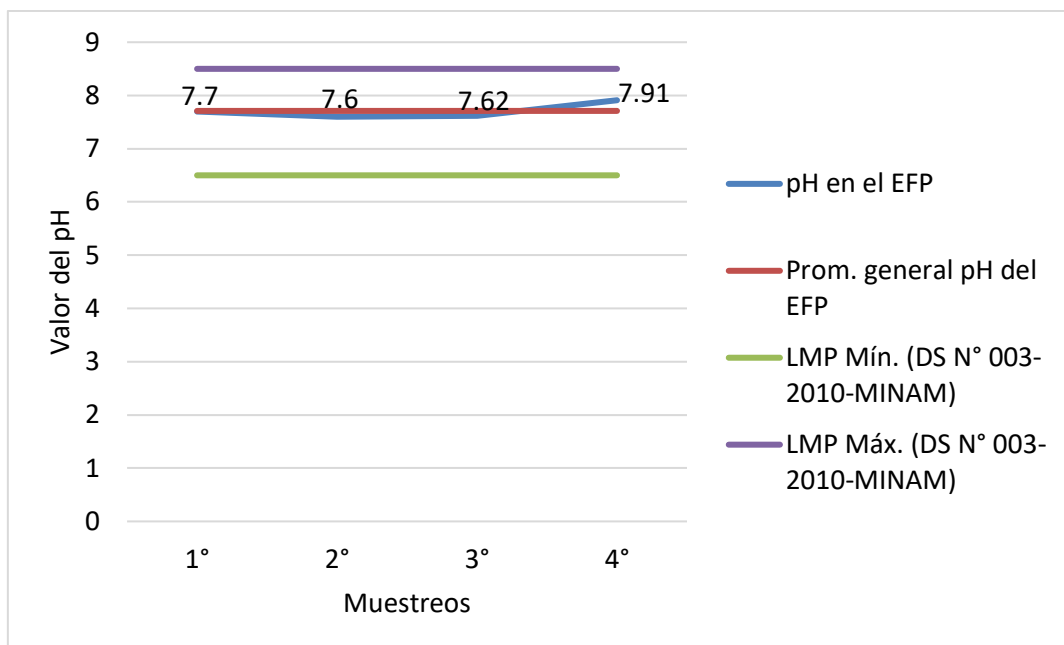


Figura 10. Comparación del pH en el EFP, con los LMP (DS N° 003-2010-MINAM)

Con respecto al pH estos valores se encuentran dentro del rango establecido en la normativa peruana para efluentes de aguas residuales domésticas (6,5 – 8,5); concluyendo en que sí se cumple con los valores establecidos por el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, determinándose que este factor no representa un problema para que las aguas tratadas sean vertidas a la fuente natural.

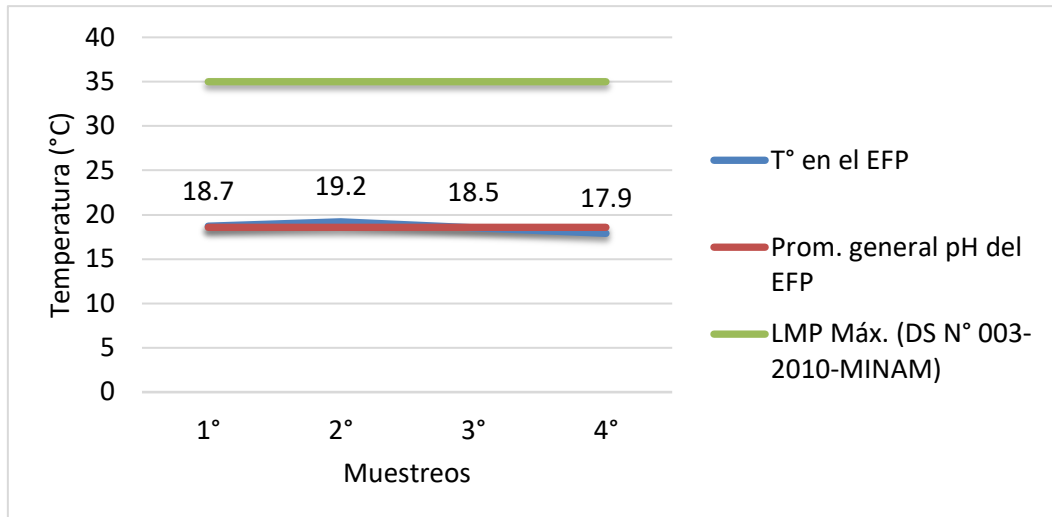


Figura 11. Comparación del pH en el EFP, con los LMP (DS N° 003-2010-MINAM)

La temperatura es considerada un factor determinante en el desempeño de sistemas anaerobios, por lo tanto, se debe tener en cuenta que estos son muy sensibles a cambios bruscos de temperatura, por lo que no se recomienda en lugares con climas fríos.

Los valores en promedio obtenidos en los tres puntos de muestreo se encuentran dentro del rango establecido por el DS 003-2010-MINAM ($< 35\text{ }^{\circ}\text{C}$), siendo aceptables para no generar problemas al ecosistema acuático.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El sistema tanque séptico más filtro percolador es limitado en la remoción de carga orgánica, expresada como DBO_5 57.63% y DQO 61.52%.

Las concentraciones promedio de las mediciones de los parámetros, fueron: para la DBO_5 ; 226 mg/L en el ATS, 191.75 mg/L en el ETS y 114.50 mg/L en el EFP; y para la DQO; 513.5 mg/L en el ATS, 333.75 mg/L en el ETS y 245.25 mg/L en el EFP.

El pH osciló entre 7.12 – 7.91, óptimo para el desarrollo microbiológico y la temperatura promedio 18.90 °C, limitante para las reacciones anaerobias.

Para los parámetros orgánicos (DBO_5 y DQO), el agua del efluente del sistema de tratamiento no cumple con los valores establecidos por el DS N° 003-2010-MINAM para ser evacuadas al río; mientras que para pH y temperatura los valores se encuentran dentro del rango establecido.

5.2. Recomendaciones

Verificar los tiempos de retención hidráulica, en las unidades de tratamiento del sistema, por las variaciones en el número de usuarios.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alabaster, G; ONU-Hábitat; Johnston, R; OMS; Thevenon, F; Shantz, A. 2021. Progreso en el tratamiento de las aguas residuales: Estado Mundial y Necesidades de Aceleración del Indicador 6.3.1. de los ODS (en línea). Consultado 07 Feb. 2022. Disponible en https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/10/sdg6_indicator_report_631_progress-on-wastewater-treatment_2021_es.pdf.

Apaza Mamani, RA. 2021. Evaluación de la eficiencia de los tratamientos biológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José, provincia de Azángaro (en línea). Tesis Ing. Civ. Puno, Perú, UNA. Consultado el 01 mar. 2022. Disponible en http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/16067/Apaza_Mamani_Reynaldo_Amilcar.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Barrera, L; Díaz, A; López, E; Medina, E; Rivera, M; Vallester, E. 2018. Evaluación del desempeño del filtro biológico de la Universidad Tecnológica de Panamá. Revista de Iniciación Científica RIC. (en línea), 4(1):23-29. Consultado 16 Oct. 2021. Disponible en <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1863>.

Blas, A. 2018. Determinación y mejoramiento de la eficiencia del sistema de tanque séptico y filtro biológico de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Jivia – departamento de Huánuco (en línea). Tesis Ing. San. Huaraz, Ancash, UNASAM. Consultado 10 Dic. 2021. Disponible en

http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2350/T033_41784239_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Chiva, S; Berlanga, J; Martínez, R; Climent, J. 2018. Depuración de aguas residuales: digestión anaerobia (en línea). Consultado el 20 May. 2022. Disponible en http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/173363/Chiva_2018_Depuracion.pdf

CONAGUA, s.f. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Saneamiento básico (en línea). Consultado el 13 En. 2022. Disponible en <http://cmx.org.mx/wp-content/uploads/MAPAS%202015/libros/SGAPDS-1-15-Libro37.pdf>.

De la Vega, M. 2012. Eficiencia en plantas de tratamiento de aguas residuales: Contribución a la gestión y desarrollo social (en línea). Clavería, México. 122 p. Consultado 02 Feb. 2022. Disponible en <http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Agua%20y%20Saneamiento/Eficiencia%20en%20Plantas%20de%20Tratamiento%20de%20Aguas%20Residuales.pdf>.

Del Ángel Sánchez, MM.1994. Contribución al estudio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (en línea). Tesis Mg. Ing. Amb. Monterrey, Universidad Autónoma de Nuevo León. Consultado 28 En. 2022. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/7204/1/1020091184.PDF>

Díaz, E; Alvarado, A; Camacho, K. 2012. El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. Quivera (en línea), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. vol. 14, núm. 1, pp. 78-97. Consultado 1 Feb. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>.

Espigares, M. y Pérez, JA. 1985. Aspectos sanitarios del estudio de las aguas (en línea). Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada. 22 p. Consultado 10 Ene. 2021. Disponible en https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf.

Lizana, P. 2018. Tratamiento de aguas residuales para el caserío Villa Palambra. Tesis Ing. Ind. y de Sist. Piura, Perú. Universidad de Piura. Consultado 23 Dic. 2021. Disponible en https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3636/ING_605.pdf.

Martínez, S; Rodríguez, M. 2005. Tratamiento de Aguas Residuales con MATLAB: Determinación de los Parámetros Biocinéticas. México. Editorial Reverte, S.A. Pág. 235.

Mejía, A; Cabrera, M; Carrillo, Y. 2017. Remoción de contaminantes orgánicos presentes en agua residual doméstica mediante prototipo a escala de laboratorio La Granja, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Revista de Ciencias de la Vida (en

línea), 26(2):71-80. Consultado 15 Ene. 2022. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476052525007>.

Metcalf y Eddy. 1998. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. Tercera edición. España. Editor Antonio García Brage. Editorial McGraw-Hill. 698 p.

Meza Miranda, AM. 2018. Propuesta de implementación de filtro intermitente de arena para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la Central Termoeléctrica AM POWER (en línea). Tesis Ing. Amb. Lima, Perú, UNFV. Consultado el 10 de mar. 2022. Disponible en
<http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2266/Meza%20Miranda%20Alex%20Manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mondragón, J. y Paredes, A. 2018. “Evaluación de la eficiencia de un sistema de dos filtros percoladores en serie para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la urbanización Santa Lucía – Morales, 2018” (en línea), consultado 12 Nov. 2021. Disponible en
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU_1bc76c0efe08ce0d2a01e44bd24f5791.

MVCS (Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento). 2010. Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (en línea). D.S N° 003-2010-MINAM. Lima, Perú. 2 p Consultado 15 Oct. 2021. Disponible en https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf.

Núñez Figueroa, M. 2019. Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba – Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento (en línea). Tesis Dr. en Cien. Cajamarca, Perú, UNACH. Consultado 02 mar. 2022. Disponible en <http://unach.edu.pe/rcnorandina/index.php/ciencianorandina/article/view/170/125>

OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental). 2014. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Vol.3. Consultado 03 Ene. 2022. Disponible en https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.

OMA (Oficina de Medio Ambiente). 2013. Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR (en línea). R.M. N°273-VIVIENDA. 2013. Lima, Perú. 35p. Consultado 16 octubre 2021. Disponible en <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/23087/RM-273-2013-VIVIENDA.pdf>.

Padilla Gasca, E. 2010. Evaluación de un filtro anaerobio de flujo ascendente para tratar agua residual de rastro (en línea). Mg. Ing. Amb. Guadalajara, Jalisco, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y diseño del Estado de Jalisco. A.C. Consultado el 12 de mar. 2022. Disponible en <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/59/1/Edith%20Padilla%20Gasca.pdf>

Quintero Ángel, A. 2007. Evaluación preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de la tebaida (Quindío). Trabajo de Grado, Esp. Ing. San. Tebaida, Colombia. UNC. Consultado 09 Ene 2022. Disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2721/alejandroquintero.2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Ramalho, R. 2003. Tratamiento de Aguas Residuales. Niveles de Tratamiento de Aguas Residuales y Calidad de las Aguas (en línea). España. 697 p. Consultado el 21 Nov. 2021. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=frontcover&dq=tratamiento+de+aguas+residuales+ramalho&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20ramalho&f=false.

Raffo Lecca, E. y Ruiz Lizama, E. (2014). "Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno". Datos industriales, vol. 17, núm.1, pp.71-80. Consultado el 21 de Feb. de 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

Ramírez, C. 2022. Optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales mediante reactor anaerobio de flujo ascendente con filtros percoladores, en la localidad de Laberinto, Madre de Dios (en línea). Tesis Ing. Civ. Puno, Perú, UNA. Consultado el 22 May. 2022. Disponible en file:///C:/Users/Antony/Downloads/Ramirez_Neira_Carlos_Paul.pdf

Ramírez, O. 2012. Investigación de la eficiencia de las etapas en serie del filtro percolador de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad de San Carlos (en línea). Tesis Ing. san. Guatemala, USCG. Consultado el 22 Feb. 2022. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0414_MT.pdf

RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones). 2006. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. DS N° 011-2006-VIVIENDA (en línea). Consultado 15 Nov. 2021. Disponible en http://www.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf.

RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones). 2006. Tanques Sépticos (en línea). Norma IS.020. Lima, Perú. 10 p. Consultado 16 nov. 2021. Disponible en https://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf.

RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones). 2006. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (en línea). Norma Técnica de Edificación OS.090. Lima, Perú. 33 p. Consultado 08 ene. 2022. Disponible en https://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf.

Rodríguez Tuesta, A.A. 2014. Estudio de la eficiencia de un filtro sumergido y un filtro percolador en el tratamiento secundario de las aguas residuales domésticas, Moyobamba, 2014. Tesis Ing. San. Moyobamba, Perú. UNSM. Consultado el 12 de Oct. 2021. Disponible en

<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/256/6055813.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Romero, J. 2008. Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño. Tercera Edición. Colombia. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 1248p.

Rosero Carbajal, EJA. 2018. Aprovechamientos de residuos sólidos en filtros anaerobios de flujo ascendente, como medios de soporte biológico para el tratamiento de aguas residuales (en línea). Mg. Des. Sost. Universidad de Manizales. Consultado el 12 mar. 2022. Disponibles en file:///C:/Users/Antony/Downloads/Rosero_Carvajal_James_2018.pdf

Sánchez Rojas, JA. 2016. Eficiencia de remoción de nitrógeno en un sistema unifamiliar de tanque séptico más filtro percolador (en línea). Tesis Ing. Amb. Cajamarca, Perú, UNC. Consultado 13 dic. 2021. Disponible en https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1759/Tesis_Antoni_Sanchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Suarez, C. 2011. Tratamiento de aguas residuales municipales en el valle del cauca. Universidad del Valle, Santiago de Cali. Tesis Mag. Ing. Universidad del Valle. Consultado 14 Dic. 2021. Disponible en <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/10174/7720-0445526.pdf;jsessionid=F04C8A619423E4332AE9C3EF64AA435B?sequence=1>.

Torres, P. 2013. Perspectivas del Tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo. Revista EIA, ISSN 1794-1237 (en línea), 115-129.

Consultado 16 ene. 2022. Disponible en file:///C:/Users/Antony/Downloads/Dialnet-PerspectivasDelTratamientoAnaerobioDeAguasResidual-5688315.pdf.

Villegas, M. y Vidal, E. 2009. Gestión de los procesos de descontaminación de aguas residuales domésticas de tipo rural en Colombia (trabajo de especialización). UDEA, Medellín, Colombia. Consultado 13 Oct. 2021. Disponible en <http://tesis.udea.edu.co/bitstream/10495/55/1/GestionProcesosDescontaminacion.pdf>.

Viquez Brenes, EG. 1999. Evaluación preliminar de dos tipos de biofiltro utilizados como tratamiento secundario de aguas residuales domésticas (en línea), Tesis Lic. Ing. Amb. Universidad de Costa Rica. Consultado el 11 mar. 2022. Disponible en <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/911/1/18552.pdf>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Consolidado de resultados de análisis de laboratorio y datos de campo

Tabla 17. Resultados de laboratorio y datos de campo

Número de monitoreo	Parámetro	Unidad	Punto de monitoreo		
			ATS	ETS	EFP
Primer monitoreo	<i>DBO₅</i>	mg/L	127	69	69
	DQO	mg/L	326	179	161
	pH		7.21	7.41	7.7
	T°	°C	19,2	18,8	18,7
Segundo monitoreo	<i>DBO₅</i>	mg/L	357	202	118
	DQO	mg/L	707	431	329
	pH		7.3	7.43	7.6
	T°	°C	19,7	19,5	19,2
Tercer monitoreo	<i>DBO₅</i>	mg/L	187	168	153
	DQO	mg/L	558	353	346
	pH		7,12	7,31	7,62
	T°	°C	19,3	19,2	18,5
Cuarto monitoreo	<i>DBO₅</i>	mg/L	233	195	118
	DQO	mg/L	463	372	145
	pH		7,47	7,60	7,91
	T°	°C	18,9	18	17,9
Nota: ATS: Afluente del Tanque Séptico ETS: Efluente del Tanque Séptico EFP: Efluente del Filtro Percolador					

7.2.Registro fotográfico



Figura 12. Rotulado de los frascos para muestras.



Figura 13. Materiales: cooler, frascos, hoja de custodia, multiparámetro (derecha); llenado de la hoja de custodia (izquierda).





Figura 14. Medición de parámetros de campo (pH y temperatura)



Figura 15. Toma de muestra (derecha); colocación de preservante para la conservación de la muestra (izquierda).

7.3. Informes de ensayo de muestreos

a. Informe de ensayo del primer muestreo

	LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
INFORME DE ENSAYO N°	
IE1115236	
Razón Social del Cliente:	Persona Natural
Dirección:	Jiron Pardo 816 - Celendín
Ciudad:	Cajamarca/Cajamarca/Celendín
Atención:	Doris Lizbeth Oblitas Abanto
Presente:	
<p>Anexo al presente me permito remitir a usted el Informe con resultados de Ensayos realizados a la(s) muestra(s) de agua(s) de procedencia de Shuitute - Celendín. De acuerdo con la cadena de custodia N° CC.236-15, se recepcionan las muestras en las instalaciones de nuestro laboratorio el día 06 de Noviembre de 2015, para la determinación de parámetros Físico-Químicos.</p> <p>El informe contiene la descripción de fecha/hora y punto de recepción de muestras, Métodos de ensayo y resultados de laboratorio, hoja de control de calidad y observaciones generales.</p> <p>Sin otro particular de momento, nos es grato reiterarle un cordial saludo.</p>	
Atentamente	
 GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA Bigo. Juan Y. Diaz Saenz RESPONSABLE CRP 7306	
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA	
Cajamarca, 13 de Noviembre de 2015.	
La validez de los resultados es aplicable sólo a las muestras analizadas	
Cód: RT1-5.10-01	Fecha de Emisión: 26/08/2014
Rev: N°04	Página: 1 de 3
<small>"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO" JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FONO: 599000 anexo 1140</small>	



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

IE1115236

INFORME DE ENSAYO N°

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Empresa/Institución	Persona Natural		
N° RUC	-	Teléfono	-
Dirección	Jiron Pardo 816 - Celendín		
Persona de contacto	Doris Lizbeth Oblitas Abanto	DNI	46138949
Correo Electrónico	dloa09@hotmail.com	Celular	995254318
Ciudad/Provincia/Distrito	Cajamarca/Cajamarca/Celendín		

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo	06.11.15	Hora.	09:13 a 10:10
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestra	03 Muestras	N° Frascos x muestra	02
Ensayos solicitados	Físico-Químicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación. La Temperatura de recepción es de 5.3°C.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el Cliente.		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC - 178	Cadena de Custodia	CC-236-15
N° Orden de Trabajo	1115236		
Fecha y Hora de Recepción	06.11.15	17:40	Inicio de Ensayo 06.11.15 18:00
Fecha Término de Ensayo	12.11.15	10:30	Reporte Resultado 13.11.15 09:00
Condiciones Ambientales de Trabajo			
Temperatura ambiental (°C)	20	Humedad Relativa (%)	50
Presión atmosférica (mmHg)	554		

Cajamarca, 13 de Noviembre de 2015.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev:N°04

Página: 2 de 3

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe FONDO: 599000 anexo 1142



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N°

IE1115236

ENSAYOS			FISICOQUIMICOS				
Código Cliente			ATS	ETS	EFP	-	-
Código Laboratorio			1115236-01	1115236-02	1115236-03	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Doméstica	Doméstica	Doméstica	-	-
Localización de la Muestra			Shuitute - Celendin	Shuitute - Celendin	Shuitute - Celendin	-	-
Parámetro	Unidad	LDM	Resultados				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.0	127	69	69	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	2.0	326	179	161	-	-

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LABORATORIO							
Ensayo	Unidad	LDM	LCM	%RPD	%BFL	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	0.2	0.5	2.2	98	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	0.5	2.0	2.9	90	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22 nd Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Titrimetric Method

OBSERVACIONES

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estandar relativa
LDM: Limite detección del Método, LCM: Limite de cuantificación del métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental
Los resultados Químicos <LCM, significa que la concentración son muy bajas, en algunos casos puede ser cero.
NA: No aplica ND: No determinado LDM: Limite Detección del Método, LCM: Limite de Cuantificación del Método.

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



Cajamarca, 13 de Noviembre de 2015.

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04

Página: 3 de 3

b. Informe de ensayo o del segundo muestreo.

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA	
INFORME DE ENSAYO N° IE 1215287	
Razón Social del Cliente:	Persona Natural
Dirección:	Jiron Pardo 816 - Celendín
Ciudad:	Cajamarca/Cajamarca/Celendín
Atención:	Doris Lizbeth Oblitas Abanto
 Presente:	
<p>Anexo al presente me permito remitir a usted el Informe con resultados de Ensayos realizados a la(s) muestra(s) de agua(s) de procedencia de Shuitute - Celendín. De acuerdo con la cadena de custodia N° CC.287 - 15, se receptionan las muestras en las instalaciones de nuestro laboratorio el día 07 de Diciembre de 2015, para la determinación de parámetros Físico-Químicos.</p> <p>El informe contiene la descripción de fecha/hora y punto de recepción de muestras, Métodos de ensayo y resultados de laboratorio, hoja de control de calidad y observaciones generales.</p> <p>Sin otro particular de momento, nos es grato reiterarle un cordial saludo.</p>	
Atentamente	
 GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  Bigo. Juan V. Diaz Saenz RESPONSABLE C.B.P. 7388	
Cajamarca, 15 de Diciembre de 2015.	
La validez de los resultados es aplicable sólo a las muestras analizadas	
Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev.N°04	Página: 1 de 3
<small>"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO" JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ SN. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERU e-mail: laboratorio@regioncajamarca.gob.pe FON: 598000 anexo 1140</small>	



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 1215287

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Empresa/Institución	Persona Natural		
N° RUC	-	Teléfono	-
Dirección	Jiron Pardo 816 - Celendín		
Persona de contacto	Doris Lizbeth Oblitas Abanto	DNI	46138949
Correo Electrónico	dloa09@hotmail.com	Celular	995254318
Ciudad/Provincia/Distrito	Cajamarca/Cajamarca/Celendín		

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo	07.12.15	Hora:	08:40 a 09:10
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestra	03 Muestras	N° Frascos x muestra	02
Ensayos solicitados	Físico-Químicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación. La Temperatura de recepción es de 5.8°C.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el Cliente.		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC - 205	Cadena de Custodia	CC-287-15		
N° Orden de Trabajo	1215287				
Fecha y Hora de Recepción	07.12.15	13:10	Inicio de Ensayo	07.12.15	14:30
Fecha Término de Ensayo	14.12.15	10:30	Reporte Resultado	14.12.15	16:00
Condiciones Ambientales de Trabajo					
Temperatura ambiental (°C)	20	Humedad Relativa (%)	50		
Presión atmosférica (mmHg)	554				

Cajamarca, 15 de Diciembre de 2015.





LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N°
IE 1215287

ENSAYOS			FISICOQUIMICOS				
Código Cliente			ATS	ETS	AFP	-	-
Código Laboratorio			1215287-01	1215287-02	1215287-03	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Doméstica	Doméstica	Doméstica	-	-
Localización de la Muestra			T S + F P	T S + F P	T S + F P	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	6.0	357	202	118	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	2.0	707	431	329	-	-

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LABORATORIO						
Ensayo	Unidad	LDM	LCM	%RPD	%BFL	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.0	6.0	2.2	95	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	0.5	2.0	1.1	98	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22 nd Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Titrimetric Method

OBSERVACIONES

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estandar relativa
LDM: Límite de detección del Método, LCM: Límite de cuantificación del métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental
Los resultados Químicos <LCM, significa que la concentración son muy bajas, en algunos casos puede ser cero.
NA: No aplica ND: No determinado LDM: Límite Detección del Método, LCM: Límite de Cuantificación del Método.

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2005.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



Cajamarca, 15 de Diciembre de 2015.

Cód: RT1-5-10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04

Página: 3 de 3

c. Informe de ensayo del tercer muestreo.

	LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
INFORME DE ENSAYO N°	
IE 0116002	
Razón Social del Cliente:	Persona Natural
Dirección:	Jiron Pardo 816 - Celendín
Ciudad:	Cajamarca/Cajamarca/Celendín
Atención:	Doris Lizbeth Oblitas Abanto
 Presente:	
<p>Anexo al presente me permito remitir a usted el Informe con resultados de Ensayos realizados a la(s) muestra(s) de agua(s) de procedencia de Shuitute - Celendín. De acuerdo con la cadena de custodia N° CC. 002 - 16, se recepcionan las muestras en las instalaciones de nuestro laboratorio el día 06 de Enero de 2016, para la determinación de parámetros Físico-Químicos.</p> <p>El informe contiene la descripción de fecha/hora y punto de recepción de muestras, Métodos de ensayo y resultados de laboratorio, hoja de control de calidad y observaciones generales.</p> <p>Sin otro particular de momento, nos es grato reiterarle un cordial saludo.</p>	
Atentamente	
	
<small>GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA</small>	
 Bigo. Juan V. Diaz Saenz <small>RESPONSABLE C.B.P. 7304</small>	
Cajamarca, 14 de Enero de 2016.	
La validez de los resultados es aplicable sólo a las muestras analizadas	
<small>Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04</small>	<small>Página: 1 de 3</small>
<small>"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO" JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N, URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ e-mail: laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe FONDO: 599000 anexo 1140</small>	



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N°

IE 0116002

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Empresa/Institución	Persona Natural		
N° RUC	-	Teléfono	-
Dirección	Jiron Pardo 816 - Celendín		
Persona de contacto	Doris Lizbeth Oblitas Abanto	DNI	46138949
Correo Electrónico	dloa09@hotmail.com	Celular	995254318
Ciudad/Provincia/Distrito	Cajamarca/Cajamarca/Celendín		

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo	06.01.16	Hora:	07:00 a 07:38
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestra	03 Muestras	N° Frascos x muestra	02
Ensayos solicitados	Fisico-Químicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación. La Temperatura de recepción es de 5.1°C.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el Cliente.		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC - 205	Cadena de Custodia	CC-002-16		
N° Orden de Trabajo	0116002				
Fecha y Hora de Recepción	06.01.16	13:15	Inicio de Ensayo	06.01.16	14:30
Fecha Término de Ensayo	13.01.16	10:30	Reporte Resultado	14.01.16	10:00
Condiciones Ambientales de Trabajo					
Temperatura ambiental (°C)	20	Humedad Relativa (%)	50		
Presión atmosférica (mmHg)	554				

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Cajamarca, 14 de Enero de 2016.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0116002

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS				
Código Cliente			ATS	ETS	EFP	-	-
Código Laboratorio			0116002-01	0116002-02	0116002-03	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Doméstica	Doméstica	Doméstica	-	-
Localización de la Muestra			Ptar Shuitute	Ptar Shuitute	Ptar Shuitute	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	6.0	187	168	153	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	2.0	558	353	346	-	-

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LABORATORIO						
Ensayo	Unidad	LDM	LCM	%RPD	%BFL	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.0	6.0	2.9	105	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	0.5	2.0	8.9	92	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22 nd Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Titrimetric Method

OBSERVACIONES

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estándar relativa
LDM: Límite de detección del Método, LCM: Límite de cuantificación de los métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental
Los resultados Químicos <LCM, significa que la concentración son muy bajas, en algunos casos puede ser cero.
NA: No aplica ND: No determinado LDM: Límite de Detección del Método, LCM: Límite de Cuantificación del Método.

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.




Cajamarca, 14 de Enero de 2016.

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04

Página: 3 de 3

d. Informe de ensayo del cuarto muestreo.

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° **IE 0216050**

Razón Social del Cliente: **Persona Natural**
Dirección: **Jiron Pardo 816 - Celendin**
Ciudad: **Cajamarca/Cajamarca/Celendin**
Atención: **Doris Lizbeth Oblitas Abanto**


Presente:

Anexo al presente me permito remitir a usted el Informe con resultados de Ensayos realizados a la(s) muestra(s) de agua(s) de procedencia de Shuitute - **Celendin**. De acuerdo con la cadena de custodia N° CC. 050 - 16, se recepcionan las muestras en las instalaciones de nuestro laboratorio el día 09 de Febrero de 2016, para la determinación de parámetros Fisico-Químicos.

El informe contiene la descripción de fecha/hora y punto de recepción de muestras, Métodos de ensayo y resultados de laboratorio, hoja de control de calidad y observaciones generales.

Sin otro particular de momento, nos es grato reiterarle un cordial saludo.

Atentamente


Bigo. Juan V. Diaz Saenz
RESPONSABLE
CEN 1796

Cajamarca, 16 de Febrero de 2016.

La válidez de los resultados es aplicable sólo a las muestras analizadas

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04 Página: 1 de 3

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERU
e-mail: laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe FON: 59900 anexo 1140



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N°

IE 0216050

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Empresa/Institución	Persona Natural		
N° RUC	-	Teléfono	-
Dirección	Jiron Pardo 816 - Celendin		
Persona de contacto	Doris Lizbeth Oblitas Abanto	DNI	46138949
Correo Electrónico	<u>dloa09@hotmail.com</u>	Celular	995254318
Ciudad/Provincia/Distrito	Cajamarca/Cajamarca/Celendin		

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo	09.02.16	Hora:	07:05 a 09:00
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestra	03 Muestras	N° Frascos x muestra	02
Ensayos solicitados	Fisico-Químicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación. La Temperatura de recepción es de 5.8°C.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el Cliente.		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC - 205	Cadena de Custodia	CC-002-16
N° Orden de Trabajo	0116002		
Fecha y Hora de Recepción	06.01.16	13:15	Inicio de Ensayo 06.01.16 14:30
Fecha Término de Ensayo	13.01.16	10:30	Reporte Resultado 14.01.16 10:00
Condiciones Ambientales de Trabajo			
Temperatura ambiental (°C)	20	Humedad Relativa (%)	50
Presión atmosférica (mmHg)	554		

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Cajamarca, 16 de Febrero de 2016.

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04

Página: 2 de 3

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FONDO: 590000 anexo 1140



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N°

IE 0216050

ENSAYOS			FISICOQUIMICOS				
Código Cliente			ATS	ETS	EFP	-	-
Código Laboratorio			0216050-01	0216050-02	0216050-03	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Doméstica	Doméstica	Doméstica	-	-
Localización de la Muestra			Ptar Shuitute	Ptar Shuitute	Ptar Shuitute	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	6.0	233	195	118	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	2.0	463	372	145	-	-

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LABORATORIO						
Ensayo	Unidad	LDM	LCM	%RPD	%BFL	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.0	6.0	2.4	103	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	0.5	2.0	2.3	92	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22 nd Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Titrimetric Method

OBSERVACIONES

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estándar relativa
LDM: Límite de detección del Método, LCM: Límite de cuantificación del métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental
Los resultados Químicos <LCM, significa que la concentración son muy bajas, en algunos casos puede ser cero.
NA: No aplica ND: No determinado LDM: Límite Detección del Método, LCM: Límite de Cuantificación del Método.

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



Cajamarca, 16 de Febrero de 2016.

Cód: RT-1-5-10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev:N°04

Página: 3 de 3

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
JH. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@lag.gob.regioncajamarca.gob.pe FON: 596000 anexo 1140

REQUERIMIENTOS PARA LA CONFORMIDAD DE LA MUESTRA


ENSAYOS QUÍMICOS							ENSAYOS BIOLÓGICOS				
Parámetro	Tipo de envase	Tipo de muestra	Cantidad mínima	Preservación	Almacenamiento o máximo recomendado	Regular	Parámetro	Tipo de envase	Cantidad mínima	Conservación	Tiempo máximo de conservación
Acidez	P.V	p	100 ml	Ref	24 h	14 d	Coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i>	Vidrio borosilicato o plástico esteril boca ancha, aguas cloradas	200 mL	<10°C (No congelar)	24 horas
Alcalinidad	P.V	p	200 ml	Ref	24 h	14 d		Utilizar envases con tiosulfato de sodio al 3% o 10%			
DBO	P.V	p.c	1000 ml	Ref	6h	48h	Bacterias heterotróficas				
DCO	P.V	p.c	100 ml	H ₂ SO ₄ -pH=2/Ref	7d	28d					
Cloruros	P.V	p.c	50 ml	No requiere	NI	28d	Enterococos				
Cloro residual	P.V	p	500 ml	Análisis inmediato	0.25h	0.25h	Salmonella	Plástico o Vidrio esteril boca ancha	1000 mL	< 10°C (No congelar)	24 horas
Color	P.V	p.c	500 ml	Ref	24h	48h					
Conductividad	P.V	p.c	500 ml	Ref	28d	28d	Huevos de helmintos	Plástico	1000 mL	<6°C	48h en refrigeración/120 días preservados en refrigeración
Cianuros	P(o),V(o)	p.c	250 ml	NaOH-pH=12/Ref	24h	14d					
Fluoruros	P.V	p.c	100 ml	No requiere	28d	28d	Organismos de vida libre	Plástico	1000 mL	Formalina bufferada (40 mL)-8°C	24 horas sin preservar/ 10 días preservados
Dureza	P.V	p.c	100 ml	H ₂ SO ₄ o HNO ₃ -pH=2/Ref	6m	6m					
Metales totales	P.V	p.c	500 ml	HNO ₃ -pH=2/Ref	6m	6m					
Metales disueltos	P.V	p.c	500 ml	Filtrado-HNO ₃ -pH=2/Ref	6m	6m					
Mercurio total	P.V	p.c	500 ml	HNO ₃ -pH=2/Ref	NI	28d	Vibrio	Plástico o Vidrio esteril boca ancha	1000 mL	< 10°C (No congelar)	24 horas
Mercurio disuelto	P.V	p.c	500 ml	Filtrado-HNO ₃ -pH=2/Ref	NI	28d	Formas parasitarias	Plástico o Vidrio esteril boca ancha	1000 mL	<20°C	96h
Cromo VI	P.V	p	250 ml	Buffer-9.3-pH=9.7/Ref	28d	28d	Giardia duodenalis	Plástico o Vidrio esteril boca ancha	1000 mL	<20°C	96h
N. Amónico	P.V	p.c	500 ml	H ₂ SO ₄ -pH=2/Ref	7d	28d	Virus	Plástico o Vidrio esteril boca ancha	1000 mL	< 10°C (No congelar)	24 horas
N. Nitrato	P.V	p.c	100 ml	Análisis inmediato/Ref	NI	48h					
N. Nitrito	P.V	p.c	100 ml	Análisis inmediato/Ref	NI	48h					
N. Org. Kjeldahl	P.V	p.c	500 ml	H ₂ SO ₄ -pH=2/Ref	7d	28d					
Clor	V	p	500 ml	Análisis inmediato/Ref	8h	24h					
Aceites y grasas	V	p	1000 ml	H ₂ SO ₄ -pH=2/Ref	28d	28d					
Fenoles	P.V	p.c	500 ml	H ₂ SO ₄ -pH=2/Ref	inmediato	28d					
Oxígeno disuelto	P.V (DBO)	p	300 mL	NaN ₂ +Acet.Zinc	8h	8h					
pH	P.V	p	50 ml	Análisis inmediato	0.25h	0.25h					
Fosfatos	P.V	p	100 ml	Análisis inmediato/Ref	NI	48h					
Fósforo total	P.V	p.c	100 ml	H ₂ SO ₄ -pH=2/Ref	28d	28d					
Salinidad	V	p	240 ml	Análisis inmediato	6m	NI					
Sólidos	P.V	p.c	200 ml	Ref	7d	2-7d (ver met.)					
Sulfatos	P.V	p.c	100 ml	Ref	NI	28d					
Sulfuros	P.V	p.c	100 ml	Acet.Zinc+NaOH-pH=9/Ref	28d	7d					
Temperatura	P.V	p	NI	Análisis inmediato	0.25h	0.25h					
Turbidez	P(o),V(o)	p.c	100 ml	Durante el día / Ref	24h	48h					

P: Plástico V: Vidrio p: Puntual c: Compuesta Ref: Refrigeración (0°C < T ≤ 6°C)
P(o), V(o): Envase oscuro Filtrado: Pasar a través de un filtro de 0.45 μm de porosidad

NI: No indica

NTP 214.042 2012 Calidad del Agua- Clasificación de Matriz Agua para Ensayos de Laboratorio		AGUAS NATURALES	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA DEMANANTIAL
AGUAS DE USO Y CONSUMO HUMANO	AGUA DE BEBIDA; AGUA POTABLE; AGUA DE MESA Y AGUA EMBOTELLADA	AGUAS NATURALES	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA DE POZO
	AGUA DE PISCINA			AGUA TERMAL
AGUAS RESIDUALES	AGUA DE LAGUNA ARTIFICIAL	AGUAS DE PROCESO	AGUA SUPERFICIAL	RIOS
	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA			LAGUNAS/LAGOS
	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL			DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA
AGUAS SALINAS	AGUA RESIDUAL MUNICIPAL	AGUAS DE PROCESO	AGUA SUPERFICIAL	AGUA DE CIRCULACIÓN O ENFRIAMIENTO
	AGUA DE MAR			AGUA DE ALIMENTACIÓN PARA CALDERAS
	AGUAS SALOBRES			AGUA DE CALDERAS
	SALMUERA			AGUA DE LIXIVILACIÓN
				AGUA PURIFICADA
				AGUA DE INYECCIÓN Y REINYECCIÓN

7.5.Formato de etiqueta de muestreo

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA Etiquetas de Muestreo		CÓDIGO DEL CLIENTE	
	CÓD. DE LABORATORIO:		
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA Parámetros Físicos - Químicos - Biológicos			
<input type="checkbox"/> PH <input type="checkbox"/> CONDUCTIVIDAD <input type="checkbox"/> TURBIDEZ <input type="checkbox"/> ANIONES <input type="checkbox"/> TDS <input type="checkbox"/> COLOR <input type="checkbox"/> TSS	<input type="checkbox"/> CLORO <input type="checkbox"/> METALES TOTALES <input type="checkbox"/> MERCURIO <input type="checkbox"/> DUREZA <input type="checkbox"/> METALES DISUELTOS <input type="checkbox"/> DQO <input type="checkbox"/> DBO	<input type="checkbox"/> OXIGENO DISUELT <input type="checkbox"/> NITRÓGENO <input type="checkbox"/> CN <input type="checkbox"/> ACEITES Y GRASAS <input type="checkbox"/> SULFUROS <input type="checkbox"/> CROMO VI <input type="checkbox"/> COLOR	<input type="checkbox"/> NC. TOTALES <input type="checkbox"/> NC. TERMO <input type="checkbox"/> E. COLI <input type="checkbox"/> B. HETERO <input type="checkbox"/> O.V.L. <input type="checkbox"/> HUEVO Y LARVAS DE HELMINTOS <input type="checkbox"/> FORMAS PARASITARIAS <input type="checkbox"/> ALCALINIDAD <input type="checkbox"/> Ps. aeruginosa <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
PRESERVACIÓN: <input type="checkbox"/> HNO3 <input type="checkbox"/> H2SO4 <input type="checkbox"/> NaOH(1M) <input type="checkbox"/> C4H6O4Zn+NaCH(6N) <input type="checkbox"/> Sol.Buffer+Na OH (5N) <input type="checkbox"/> R1-R2			
OBSERVACIONES: _____ DERECHOS RESERVADOS L.R.A			
		ID. MUESTRA	
		LOCALIZACIÓN	
		FECHA Y HORA	
		MUESTREADOR	

7.6.Formato de registro de datos campo

Nombre de la PTAR:			
AFLUENTE:			
Denominación del punto de monitoreo:			
Fecha	Hora	pH	Temperatura
EFLUENTE 1:			
Denominación del punto de monitoreo:			
Fecha	Hora	pH	Temperatura
EFLUENTE 2:			
Denominación del punto de monitoreo:			
Fecha	Hora	pH	Temperatura

.....,de del 20.....

Nombres y apellidos
Responsable de Monitoreo

Glosario de términos

Afluente: El agua que entra (alimentación) a un dispositivo de tratamiento de agua.

Agua cruda: Agua no tratada de pozos, de fuentes superficiales o cualquier agua antes de que llegue a un dispositivo o proceso de tratamiento de agua.

Aguas grises: Se considera como una combinación de aguas servidas de lavado y baño.

Aguas negras: Se considera como una combinación de excremento, orina y lodos fecales.

Agua residual: Efluentes líquidos acuosos provenientes como desecho de la actividad urbana, industrial, ganadera o agrícola que se caracterizan por haber perdido en el proceso alguna de sus características de calidad principalmente debido a la adición de sustancias disueltas o en suspensión o de agentes biológicos.

Ácidos grasos volátiles (AGVs): Es uno de los parámetros más útiles en el control del estado metabólico del proceso, jugando un papel importante como intermediarios en la formación de CH₄.

Agua residual doméstica: Son las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por las excretas humanas y las actividades domésticas.

Anaerobio: Condición en la cual no hay presencia de aire u oxígeno libre.

Biodegradable: Susceptible de descomponerse a través de procesos biológicos, generalmente mediados por microorganismos (bacterias, hongos, protozoos, etc). Esta propiedad, que caracteriza a la mayor parte de los compuestos biológicos, permite su transformación en sustancias más sencillas que no necesariamente son menos contaminantes o tóxicas que la sustancia original.

Concentración: Es la proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolución. Se expresa en unidades de masa sobre volumen.

DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días. Medida de la cantidad de oxígeno consumida en la oxidación del material carbonoso de una muestra de agua, por la población microbiana, a lo largo de cinco días de incubación.

DQO: Demanda química de oxígeno. Se trata de un ensayo empleado para la medida del contenido en materia orgánica de una muestra de agua residual. Como agente oxidante se emplea una sustancia química, como el dicromato, fuertemente oxidante en medio ácido y a elevada temperatura.

Eficiencia del tratamiento: Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje.

Efluente: La salida de un sistema de tratamiento de agua.

Estabilización: Proceso físico-químico mediante el cual se produce la transformación de una sustancia en otra más estable y generalmente menos tóxica. Mineralización de la materia orgánica.

Filtro percolador: Sistema en el que se aplica el agua residual sedimentada sobre un medio filtrante de piedra gruesa o material sintético. La película de microorganismos que se desarrolla sobre el medio filtrante estabiliza la materia orgánica del agua residual.

Miligramo por litro: Es una medida de concentración de una sustancia disuelta. Una concentración de un mg/l significa que un miligramo de sustancia está disuelto en un litro de agua.

pH: Logaritmo con signo negativo de la concentración de iones hidrógeno, expresado en moles por litro.

Tanque séptico: Sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas que combina la sedimentación y la digestión. El efluente es dispuesto por percolación en el terreno y los sólidos sedimentados y acumulados son removidos periódicamente en forma manual o mecánica.

Tratamiento primario: Consistente en separación de los sólidos en suspensión mediante procesos de tipo físico (como sedimentación, filtración o centrifugación), o de sedimentación de partículas tras una floculación química.

Tratamiento secundario: Eliminación de la materia orgánica del agua por aireación y descomposición biológica de contaminantes.

Velocidad de carga orgánica (VCO): Representa la cantidad de alimento suministrado a un digestor por día bajo condiciones continuas de alimentación.