

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EN LA
REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES, FECALES Y *Escherichia coli*, EN
CELENDÍN – CAJAMARCA.**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por el Bachiller:

LENIN NEICER BRIONES GARCÍA

Asesor:

Dr. Ing. GLICERIO EDUARDO TORRES CARRANZA

CAJAMARCA – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Norte de la Universidad Peruana

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los veintitrés días del mes de septiembre del año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente 2C-211 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 318-2019-FCA-UNC, fecha 12 de Julio del 2019, con el objeto de evaluar la sustentación de la Tesis titulada: **“EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EN LA REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES, FECALES Y *Escherichia coli*, EN CELENDÍN - CAJAMARCA”**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**, del Bachiller: **LENIN NEICER BRIONES GARCÍA**;

A las ocho horas y treinta minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la aprobación por unanimidad con el calificativo de catorce (14).

Por lo tanto, el graduando queda expedita para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las nueve horas y cuarenta y cinco minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 23 de septiembre de 2019.



Dr. Manuel Salomón Roncal Ordóñez
PRESIDENTE



Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL



M.Sc. John Víctor López Orbegoso
SECRETARIO



Dr. Glicerio Eduardo Torres Carranza
ASESOR

DEDICATORIA

Especialmente a Dios, por darme la vida, la salud, por ser mi fortaleza, mi guía y por permitirme lograr mis metas.

A mis padres: Bremilda García Infante y Teodoro Briones Jambo, quienes con humildad y mucho esfuerzo me brindaron una educación en valores y me enseñaron a salir adelante aun en las adversidades y por su apoyo incondicional para verme profesional y una persona de bien.

A mis compañeros de vida: María Elizabeth Oyarce Ortiz y a mi hijo Dylan Stefan Briones Oyarce, quienes son mi fuerza y mi apoyo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | ii |
| ÍNDICE GENERAL | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | vi |
| RESUMEN | vii |
| ABSTRACT..... | viii |
| CAPÍTULO I | |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO II | |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación | 3 |
| 2.2. Bases teóricas..... | 4 |
| 2.2.1. Contaminación del agua | 4 |
| 2.2.2. Tratamiento de aguas residuales | 5 |
| 2.2.3. Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) | 6 |
| 2.2.4. Características especiales del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales...6 | |
| 2.2.5. Eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales..... | 6 |
| 2.2.6. Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) | 7 |
| 2.2.7. Laguna facultativa | 7 |
| 2.2.8. Descripción de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín..... | 7 |
| 2.2.9. Procesos de tratamiento en el sistema de Celendín..... | 9 |
| 2.2.10. Coliformes totales..... | 11 |
| 2.2.11. Coliformes fecales | 12 |
| 2.2.12. <i>Escherichia coli</i> | 12 |
| 2.2.13. Límites máximos permisibles (LMP) para aguas vertidas de una planta de tratamiento de aguas residuales | 12 |
| 2.2.14. Estándares de calidad ambiental (ECA)..... | 13 |
| 2.2.15. Eficiencia de remoción de organismos patógenos de la planta de tratamiento de aguas residuales Celendín..... | 15 |
| 2.2.16. Eficiencia de remoción por tecnología de tratamiento. | 15 |
| 2.2.17. producción de oxígeno fotosintético. | 15 |
| CAPÍTULO III | |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 17 |
| 3.1 Ubicación geográfica del trabajo de investigación | 17 |
| 3.2 Características del lugar | 18 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3. Materiales | 18 |
| 3.4. Metodología..... | 19 |
| 3.4.1. Trabajo de campo | 19 |
| 3.4.2. Trabajo de laboratorio | 21 |
| 3.4.3. Trabajo de gabinete | 22 |
| CAPÍTULO IV | |
| IV.RESULTADOS Y DISCUSIONES | 23 |
| 4.1. Coliformes totales | 25 |
| 4.2. Coliformes fecales | 26 |
| 4.3. <i>Escherichia coli</i> | 27 |
| 4.4. Eficiencia de la Planta de tratamiento de aguas residuales Celendín..... | 28 |
| 4.4.1. Eficiencia en la remoción de coliformes totales..... | 28 |
| 4.4.2. Eficiencia en la remoción de coliformes fecales | 28 |
| 4.4.3. Eficiencia en la remoción de <i>Escherichia coli</i> | 28 |
| CAPÍTULO V | |
| V. CONCLUSIONES | 31 |
| CAPÍTULO VI | |
| VI.LITERATURA CITADA | 32 |
| ANEXOS | 35 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Parámetros para medir la concentración de contaminantes de las aguas residuales | 4 |
| Tabla 2. Valores máximos y mínimos permitidos en parámetros convencionales de las aguas residuales domésticas..... | 5 |
| Tabla 3. Caudales a ser drenados a la planta de tratamiento de aguas residuales | 8 |
| Tabla 4. Resumen de bases de diseño de la Planta de tratamiento de aguas residuales..... | 9 |
| Tabla 5. Límites máximos permisibles para los efluentes de planta de tratamiento de aguas residuales..... | 13 |
| Tabla 6. ECA Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable..... | 13 |
| Tabla 7. ECA Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación..... | 13 |
| Tabla 8. ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales..... | 14 |
| Tabla 9. ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales..... | 14 |
| Tabla 10. ECA Categoría 4: Conservación del ambiente acuático | 14 |
| Tabla 11. Eficiencia de tratamiento por tecnología de tratamiento respectivo..... | 16 |
| Tabla 12. Coordenadas de los puntos de muestreo de afluente y efluente..... | 19 |
| Tabla 13. Fechas de recolección de muestras..... | 20 |
| Tabla 14. Resultados de coliformes totales de afluente y efluente correspondiente a las cuatro muestras comparadas con límites máximos permisibles (LMP)..... | 23 |
| Tabla 15. Resultados de coliformes fecales de afluente y efluente correspondiente a las cuatro muestras comparadas con límites máximos permisibles (LMP)..... | 24 |
| Tabla 16. Resultados de <i>E. coli</i> de afluente y efluente correspondiente a las cuatro muestras comparados con límites máximos permisibles (LMP)..... | 25 |
| Tabla 17. Resultados de coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i> del efluente comparados con los límites máximos permisibles (LMP)..... | 26 |
| Tabla 18. Resultados de coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i> del efluente comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA)..... | 27 |
| Tabla 19. Eficiencia de la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Celendín comparada con bibliografía pertinente..... | 29 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del trabajo de investigación..... | 17 |
| Figura 2. Resultados de coliformes totales del afluente y efluente correspondientes a las cuatro muestras, comparadas con los límites máximos permisibles (LMP)..... | 23 |
| Figura 3. Resultados de coliformes fecales del afluente y efluente correspondientes a las cuatro muestras, comparadas con los límites máximos permisibles (LMP)..... | 24 |
| Figura 4. Resultados de <i>E. coli</i> del afluente y efluente correspondientes a las cuatro muestras, comparadas con los límites máximos permisibles (LMP)..... | 25 |
| Figura 5. Concentración de coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i> del efluente comparadas con los límites máximos permisibles (LMP)..... | 26 |
| Figura 6. Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Celendín, comparado con NJS sucursal Perú..... | 29 |
| Figura 7. Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Celendín, comparado con Rodríguez <i>et al.</i> 2015 | 29 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de remoción de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín. El muestreo se realizó cada veintidós días, con cuatro repeticiones para cada parámetro, reportando que en cien mililitros (NMP/100mL) de afluente se encontró: coliformes totales: 35×10^6 ; 35×10^6 ; 92×10^6 ; 35×10^6 ; coliformes fecales: 92×10^5 ; 92×10^5 ; 54×10^6 ; 40×10^5 y *E. coli*: 92×10^5 ; 92×10^5 ; 54×10^6 ; 40×10^5 . Para efluente: coliformes totales: 35×10^6 ; 54×10^5 ; 35×10^4 ; 11×10^5 ; coliformes fecales: 35×10^6 ; 35×10^4 ; 17×10^4 ; 21×10^4 y *E. coli*: 11×10^6 ; 35×10^4 ; 13×10^4 ; 21×10^4 . Estos resultados superan considerablemente los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental (ECA) de la normativa nacional. La eficiencia obtenida para coliformes totales alcanzó un valor de 78.76 %; para coliformes fecales 53,23%; y para *E. coli* 84.70%, con esto podemos comprobar que dicha planta es ineficiente; ya que según el estudio de factibilidad realizado por el gobierno regional de Cajamarca la planta debería tener una eficiencia del 99.99% en la remoción de carga microbiológica.

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the efficiency of removal of total, fecal and *Escherichia coli* coliforms from the wastewater treatment plant in the city of Celendín. Sampling was performed every twenty-two days, with four repetitions for each parameter, reporting that in one hundred milliliters (NMP / 100mL) of tributary was found: total coliforms: 35×10^6 ; 35×10^6 ; 92×10^6 ; 35×10^6 ; fecal coliforms: 92×10^5 ; 92×10^5 ; 54×10^6 ; 40×10^5 and *E. coli*: 92×10^5 ; 92×10^5 ; 54×10^6 ; 40×10^5 For effluent: total coliforms: 35×10^6 ; 54×10^5 ; 35×10^4 ; 11×10^5 ; fecal coliforms: 35×10^6 ; 35×10^4 ; 17×10^4 ; 21×10^4 and *E. coli*: 11×10^6 ; 35×10^4 ; 13×10^4 ; 21×10^4 . These results considerably exceed the maximum permissible limits (LMP) and environmental quality standards (ECA) of national regulations. The efficiency obtained for total coliforms reached a value of 78.76%; for faecal coliforms 53.23%; and for *E. coli* 84.70%, with this we can verify that said plant is inefficient; since according to the feasibility study conducted by the regional government of Cajamarca the plant should have an efficiency of 99.99% in the removal of microbiological load.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Celendín, cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales en funcionamiento desde el mes de julio del 2014, la cual abastece a una población aproximada de 5000 familias. Los desechos líquidos domésticas generadas dentro del casco urbano son conducidas mediante sistema de alcantarillado hasta la planta; el cual es un sistema que inicia separando los sólidos grandes (basura) de la corriente empleando un sistema de rejillas de barras paralelas de 25 mm de dimensión; posteriormente se realiza la medición del caudal con una canaleta parshall, seguido de un sedimentador conformado con dos cámaras paralelas para separar los sólidos pequeños densos como la arena, seguidamente pasa a la cámara de distribución de caudales para luego ingresar al reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA) donde la materia orgánica es descompuesta por microorganismos y transformada en lodos en el fondo de los tanques; además aquí también se genera gas debido a la descomposición anaeróbica de la materia orgánica; de aquí el agua pasa a la laguna facultativa donde mediante las algas, que con presencia de sol generan oxígeno, el cual evita la proliferación de bacterias anaerobias, ayudando así al mejor tratamiento, de aquí el agua es vertida directamente al río (cuerpo receptor).

La importancia del presente trabajo de investigación radica en procesar los resultados obtenidos de los análisis de muestras de agua residual para determinar la eficiencia de la planta de tratamiento, ya que aún no se cuenta con estudios que puedan garantizar que el agua del efluente tenga las características necesarias para ser reutilizada en tareas agrícolas como actualmente se viene haciendo.

La problemática principal es que el efluente de la planta es reutilizado directamente por la población en tareas agrícolas sin ningún tratamiento adicional, las características físicas, químicas y microbiológicas, siendo propensos a contraer enfermedades.

El objetivo general es determinar el grado de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la remoción de coliformes totales, fecales y *E. coli*.

Los objetivos específicos son:

- a. Comparar los resultados con los límites máximos permisibles y estándares de calidad ambiental de normativa nacional.
- b. Proponer una alternativa de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín- Cajamarca, para potenciar su eficiencia.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

La SUNASS¹ (2008) afirma que la descarga directa sin tratamiento previo o ineficiente de las aguas residuales en los cuerpos receptores (ríos, lagos, quebradas y el mar) es uno de los principales factores de contaminación de los ecosistemas existentes y de nuestras actuales fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas, lo que amenaza la sostenibilidad del recurso y pone en riesgo la salud de la población. Se estima que al menos el 10% de la población mundial consume alimentos que son regados con desechos líquidos, lo que va asociado a la transmisión de enfermedades como el cólera, diarrea, disentería, hepatitis A, fiebre tifoidea y poliomielitis.

2.1. Antecedentes de la investigación

Velis *et al.* (2010) evaluaron la eficiencia de remoción con procesos de coagulación-floculación con una posterior ozonización en laboratorio para el tratamiento de aguas residuales municipales de la ciudad de Sinaloa-México en el año 2010. Los resultados arrojaron una eficiencia de 90 % para la turbiedad, sólidos suspendidos totales, color, compuestos orgánicos medidos a 254 nm, demanda química de oxígeno, y oxígeno disuelto; y un 99,99 % para coliformes fecales.

Barboza (2011) estudió la reducción de la carga de contaminantes de las aguas residuales de la planta de tratamiento de Totorá-Ayacucho empleando la técnica de electrocoagulación que consistió en la determinación de las características físicas, químicas y biológicas del efluente. La aplicación de 25 minutos de electrocoagulación a las muestras de agua, utilizando una densidad de corriente de 12,5 mA/cm² y 21 – 23 V, con pH de trabajo regulado a 7,33 - 7,34 permitió obtener 94,65% de remoción de turbidez, 65,1 % de remoción de coliformes fecales y 64,8 % de disminución de DBO₅, logrando una calidad del agua con valores que se encuentran dentro de los límites permisibles según los Estándares de Calidad Ambiental.

¹ SUNASS: Superintendencia nacional de servicios de saneamiento

Araujo (2017) evaluó la eficiencia de remoción de coliformes totales y fecales en lodos por procesos electroquímicos, planta de tratamiento de aguas residuales – Lima, usando seis celdas de vidrio, electrodos de grafito, cloruro de sodio, una fuente de energía y lodos. Los resultados demostraron que la eficiencia del tratamiento electroquímico reduce la concentración de coliformes totales y fecales en un 100%.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación del agua

Es provocada por el ser humano, y que lo convierte en no apta para el consumo de seres vivos. Las fuentes de contaminación son la industria, agricultura, pesca, actividades recreativas y animales. El consumo de éstas a través de los alimentos provoca la transmisión de enfermedades (Oblitas y Torres 2016); las aguas residuales domésticas proceden de edificios comerciales, instalaciones públicas y similares las cuales contienen productos orgánicos de origen vegetal, animal, deyecciones humanas y grasas; inorgánicos como sales, arena, papel, detergentes, desinfectantes; y microorgánicos generalmente las bacterias (Bravo 2015; Aspajo 2018); de igual manera ocurre en periodos de precipitación donde se conducen contaminantes de las áreas edificadas y superficies urbanizadas (Metcalf y Eddy 2003).

Tabla 1. Parámetros para medir la concentración de contaminantes de las aguas residuales.

| Parámetro | Concentración (mg/L) | | |
|---------------------------------------|--|--|--|
| | Baja | Moderada | Alta |
| Sólidos Totales (ST) | 350 | 720 | 1200 |
| Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) | 110 | 160 | 400 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | 250 | 320 | 1000 |
| Carbono Orgánico Total (COT) | 50 | 500 | 290 |
| Nitrógeno (Total como nitrógeno) | 20 | 40 | 85 |
| N – Orgánico | 8 | 15 | 35 |
| N – Amonio Libre | 12 | 25 | 50 |
| Fósforo (Total como fósforo) | 4 | 8 | 15 |
| Cloruros* | 30 | 50 | 100 |
| Sulfato* | 20 | 30 | 50 |
| Alcalinidad (como CaCO ₃) | 50 | 100 | 200 |
| Grasa | 50 | 100 | 150 |
| Coliformes Total | 10 ⁶ – 10 ⁷ UFC/100ml | 10 ⁷ – 10 ⁸ UFC/100ml | 10 ⁷ – 10 ⁹ UFC/100ml |

Fuente: Metcalf y Eddy 2003.

Tabla 2. Valores máximos y mínimos permitidos en parámetros convencionales de las aguas residuales domésticas.

| Parámetro | Concentración (mg/L) | |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| | Mínima | Máxima |
| Sólidos Totales (ST) | 1132 | 130475 |
| Sólidos Volátiles Totales | 353 | 71402 |
| Sólidos Suspendidos Totales | 310 | 93378 |
| Sólidos Suspendidos Volátiles | 95 | 21500 |
| Demanda Biológica de Oxígeno | 440 | 78600 |
| Demanda Química de Oxígeno | 1500 | 703000 |
| Nitrógeno Total | 66 | 1060 |
| Nitrógeno Amoniacal | 3 | 116 |
| Fósforo Total | 20 | 760 |
| Alcalinidad | 522 | 4190 |
| Grasas | 208 | 23368 |
| Ph | 1.5 | 12.6 |
| Coliformes totales | 10 ⁷ /100ml | 10 ⁹ /100ml |
| Coliformes fecales | 10 ⁸ /100ml | 10 ⁹ /100ml |

Fuente: Metcalf y Eddy 2003.

2.2.2. Tratamiento de aguas residuales

El FONAM (2010) establece que el diseño eficiente y económico de una planta de tratamiento de aguas residuales requiere de un cuidadoso estudio basado en aspectos, tales como: el caudal (m³/seg), el uso del producto final (agua tratada), el área disponible para la instalación, la viabilidad económica, características meteorológicas (clima, precipitación). Los tratamientos para el agua residual pueden ser primarios como el cribado y la sedimentación que eliminan partículas grandes que pueden obstruir los procesos consecuentes; secundarios que tienen el objetivo de limpiar el agua de impurezas de menor tamaño a las que se pueden captar por la decantación y rejillas, para ello los sistemas se basan en métodos mecánicos y biológicos combinados (filtros, digestores, reactores, lagunas) y tratamiento avanzado cuyas técnicas más usadas son la cloración, electrocoagulación y ozonificación. Con esto se busca que las aguas tratadas tengan las características necesarias para ser reutilizadas.

2.2.3. Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)

Bravo (2015) señala que es una instalación que recibe las aguas residuales generadas por las actividades diarias que realizan los habitantes de una ciudad para posteriormente ser tratadas y reutilizadas.

2.2.4. Características especiales del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales

En la norma técnica OS. 090-vivienda (2006) se establece que las PTAR deben contar con un sistema de rebose para evitar el ingreso de aguas que sobrepasen el caudal máximo horario de diseño. En localidades de la sierra y selva, las empresas prestadoras de servicio reportan variaciones de 200 a 300% del caudal debido a aguas pluviales que ingresan al sistema de alcantarillado de aguas residuales (por falta de sistemas de alcantarillado pluvial); si no hay un sistema de rebose al ingreso de la PTAR, sus procesos de tratamiento se verían afectados. Es importante precisar que la Ley de Recursos Hídricos no permite ninguna descarga de aguas residuales crudas a un cuerpo natural, por lo que se requiere que el agua colectada por el rebose reciba tratamiento posterior, de tal manera que el vertimiento cumpla los LMP/ECA. En sólo diez PTAR se detectó algún tipo de sistema de rebose de emergencia.

La SUNASS (2008) indica que sobre la base de la experiencia de operación de las PTAR y mediante el uso de modelos para lagunas con flujos dispersos (típico para los diseños de las lagunas facultativas en el Perú), se determinó que, si el período de retención es menor de 20 días, no se cumple el LMP de coliformes termotolerantes considerando una concentración típica de 4.1×10^7 NMP/100 mL en el afluente de lagunas y que no reciben desinfección adicional.

2.2.5. Eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales

La SUNASS (2015) señala que las plantas de tratamiento se diseñan de acuerdo con la disposición final que se dé al efluente. Para lograr el cumplimiento de los límites máximos permisibles para el vertimiento a un cuerpo natural, se tiene en cuenta lo siguiente: la remoción de la contaminación orgánica y la remoción de coliformes termotolerantes; si estos parámetros se cumplen, se espera también el cumplimiento de los demás. La tecnología más común para tratar agua residual en el Perú es la laguna de estabilización

sin desinfección química ya que tienen la capacidad de remoción de coliformes cuando se asegura un tiempo de retención mínimo de 20 días.

2.2.6. Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

La comisión estatal del agua – México (2011) menciona que éstos tecnología de tratamiento en la que el agua pasa a través de un manto de lodos a baja velocidad ascensional. Se caracterizan por realizar en una sola unidad las operaciones de decantación primaria, reactor biológico y digestión anaerobia del lodo. Están constituidos básicamente de un lecho con material de empaque adecuado, el cual queda completamente sumergido en el líquido a tratar que se introduce por la parte inferior del tanque y sale, ya tratado por la parte superior.

Márquez y Martínez (2011) afirman que un reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodo describe un reactor de biopelícula fija sin medio de empaque o soporte, con una cámara de digestión que tiene flujo ascendente y a cierta altura se desarrolla un manto de lodos anaerobios que es altamente activa y en el cual se da la estabilización de la materia orgánica del afluente hasta CH_4 y CO_2 .

2.2.7. Laguna facultativa

La Norma Técnica OS-090-Vivienda (2006) menciona que una laguna facultativa es un estanque cuyo contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día. En el estrato superior de una laguna facultativa existe una actividad fotosintética de las algas, y en los estratos inferiores se produce una biodegradación anaerobia las cuales mantienen la biomasa en suspensión parcial. Este tipo de laguna presenta acumulación de lodos, observándose frecuentemente la aparición de burbujas de gas en la superficie por efecto de la digestión de lodos en el fondo. En este tipo de lagunas los períodos de retención varían entre 7 y 20 días (variación promedio entre 10 y 15 días) y las profundidades son por lo menos 1,50 m. En climas cálidos y con buena insolación se observa un apreciable crecimiento de algas en la superficie de la laguna, que genera el suministro de oxígeno, el cual evita la proliferación de las bacterias anaerobias.

2.2.8. Descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín

Nipon Jogesuido Sekkei Co sucursal del Perú (2009) afirma que la cantidad de aguas residuales depende de la población servida o grado de cobertura del sistema de alcantarillado,

cantidad de agua consumida, adiciones pluviales, condiciones climáticas y tipo de alcantarillado. Actualmente la planta cuenta con dos reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA) con capacidad para tratar las aguas residuales de una población de 21,895 habitantes con un caudal promedio de (Q_p) de 32.44 L/s, caudal máximo diario (Q_{md}) de 42.2 L/s y caudal máximo horario (Q_{mh}) de 58.4 L/s. Las unidades de pre-tratamiento construidas están conformadas por cámara de rejillas de limpieza manual, desarenador de limpieza manual, medidor de caudal tipo parshall y repartidor de caudal a cada uno de los RAFA.

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas, se estima que la eficiencia remocional de la DBO estará comprendida entre el 50 – 60% por lo que se requiere aplicar un tratamiento complementario de pulimento (laguna facultativa) para que la calidad del agua residual tratada satisfaga las exigencias del aprovechamiento o de la capacidad de asimilación del curso receptor.

Tabla 3. Caudales a ser drenados a la Planta de tratamiento de aguas residuales.

| Año | Población total | Población servida | Caudal promedio | | Caudal máximo | |
|------|-----------------|-------------------|-------------------|------|-------------------|------|
| | Hab. | Hab. | m ³ /d | L/s | m ³ /d | L/s |
| 2007 | 16721 | 12564 | 1118 | 13.8 | 2711 | 31.4 |
| 2008 | 17024 | 15532 | 1303 | 15.1 | 2988 | 34.7 |
| 2012 | 18264 | 16515 | 1403 | 16.2 | 3181 | 36.8 |
| 2017 | 19876 | 18077 | 1535 | 17.8 | 3424 | 39.6 |
| 2022 | 21549 | 19712 | 1674 | 19.4 | 3678 | 42.6 |
| 2027 | 23279 | 21417 | 1820 | 21.1 | 3943 | 45.6 |

Fuente: Nipon Jogesuido Sekkei Co sucursal del Perú 2009.

Tabla 4. Resumen de bases de diseño de la Planta de tratamiento de aguas residuales.

| Parámetro | 2008 | 2017 | 2027 |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Población total (hab) | 17024 | 19876 | 23279 |
| Población servida (hab) | 15322 | 18077 | 21417 |
| Caudal promedio | | | |
| m ³ /día | 1303 | 1535 | 1820 |
| L/s | 15.1 | 17.8 | 21.1 |
| Caudal máximo | | | |
| m ³ /día | 2998 | 3424 | 3943 |
| L/s | 34.7 | 39.6 | 45.6 |
| Caudales de diseño (L/s) | | | |
| Estructuras hidráulicas | 45.6 | 45.6 | 45.6 |
| Procesos de tratamiento | 15.1 | 17.8 | 21.1 |
| Cargas orgánicas (kg/día) | | | |
| | 693 | 858 | 1071 |
| Concentración del desecho (mg/l) | | | |
| Aporte per cápita (g/l-hab-d) | 45.2 | 47.4 | 50.0 |
| Demanda bioquímica de oxígeno | 532 | 558 | 588 |
| Sólidos suspendidos (mg/l) | 2.3E+08 | 2.4E+08 | 2.4E+08 |
| Coliformes fecales (NMP/100 ml) | 1.0/1.2 | 1.0/1.2 | 1.0/1.2 |

Fuente: Nipon Jogesuido Sekkei Co sucursal del Perú 2009.

2.2.9. Procesos de tratamiento en el sistema de Celendín

Nipon Jogesuido Sekkei Co sucursal del Perú (2009) describe que el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Celendín está compuesto de los siguientes procesos:

a. Reja fina. La criba está compuesta por platinas de acero inoxidable de sección transversal de 35 x 6 mm, espaciados de 25 mm e inclinadas 45° con respecto a la horizontal. El “by pass” se inicia antes de la reja, finalizando aguas abajo del mismo y tiene un ancho de 0.30 m. La altura de desborde es de 0.30 m por encima del fondo del canal. El borde libre es de 0.35 m y la altura total de la reja es de 0.65 m. La cantidad de residuos a ser retirados diariamente varía entre 36 – 64 kilogramos.

b. Desarenador. Existen dos desarenadores rectangulares paralelos cuyo ancho de canal es de 1.00 m, la profundidad neta de 0.30 m y el canal central tendrá un ancho de 0.50 m

y una profundidad de 0.15 m. La profundidad total del desarenador incluyendo el borde libre es de 1.00 m.

c. Medidor de caudal. Es de tipo parshall cuyo canal de ingreso es de 0.47 m, garganta de 0.15 m y profundidad promedio de 1.00 m.

d. Distribuidores de aguas crudas. El agua residual cribada pasa a un primer repartidor (R-1) de cabecera que distribuye el agua en dos partes, un 25% es derivado a uno de los lados del RAFA N° 1 y el 75% pasa al segundo distribuidor. El segundo distribuidor (R-2) de cabecera lo divide de manera que el 33% se deriva al segundo lado del primer RAFA y el 66 % restante se dirige al distribuidor del segundo RAFA. Este último distribuidor (R-3) de cabecera lo divide en dos partes iguales. De cada uno de los distribuidores de cabecera se dirige a un cuarto repartidor (R-4) que lo divide en partes iguales y cada parte es derivado a los distribuidores ubicados sobre los colectores de gases, los que vuelven a dividir el caudal en ocho partes iguales. De modo que cada RAFA cuenta un total de 32 tubos de alimentación, lo que proporciona una densidad de 4.25 metros cuadrados por difusor.

e. Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA). Los dos reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA), tienen capacidad para tratar un caudal promedio de (Q_p) de 32.44 L/s, caudal máximo diario (Q_{md}) de 42.2 L/s y caudal máximo horario (Q_{mh}) de 58.4 L/s. Cada reactor tiene 17.0 m de largo, 7.0 m de ancho y una profundidad total de 6.55 m y neta de 5.2 m. La cantidad de lodos a producirse ha sido estimada en 5.2 kg por persona año, lo cual representa una producción anual de aproximadamente 95 toneladas de material seco o 3200 metros cúbicos de lodos por año con una humedad de 3% (10.0% de sólidos).

f. Estructura de ingreso a laguna facultativa. El agua residual pre-tratada por el RAFA fluirá hacia el repartidor de caudal R-5 por medio de una tubería de 300 mm de diámetro y cinco por mil de pendiente. El repartidor dividirá el caudal en dos partes iguales siendo conducido cada una de ellas por medio de tuberías de 250 mm de diámetro y cinco por mil de pendiente a la laguna. La alimentación de la laguna o post tratamiento se hará escalonado por dos lugares diferentes teniendo en cuenta la forma alargada y la posible sobre carga orgánica que podría originarse a su ingreso a la laguna alargada de post tratamiento.

g. Laguna facultativa. Está dirigida a disminuir gran parte de la carga microbiana y muy poca de la carga orgánica. Al efecto, por razones geomorfológicas y de disponibilidad de terreno se ha proyectado una laguna de maduración de sección trapecial de 307.0 m de largo, 75.0 m de ancho y 1.5 m de profundidad, abarcando una extensión de 2.3 ha. La tasa de aplicación promedio varía entre 167 y 209 kg de DBO/ha-d y el periodo de retención es de 18 días. Se estima que la remoción de carga orgánica será del orden del 75% y de sólidos sedimentables del 70% siendo la DBO soluble en el efluente de 42 mg/L y total de 72 mg/L. La concentración de coliformes termotolerantes se estima en $1.2E+05$ como NMP/100 mL.

h. Estructura de salida de laguna. Considerando que el objetivo de las lagunas además de la remoción de la carga orgánica, es el control y eliminación de microorganismos dañinos al hombre, se ha diseñado para la laguna dos estructuras de salida que están ubicadas en el borde del talud y dotadas de pantallas para retener el material flotante. En el diseño de estas estructuras se ha aplicado el concepto de tasa de desborde para el caudal máximo. Por el caudal a ser drenado por cada una de las estructuras de salida, se han considerado tuberías de PVC de 250 mm de diámetro en cada una de las estructuras de salida. El ancho de cada vertedero de salida es de 0.5m y el largo de 2.0 m.

i. Canal de recolección y disposición final. Los efluentes de las lagunas son recolectados por medio de una tubería de 300 mm de diámetro, el cual descarga al río grande (cuerpo receptor).

j. Lechos de secado de lodos. Consta de 20 m de largo, 10 m de ancho y un metro de profundidad. La cantidad de lodos a descargarse anualmente es de 95 toneladas y equivalente a 3000 metros cúbicos. Para una aplicación de 0.40 m cada dos meses, el área requerida es de 1000 metros cuadrados, por lo que se hace necesaria la construcción de tres módulos adicionales para la primera etapa y de una quinta unidad para la segunda etapa.

2.2.10. Coliformes totales

Oblitas y Torres (2016) mencionan que son todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35°C a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂), aerobias o anaerobias facultativas, no forman esporas y presentan actividad de la β-galactosidasa. Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales están

presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales, así mismo pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua. El grupo coliformes es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, y están conformados por especies de *Escherichia* sp, *Citrobacter* sp, *Enterobacter* sp y *Klebsiella* sp.

Araujo (2017) son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente. Permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas y se comportan de igual manera en los sistemas de desinfección.

2.2.11. Coliformes fecales

Oblitas y Torres (2016) mencionan que se les conoce también como termotolerantes, llamados así porque soportan temperaturas hasta 45°C, forman parte del total del grupo coliforme, están presentes en altas concentraciones en heces humanas y de animales, es el grupo principal de contaminación fecal, siendo *Escherichia* sp, la especie que conforma el 95 % de este grupo.

2.2.12. *Escherichia coli*

Oblitas y Torres (2016) señalan que es un tipo de bacteria anaerobia abundante en la microbiota intestinal, son bacilos gram negativos no esporulados, móviles por flagelos peritricos o inmóviles, anoxigénicos facultativos, poseen metabolismo respiratorio y fermentativo. Es la única especie dentro de las enterobacterias que presenta la enzima B-D-Glucoronidasa, que degrada el sustrato 4-metilumbeliferil- β -D-glucorónico (MUG), que formando 4-metilumbeliferona, este producto tiene la propiedad de emitir fluorescencia azul/verde brillante. *E. coli* presenta características bioquímicas importantes que permiten la diferenciación con otros coliformes, como ser positivo para la prueba de indol.

2.2.13. Límites máximos permisibles (LMP) para vertidos de una planta de tratamiento de aguas residuales.

El Ministerio del ambiente (2010) establece que son 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 daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

Tabla 5. Límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes de planta de tratamiento de aguas residuales.

| Parámetro | Unidad | LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua |
|--------------------------------------|-----------|--|
| Aceites y grasas | mg/L | 20 |
| Coliformes totales o Termotolerantes | NMP/100ml | 10 000 |
| DBO | mg/L | 100 |
| DQO | mg/L | 200 |
| pH | Unidad | 6.5 – 8.5 |
| T° | °C | < 35 |
| SST | mg/L | 150 |

Fuente: Decreto Supremo n° 003,2010.

2.2.14. Estándares de calidad ambiental (ECA)

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (s.f.) indica que son las medidas que establecen el nivel de concentración o de grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Tabla 6. ECA Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

| Parámetros | Unidad de medida | A1 | A2 | A3 |
|-------------------------|------------------|---|---|---|
| | | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado |
| Coliformes totales | NMP/100 mL | 50 | **1 | **1 |
| Coliformes fecales | NMP/100 mL | 20 | 2000 | 20000 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 mL | 0 | **1 | **1 |

Fuente: Decreto Supremo n° 004,2017.

Tabla 7. ECA Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación.

| Parámetros | Unidad de medida | B1 | B2 |
|----------------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| | | Contacto primario | Contacto secundario |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 mL | 200 | 1000 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 mL | Ausencia | Ausencia |

Fuente: Decreto Supremo n° 004,2017.

Tabla 8. ECA Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

| Parámetros | Unidad de medida | C1 | C2 | C3 | C4 |
|----------------------------|------------------|---|---|---|---|
| | | Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras | Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras | Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras | Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 mL | ≤ 14 (área aprobada) (D) ² | ≤ 30 | 1000 | 200 |
| | | ≤ 88 (área restringida) (D) ² | | | |

Fuente: Decreto Supremo n° 004,2017.

Tabla 9. ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

| Parámetros | Unidad de medida | D1: Riego de vegetales | | D2: Bebida de animales |
|----------------------------|------------------|---|-----------------------------|------------------------|
| | | Agua para riego no restringido (C) ³ | Agua para riego restringido | Bebida de animales |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 mL | 1000 | 2000 | 1000 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 mL | 1000 | **1 | **1 |

Fuente: Decreto Supremo n° 004,2017.

Tabla 10. ECA Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

| Parámetros | Unidad de medida | E1: Lagunas y lagos | E2: Riego de vegetales | | E3: Ecosistemas costeros y marinos | |
|----------------------------|------------------|---------------------|------------------------|-------|------------------------------------|---------|
| | | | Costa y sierra | Selva | Estuarios | marinos |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 mL | 1000 | 2000 | 2000 | 1000 | 2000 |

Fuente: Decreto Supremo n° 004,2017.

¹ El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

² (D) Área Aprobada: Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal.

² (D)Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

³ (c) Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

2.2.15. Eficiencia de remoción de organismos patógenos de la planta de tratamiento de aguas residuales Celendín

Nipon Jogesuido Sekkei Co sucursal del Perú (2009) menciona que los organismos patógenos representan la presencia de organismos que pueden transmitir enfermedades a los humanos y animales. La planta de tratamiento debe ser capaz de reducir el contenido de patógenos a niveles que no representen un riesgo a los que utilicen del agua que recibió el efluente de la planta. El contenido de patógenos es medido través de la determinación del contenido de coliformes fecales o coliformes termotolerantes del agua residual. Además, menciona que el sistema de tratamiento de Celendín tiene la capacidad de remoción de los coliformes superior a 99.999%.

2.2.16. Eficiencia de remoción por tecnología de tratamiento

Rodríguez *et al.* (2015) en su estudio: selección de tecnología para el tratamiento de aguas residuales municipales, indican el grado de eficiencia de remoción por cada tecnología de tratamiento y para cada parámetro respectivo. Ver tabla 11.

2.2.17. Producción de oxígeno fotosintético

Rolim (2000) indica que las algas producen oxígeno al realizar fotosíntesis, las bacterias utilizan éste para metabolizar en forma aeróbica los compuestos orgánicos. En este proceso se liberan nutrientes solubles (nitratos, fosfatos) y dióxido de carbono, que son utilizados por las algas en su crecimiento. De esta forma, la actividad de las algas es beneficiosa ya que al producir oxígeno se evita la proliferación de bacterias anaerobias.

Tabla 11. Eficiencia de remoción por tecnología de tratamiento para cada parámetro respectivo.

| Tecnología de tratamiento | Referencia | Eficiencia de remoción (%) | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------|
| | | SST | DBO ₅ | DQO | N NH ₃ | N ORG | N NO ₃ | N total | P PO ₄ | P total | Coliformes |
| Lodo activado – aireación prolongada | Von Sperling (1996) | 80–90 | 93–98 | | | | | 15–30 | | 10–20 | 65 – 90 |
| | Yáñez (1995) | 70–90 | 60–85 | | | | | | | | 90 – 95 |
| Filtro percolador alta tasa | Metcalf & Eddy (2001) | 60–85 | 65–80 | 60–80 | 8–15 | | | 15–30 | | 8–12 | 90 – 95 |
| | Von Sperling (1996) | 85–95 | 80–93 | | | | | 30–40 | | 30–45 | 60–90 |
| Filtro percolador súper tasa | RAS (2000) | 65–85 | 65–85 | 65–85 | 8–15 | 15–50 | | | | 8 – 12 | |
| Laguna aerobia | Ferrer (2009) | | 60–80 | | | | | | | | |
| | Mara (1980) | | 50–85 | | | | | | | | |
| Laguna anaerobia | Arceivala (1984) | | 30–70 | | | | | | | | |
| | RAS (2000) | 20–60 | 50–70 | | | | | | | | 90 – 99,99 |
| | Mara (1980) | | 80–95 | | | | | | | | |
| Lagunas aireadas | Mendoza (2000) | | 50–60 | | | | | | | | |
| | RAS (2000) | 85–95 | 80–95 | | | | | | | | 90 – 99,99 |
| Lagunas facultativas | RAS (2000) | 63–75 | 80–90 | | | | | | 30 | | 90 – 99,99 |
| | Fair (1954) | 85–95 | 90–95 | 70–80 | | | | | | | 95 – 98 |
| | Yáñez (1995) | 90–99 | 75–95 | | | | | | | | 98 – 99,99 |
| Lagunas maduración | Mara (1980) | | 80–95 | | | | | | | | |
| | RAS (2000) | 85–95 | 60–80 | | | | | | | | 90 – 99, 99 |
| Laguna anaerobia – humedal | Caicedo (2005) | 87–93 | 80–90 | | | | | 37–48 | | 45 – 50 | |
| | Liu & Liptack (2000) | | 85–95 | | | | | | | | |
| Biodiscos | Torres et al. (2006) | 85–95 | 85–93 | | | | | 30–40 | | 30 – 45 | 60–90 |
| | Metcalf & Eddy (2001) | 80–85 | 80–85 | 80–85 | 8–15 | | | 15–20 | | 10–25 | |

Fuente: Rodríguez *et al.*, 2015.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica del trabajo de investigación

Está ubicado en el caserío de Pallác, distrito y provincia de Celendín de la región Cajamarca. La distancia aproximada es de 1.9 km en línea recta desde el centro de la ciudad. Las coordenadas de ubicación son: 815435.95 N y 9241962.48 E con una altitud de 2610 m.s.n.m. Ver mapa de ubicación (figura 1).

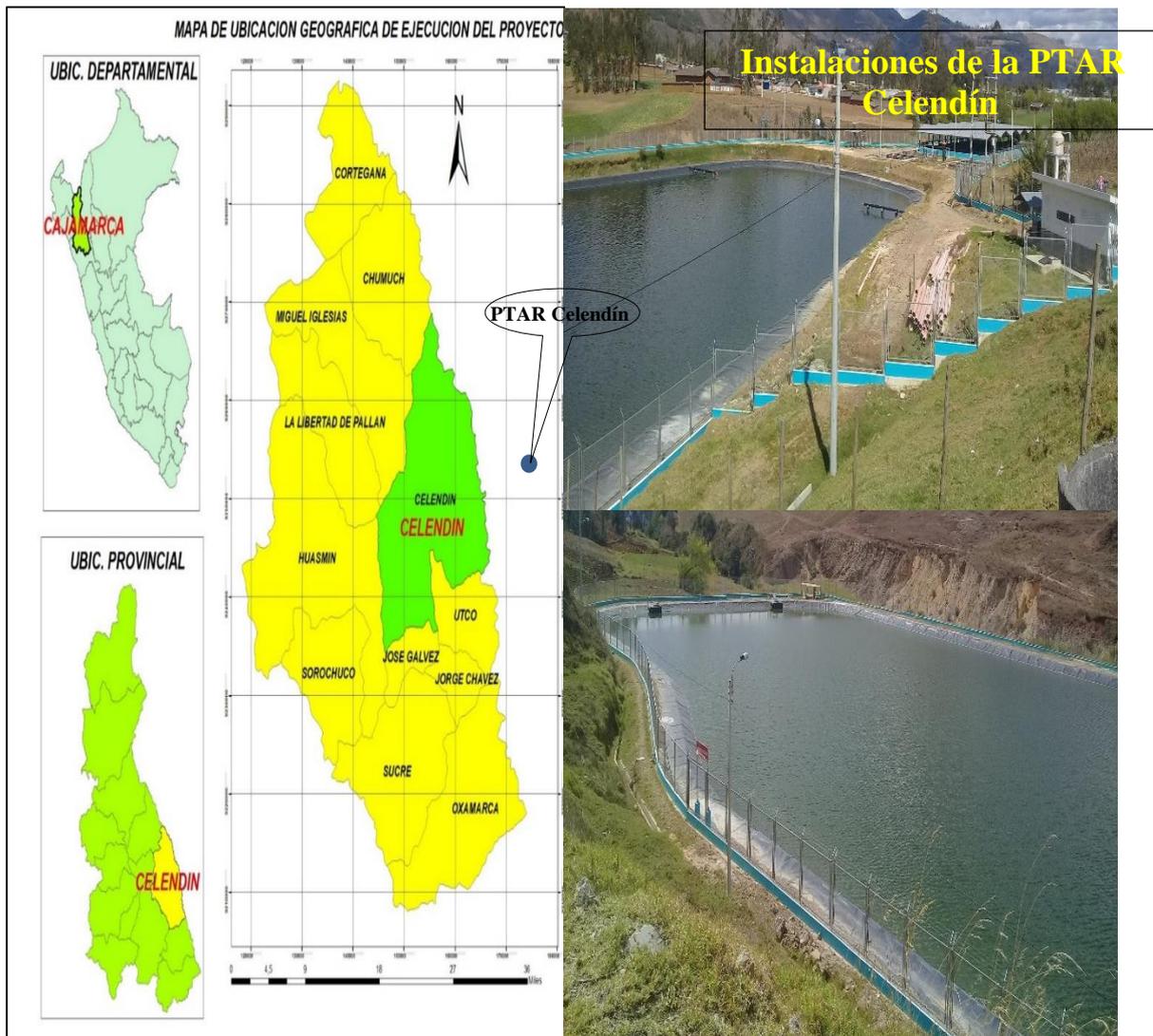


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del trabajo de investigación

3.2 Características del lugar

La ciudad de Celendín cuenta con una población de 27000 habitantes y una superficie de 409 km²; cuenta con todos los servicios básicos; las actividades que más se realizan son la agricultura, ganadería, comercio, en artesanía destaca la elaboración del sombrero de paja toquilla y su producto cumbre es el chocolate shilico.

El clima de la ciudad oscila entre el cálido y el frío templado, con una temperatura promedio de 14° C; entre los meses de julio a octubre las temperaturas bordean los 2 ° C, debido a las fuertes heladas que caen en esta planicie. Las precipitaciones pluviales entre los meses de octubre y abril alcanzan valores entre 18 y 25 mm. Su geografía está conformada por una planicie atravesada por dos ríos y a su alrededor se levantan cerros para formar una cuenca de singular y atractivo aspecto.

3.3. Materiales

- Cinta adhesiva
- Marcador indeleble
- Fichas de registro de campo
- Cadena de custodia
- Lapicero

- Frascos de vidrio de 250 mL debidamente etiquetados
- Cooler para traslado de muestras
- Hielo (refrigerante) para preservación de muestras

- Gps
- Reloj
- Cámara fotográfica

- Botines de seguridad.
- Gafas de seguridad
- Guantes de látex descartables.
- Mascarilla descartable
- Guardapolvo

3.4. Metodología

El presente trabajo de investigación fue mediante análisis de muestras tomadas del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín, para evaluar la concentración de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*, se realizaron cuatro muestreos, con un intervalo de veintidós días, desde el 04-12-2019 hasta el 08-02-2019. Los análisis de las muestras se realizaron por el Laboratorio de Aguas del Gobierno Regional de Cajamarca, el cual es acreditado. Además, el recojo de muestras se hizo siguiendo los pasos y especificaciones del protocolo respectivo.

Con los resultados obtenidos se procedió a determinar la eficiencia de la planta de tratamiento; además se comparó con los límites máximos permisibles y bibliografía respectiva para determinar si el agua del efluente es apta para reúso.

El trabajo de investigación realizado es de tipo descriptivo y no se ciñe a diseño estadístico alguno; y se realizó siguiendo el siguiente proceso:

3.4.1. Trabajo de campo

Se procedió con la toma de muestras en dos puntos de muestreo: en la entrada después del proceso de cribado evitando recolectar partículas grandes, sedimentos o material flotante, y a la salida después del proceso biológico (laguna facultativa) de la PTAR.

Así mismo se tuvo en cuenta el “Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” (RM-273-2013), del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el cual contempla las pautas fundamentales desde el lugar o punto de toma de muestras, el proceso, el uso de preservantes y tipo de frasco de acuerdo al parámetro, el etiquetado, cadena de custodia, con la finalidad de la confiabilidad de los resultados. Los puntos de monitoreo de afluente y efluente fueron georreferenciados teniendo en cuenta la accesibilidad, seguridad y significatividad.

Tabla 12. Coordenadas de los puntos de muestreo de afluente y efluente.

| Punto | Coordenadas UTM | | |
|----------|-----------------|-----------|-----------------|
| | Norte | Este | Altitud m.s.n.m |
| Afluente | 815426,3 | 9241921,3 | 2613 |
| Efluente | 815334 | 9242262 | 2610 |

Tabla 13. Fechas de recolección de muestras.

| Muestra | Fecha de recolección |
|----------------|-----------------------------|
| 01 | 04-12-2018 |
| 02 | 26-12-2018 |
| 03 | 17-01-2019 |
| 04 | 06-02-2019 |

Se procedió a la georreferenciación de los puntos de monitoreo, se tuvo en cuenta las mismas coordenadas para el recojo de las cuatro muestras. Para el afluente se ubicó en el ingreso del agua residual cruda a la PTAR, después del proceso de cribado evitando recolectar partículas grandes, sedimentos o material flotante que se haya acumulado; para el efluente se ubicó después del proceso biológico (laguna facultativa) de la planta de tratamiento.

Las muestras fueron tomadas en frasco de vidrio de 250 mL con tapa hermética previamente esterilizado. Luego del recojo, se procedió al rotulado, preservación y transporte para el análisis respectivo por el laboratorio encargado.

Importante: Se debe precisar que se siguió el mismo procedimiento de las actividades de campo para el recojo de las cuatro muestras.

Transporte de la muestra: Se realizó según el protocolo, cumpliendo con la cadena de custodia, hasta llegar al laboratorio. Previo a los análisis, la muestra fue conservada en un cooler a una temperatura de refrigeración de 4°C con la utilización de hielo.

Tratamiento previo de la muestra: Para los análisis la muestra se dejó aclimatar, es decir, lograr se adapte a las nuevas condiciones que son, pasar de una temperatura de refrigeración a otra de ambiente, después de haber sido extraída del cooler, aproximadamente 30 minutos antes de ser sometida a cada uno de los análisis; así mismo para evitar la alteración de las muestras se hizo lo siguiente:

- Uso de refrigeración para la muestra. (4°C)
- Cantidad de muestra para la evaluación de cada uno de los parámetros.
- Cantidad de reactivos para cada valoración.
- Temperatura y tiempo (dependiendo del análisis).
- Incidencia de la luz.

3.4.2. Trabajo de laboratorio

Se realizó el análisis y caracterización del agua residual del afluente y efluente de las cuatro muestras respectivas; trabajo realizado independiente y confidencialmente por el Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca; el cual nos menciona que para la determinación de la carga bacteriológica de las muestras se utilizó la técnica de diluciones en tubos múltiples (número más probable o NMP), la cual consta de dos fases:

Prueba presuntiva. La muestra se agitó y se transfirieron volúmenes de 1 mL, a cada uno de los tubos con 10 mL de caldo lauril sulfato de sodio seleccionados. Los tubos se agitaron para homogeneizar la muestra, se incubaron a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, se examinaron a las 24 horas y se observó si había formación de gas (desplazamiento del medio en la campana de Durham).

Prueba confirmativa

- Para determinar coliformes totales, de cada tubo positivo obtenido durante la prueba presuntiva se transfirieron a tubos con 10 mL de caldo bilis verde brillante (Brila) y campana de Durham. Los tubos se agitaron y se incubaron a $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas; se registraron como positivos aquellos tubos en donde se observó turbidez (crecimiento) y producción de gas después de un período de incubación de 48 horas y según la tabla del NMP se determinó el número más probable de organismos coliformes totales/100 mL.
- Para determinar coliformes fecales, a partir de los tubos positivos obtenido durante la prueba presuntiva se transfirieron a tubos con 10 mL de caldo EC y campana de Durham. Los tubos se agitaron y se incubaron a $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ en un baño de agua durante 48 horas. Se registraron como positivos todos los tubos en los que se observó crecimiento y producción de gas después de un período de incubación de 48 horas y según la tabla del NMP se determinó el número más probable de organismos coliformes fecales/ 100 mL.
- Para la determinación de *E. coli*, a partir de los tubos positivos de la fase presuntiva se hizo mediante pruebas bioquímicas.

3.4.3. Trabajo de gabinete

Consistió en el análisis y procesamiento de datos obtenidos, orientados a determinar la eficiencia de la PTAR.

Para calcular la eficiencia se aplicó la siguiente fórmula:

$$e = \frac{FZ - FA}{FZ} * 100$$

En donde:

e: grado de eficiencia en %.

FZ: Sumatoria de las cargas que ingresan a la planta de tratamiento en NMP/ 100 mL.

FA: Sumatoria de las cargas en el flujo de salida de la planta en NMP/ 100 mL.

La eficiencia obtenida con la data de análisis de laboratorio, fue comparada con las bases de diseño y bibliografía respectiva para determinar si la PTAR cumple en forma eficiente con la remoción de coliformes totales, fecales y *E. coli*.

Los resultados también fueron comparados con la normativa nacional. Además, se planteará la implementación de una propuesta de mejora para potenciar la eficiencia de la planta de tratamiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos de los parámetros en estudio (coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*) fueron comparados con la normativa nacional respectiva, para determinar si la concentración de la carga microbiológica en el afluente y efluente se encuentran dentro de los rangos establecidos.

4.1. Coliformes totales

Los resultados para las cuatro muestras de afluente y efluente son mostrados en la tabla 14 e ilustrados en el gráfico de barras (figura 2) respectivamente.

Tabla 14. Resultados de coliformes totales del afluente y efluente correspondiente a las cuatro muestras comparados con límites máximos permisibles (LMP)

| Muestra | Unidades de medida | Resultados | | LMP |
|---------|--------------------|------------------|------------------|-------|
| | | Afluente | Efluente | |
| 01 | (NMP/100 mL) | 35×10^6 | 35×10^6 | 10000 |
| 02 | (NMP/100 mL) | 35×10^6 | 54×10^5 | 10000 |
| 03 | (NMP/100 mL) | 92×10^6 | 35×10^4 | 10000 |
| 04 | (NMP/100 mL) | 35×10^6 | 11×10^5 | 10000 |

Fuente: Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca

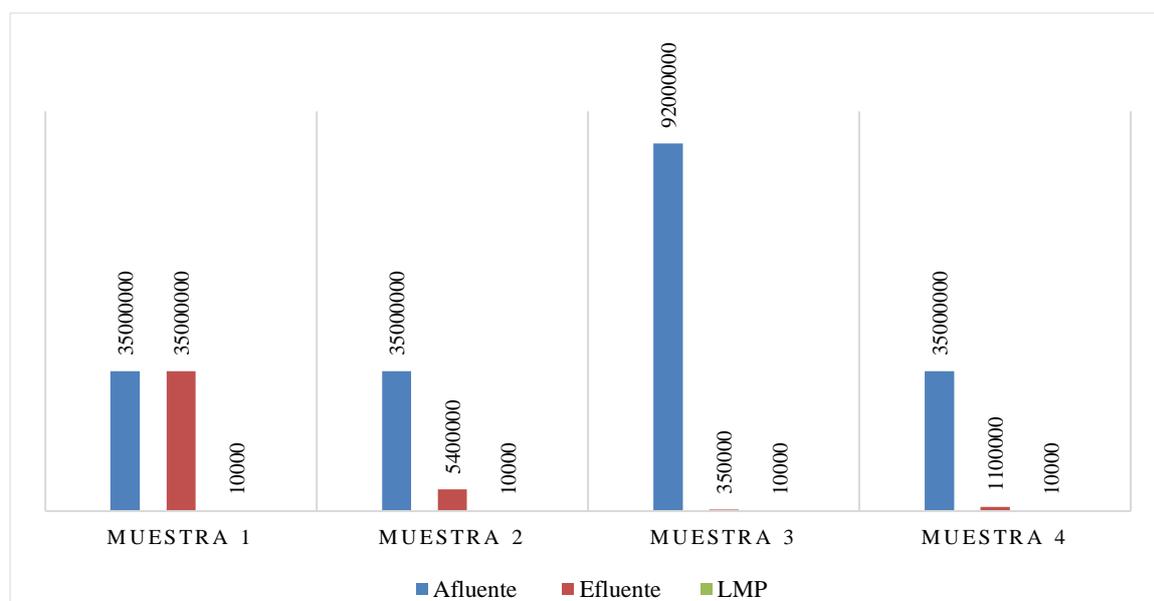


Figura 2. Resultados de coliformes totales del afluente y efluente correspondiente a las cuatro muestras comparados con límites máximos permisibles (LMP).

NMP: Número más probable. Técnica de laboratorio para determinación de coliformes totales, fecales y *E. coli*.

La tabla 14 y figura 2 ilustran los valores de las cuatro muestras de coliformes totales en NMP/100mL que en el afluente oscilan entre 35 000 000 y 92 000 000 y en el efluente se encuentran entre 350 000 a 35 000 000; la norma OS. 090- vivienda (2006) establece que los procesos de tratamiento se ven afectados en localidades de la sierra y selva, donde se reportan variaciones de 200 a 300% del caudal debido a aguas pluviales por falta de sistema de rebose al ingreso de la PTAR; lo cual se corrobora con SUNASS (2015) que considera una concentración de 4.1×10^7 NMP/100 mL en efluentes que no reciben desinfección adicional. Además, estos resultados superan los límites máximos permisibles (LMP) de la normatividad nacional que especifica un valor máximo de 10000 NMP/100 mL.

4.2. Coliformes fecales

Los resultados para las cuatro muestras de afluente y efluente son mostrados en la tabla 15 y en el gráfico de barras (figura 3).

Tabla 15. Resultados de coliformes fecales del afluente y efluente correspondiente a las cuatro muestras comparados con límites máximos permisibles (LMP).

| Muestra | Unidades de medida | Resultados | | LMP |
|---------|--------------------|------------------|------------------|-------|
| | | Afluente | Efluente | |
| 01 | (NMP/100 mL) | 92×10^5 | 35×10^6 | 10000 |
| 02 | (NMP/100 mL) | 92×10^5 | 35×10^4 | 10000 |
| 03 | (NMP/100 mL) | 54×10^6 | 17×10^4 | 10000 |
| 04 | (NMP/100 mL) | 40×10^5 | 21×10^4 | 10000 |

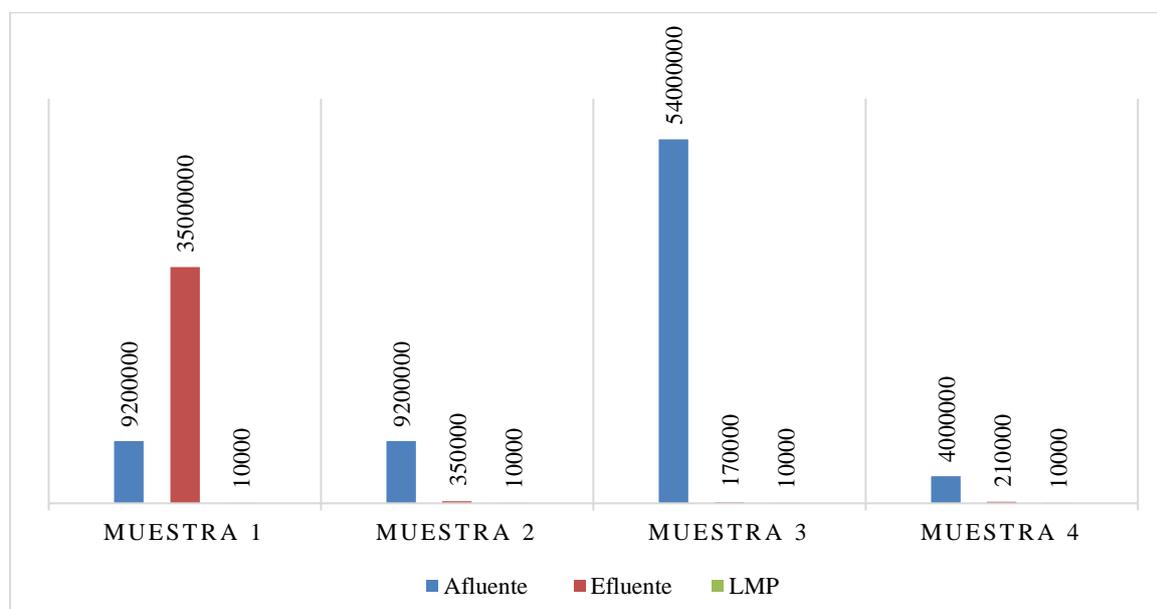


Figura 3. Resultados de coliformes fecales del afluente y efluente correspondiente a las cuatro muestras comparados con límites máximos permisibles (LMP).

La tabla 15 y figura 3 ilustran los valores de coliformes fecales en el afluente que oscilan entre 4 000 000 y 54 000 000 en NMP/100mL; en el efluente los valores se encuentran entre 170 000 a 35 000 000 en NMP/100mL; la norma OS. 090 señala que los procesos de tratamiento se ven afectados en localidades de la sierra y selva, donde se reportan variaciones de 200 a 300% del caudal debido a aguas pluviales por falta de sistema de rebose al ingreso de la PTAR; lo cual se corrobora con SUNASS (2015) que considera una concentración de 4.1×10^7 NMP/100 mL en efluentes que no reciben desinfección adicional. Además, estos resultados superan los límites máximos permisibles (LMP) de la normatividad nacional que especifica un valor máximo de 10000 NMP/100 mL.

4.3. *Escherichia coli*

Los resultados para las cuatro muestras de afluente y efluente son mostrados en la tabla 16 y en el gráfico de barras (figura 4) respectivamente.

Tabla 16. Resultados de *E. coli* del afluente y efluente correspondiente a las cuatro muestras comparados con límites máximos permisibles (LMP).

| Muestra | Unidades de medida | Resultados | | LMP |
|---------|--------------------|------------------|------------------|-------|
| | | Afluente | Efluente | |
| 01 | (NMP/100 mL) | 92×10^5 | 11×10^6 | 10000 |
| 02 | (NMP/100 mL) | 92×10^5 | 35×10^4 | 10000 |
| 03 | (NMP/100 mL) | 54×10^6 | 13×10^4 | 10000 |
| 04 | (NMP/100 mL) | 40×10^5 | 21×10^4 | 10000 |

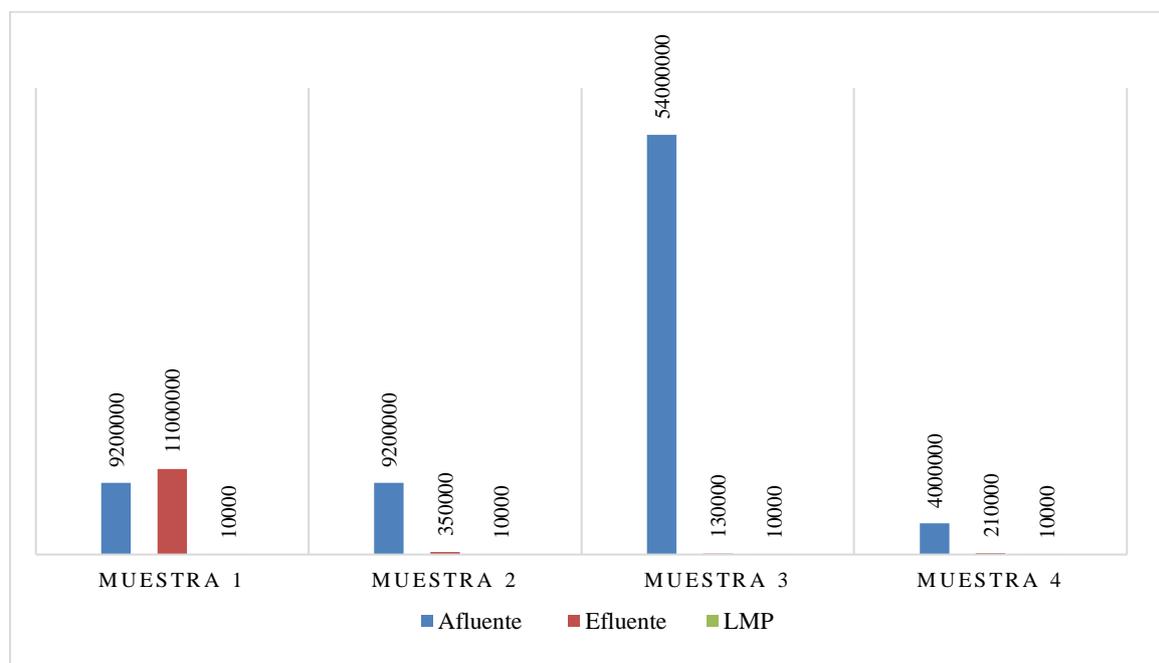


Figura 4. Resultados de *E. coli* del afluente y efluente correspondiente a las cuatro muestras comparados con límites máximos permisibles (LMP).

La tabla 16 y figura 4 ilustran los valores de las cuatro muestras analizadas de *E. coli* en el afluente en NMP/100mL que oscilan entre 4 000 000 y 54 000 000; y en el efluente se encuentran entre 130 000 a 11 000 000. Además, las concentraciones en el afluente y efluente superan los límites máximos permisibles (LMP) de la normatividad nacional que especifica un valor máximo de 10 000 NMP/100 mL.

Tabla 17. Resultados de coliformes totales, fecales y *E. coli* del efluente comparado con límites máximos permisibles (LMP).

| Muestra | Coliformes totales | Coliformes fecales | <i>E. coli</i> | LMP |
|---------|--------------------|--------------------|----------------|--------|
| 01 | 35 000 000 | 35 000 000 | 11 000 000 | 10 000 |
| 02 | 5 400 000 | 350 000 | 350 000 | 10 000 |
| 03 | 350 000 | 170 000 | 130 000 | 10 000 |
| 04 | 1 100 000 | 210 000 | 210 000 | 10 000 |

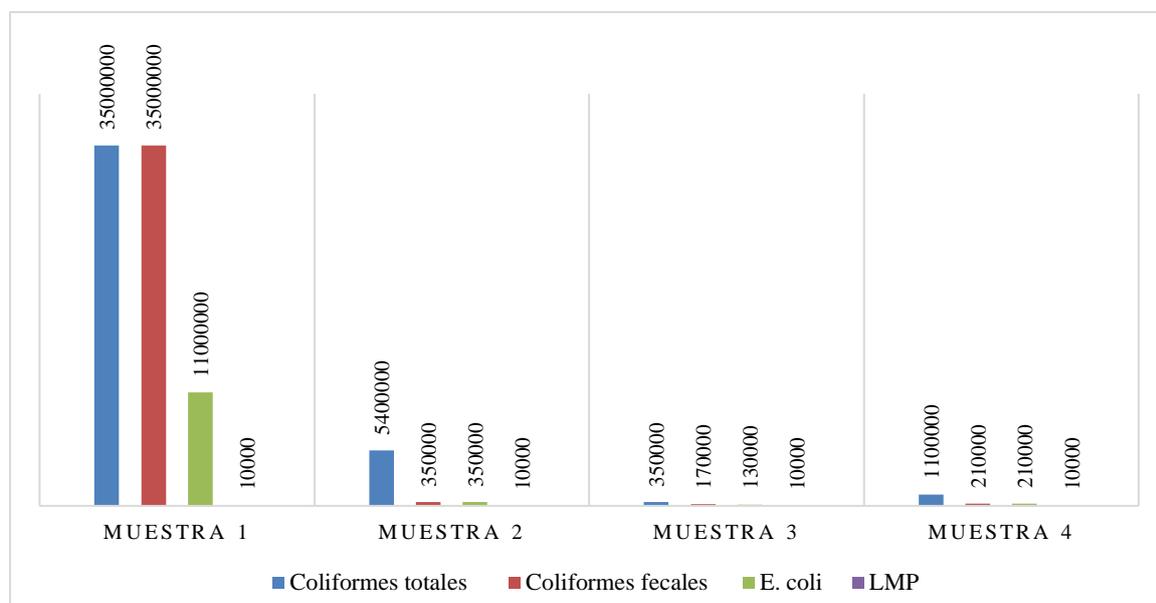


Figura 5. Concentración de Coliformes totales, fecales y *E. coli* del efluente comparado con los límites máximos permisibles (LMP).

La tabla 17 y figura 5 muestran la comparación de los resultados de coliformes totales, fecales y *E. coli* del efluente los cuales presentan valores entre 130 000 a 35 000 000 en NMP/100 mL, los cuales superan los límites máximos permisibles de la normativa nacional peruana que establecen un valor máximo de 10 000 NMP/ 100 mL (ver anexo 4); esto indica que el agua del efluente no es apta para vertimiento a un cuerpo receptor. Estos resultados se corroboran con las bases de diseño de la planta de tratamiento que indican que el tiempo de retención oscila entre 10 a 15 días; y SUNASS (2008), menciona que, si este tiempo es menor a 20 días, se pueden alcanzar valores de hasta 4.1×10^7 NMP/100 mL en efluentes de lagunas que no reciban desinfección adicional.

Tabla 18. Resultados de coliformes totales, fecales y *E. coli* del efluente comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA).

| | Unidades de medida | Resultados medios del efluente | ECA Categoría 1 | | ECA Categoría 2 | | ECA Categoría 3 | | ECA Categoría 4 | |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| | | | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo |
| Coliformes totales | (NMP/100 mL) | 10 462 500 | 50 | 50 | 14 | 1 000 | 1 000 | 2 000 | 1 000 | 2 000 |
| Coliformes fecales | (NMP/100 mL) | 8 932 500 | 20 | 20 000 | 14 | 1 000 | 1 000 | 2 000 | 1 000 | 2 000 |
| <i>E. coli</i> | (NMP/100 mL) | 2 922 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 |

Los resultados de coliformes totales, fecales y *E. coli* superan los estándares de calidad ambiental (ECA) de la normativa nacional peruana, los cuales; por lo que el agua del efluente de la planta de tratamiento no es apta para ser reutilizada directamente en las categorías de poblacional y recreacional (categoría 1); extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales (categoría 2); riego de vegetales bebida de animales (categoría 3); conservación del ambiente acuático (categoría 4).

Para más detalle de los ECA, ver tablas 6, 7, 8, 9 y 10.

El símbolo ** dentro de la tabla significa que la normativa no aplica para el parámetro

4.4. Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales Celendín

Luego de haber obtenido los resultados en promedio, se calculó la eficiencia mediante la siguiente formula:

$$e = \frac{FZ - FA}{FZ} * 100$$

En donde:

e: grado de eficiencia en %.

FZ: Sumatoria de las cargas que ingresan a la planta de tratamiento (afluente).

FA: Sumatoria de las cargas en el flujo de salida de la planta (efluente).

4.4.1. Eficiencia en la remoción de coliformes totales

Concentración promedio en el afluente = 49250000 NMP/100 mL

Concentración promedio en el efluente = 10462500 NMP/100 mL

$$e = \frac{49250000 \text{ NMP/100 mL} - 10462500 \text{ NMP/100 mL}}{49250000 \text{ NMP/100 mL}} * 100$$

$$e = 78.76\%$$

4.4.2. Eficiencia en la remoción de coliformes fecales

Concentración en el afluente = 19100000 NMP/100 mL

Concentración en el efluente = 8932500 NMP/100 mL

$$e = \frac{19100000 \text{ NMP/100 mL} - 8932500 \text{ NMP/100 mL}}{19100000 \text{ NMP/100 mL}} * 100$$

$$e = 53.23\%.$$

4.4.3. Eficiencia en la remoción de *E. coli*

Concentración en el afluente = 19100000 NMP/100 mL

Concentración en el efluente = 2922500 NMP/100 mL

$$e = \frac{19100000 \text{ NMP/100 mL} - 2922500 \text{ NMP/100 mL}}{19100000 \text{ NMP/100 mL}} * 100$$

$$e = 84.70\%$$

Tabla 19. Eficiencia de la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Celendín comparada con bibliografía pertinente.

| | Eficiencia de la PTAR | Eficiencia según NJS ⁴ Sucursal del Perú | Eficiencia según Rodríguez <i>et al.</i> |
|---------------------------|-----------------------|---|--|
| Coliformes totales | 78.76% | 99.99% | 90-99.99% |
| Coliformes fecales | 53.23% | 99.99% | 90-99.99% |
| <i>E. coli</i> | 84.70% | 99.99% | 90-99.99% |

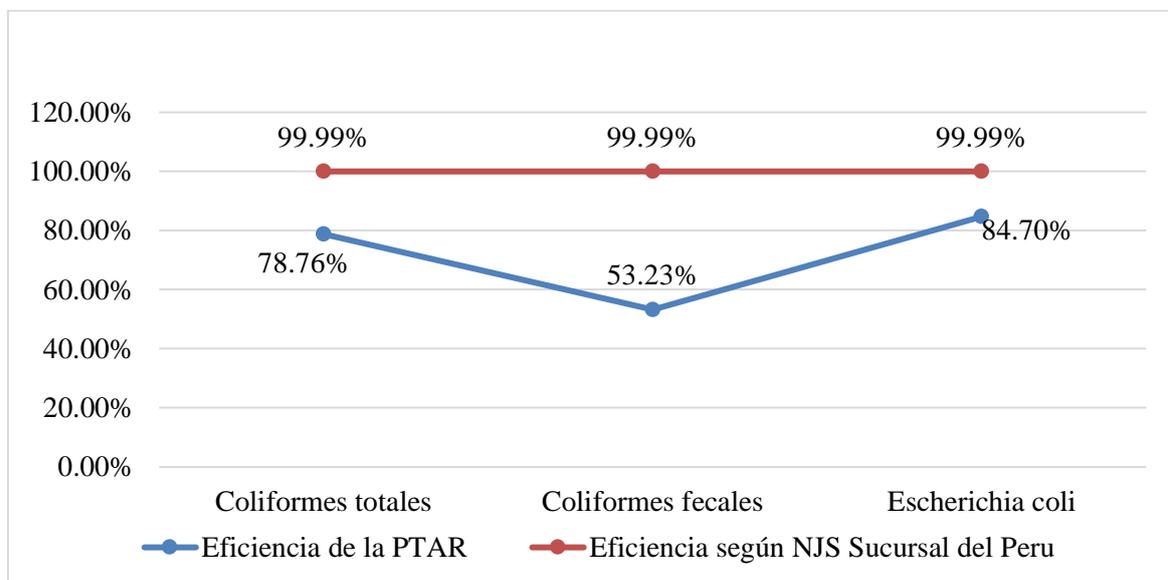


Figura 6. Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Celendín comparada con NJS⁴ Sucursal del Perú.

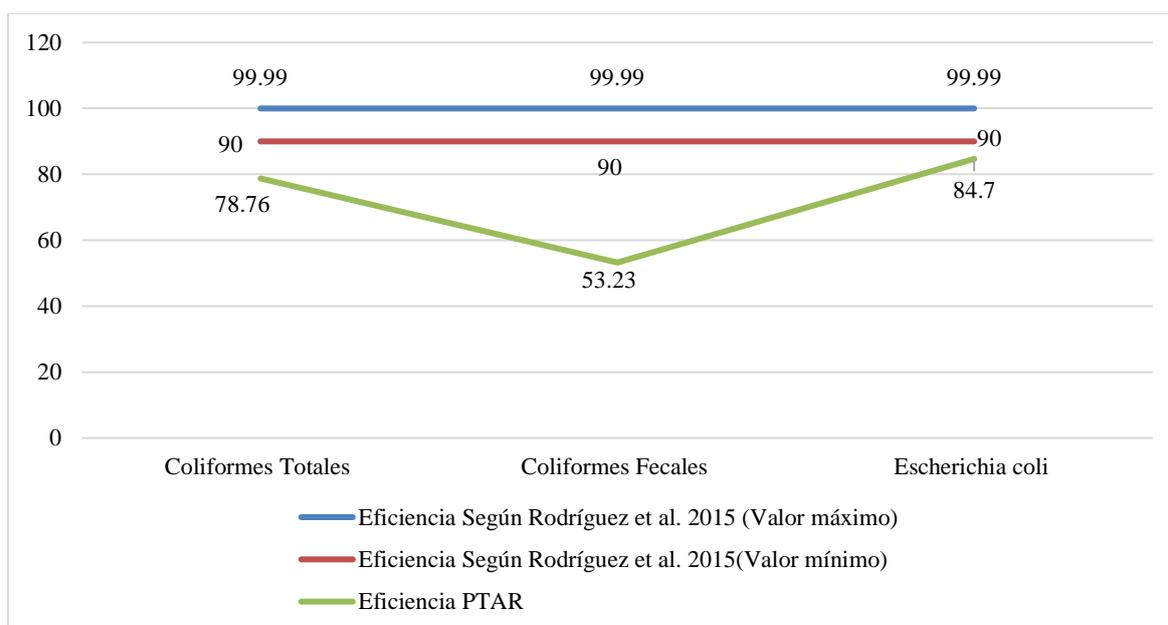


Figura 7. Eficiencia de la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Celendín comparada con Rodríguez et al. 2015.

4 NJS: Nipon Jogesuido Sekkei Co sucursal del Perú. Ver capítulo VI (bibliografía)

La eficiencia de remoción de la planta de tratamiento de aguas residuales para coliformes totales fue de 78.76%; para coliformes fecales fue de 53.23% y para *E. coli* fue de 84.70%; lo cual nos sirve para validar nuestra hipótesis de que la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín es ineficiente; lo cual se corrobora con NJS sucursal del Perú (2009), que considera una eficiencia del 99.99% para la remoción de contaminantes microbiológicos (ver tabla 19 y figura 6); además según Rodríguez *et al.* (2015) indica que una PTAR debe remover entre el 90 y 99.99% de la carga microbiológica para que se considere eficiente (Ver tabla 19 y figura 7).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- La planta de tratamiento de agua residuales de Celendín alcanzó una eficiencia de 78.76 % para coliformes totales; 53.23% para coliformes fecales y 84.7 para *E. coli*; por lo que se considera ineficiente.
- Las concentraciones de coliformes totales, fecales y *E. coli* de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín se encuentran por sobre los valores que establece la normativa nacional, por lo que no debe ser reutilizada directamente.
- Como recomendación proponemos la implementación adicional de un sistema de cloración en el efluente antes del vertido al cuerpo receptor, para potenciar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín.

CAPÍTULO VI

LITERATURA CITADA

- Araujo Salazar, SC. 2017. Remoción de coliformes totales y fecales en lodos por procesos electroquímicos, planta de tratamiento de aguas residuales – Lima 2017. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad César Vallejo. 65 p.
- Aspajo Quino, LE. 2018. Evaluación de la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales respecto a los límites máximos permisibles de aguas residuales de los distritos de Elías Soplin Vargas y Soritor – 2017. Tesis. Ing. Moyobamba, Perú, Universidad Cesar Vallejo. 58 p.
- Barboza Palomino, GI. 2011. Reducción de la Carga de Contaminantes de las Aguas Residuales de la Planta de Tratamiento de Totorá –Ayacucho Empleando la Técnica de electrocoagulación. Tesis maestro. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería. 145 p.
- Bravo Quintana, AP. 2015. Técnicas de aprendizaje en el tratamiento de aguas residuales para desarrollar la conciencia ambiental de los alumnos de educación superior. Tesis Dr. Lima, Perú, Universidad San Martín de Porres. 254 p.
- Decreto supremo n°. 003, 2010. Límites máximos permisibles (LMP) para aguas vertidas de una planta de tratamiento de aguas residuales. Diario oficial el peruano. Perú. 17 mar.
- Decreto supremo n°. 004,2017. Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. Diario oficial el peruano. Perú. 7 jun.
- Decreto supremo n°. 011,2006. Aprueban normas técnicas del reglamento nacional de edificaciones- RNE. Diario oficial el peruano. Perú. 8 may.
- Díaz cuenca, E; Alvarado granados, AR; Camacho Calzada, KE. 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. Revista QUIVERA 14(1):78-97.

- FONAM (Fondo Nacional del Ambiente, Perú). 2010. Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales. Lima, Perú. 37 p.
- Metcalf y Eddy. 2003. Ingeniería para Aguas Residuales. Tratamiento y reúso. Cuarta Edición. Editorial Mc Graw Hill. Boston, Massashuttes. 1819 pp.
- MINAGRI (Ministerio de agricultura y riego. Perú) s.f. Aguas residuales en el Perú, problemática y uso en la agricultura (en línea). Consultado 03 ago. 2018. Disponible en. <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/22-sector-agrario/vision-general/190-problemas-en-la-agricultura-peruana>.
- MINAM (Ministerio de ambiente, Perú). 2010. Límites máximos permisibles (LMP) para aguas vertidas de una planta de tratamiento de aguas residuales. Lima, Perú. 10 p.
- MVCS (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, Perú). 2006. Norma técnica OS. 090: plantas de tratamiento de aguas residuales. Lima, Perú. 65 p.
- NJS (Nípon Jogesuido Sekkei Co) sucursal del Perú. 2009. Proyecto: mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Celendín.
- OEFA (organismo de evaluación y fiscalización ambiental, Perú). S.f. instrumentos básicos para la fiscalización ambiental. Lima, Perú. 29 p.
- Oblitas terrones, YG; Torres Chávez, LM. 2016. Identificación de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli aisladas del agua potable del distrito de Cajamarca. Tesis QF. Cajamarca, Perú, universidad privada Antonio Guillermo Urrelo. 143 p.
- Márquez Vásquez, M; Martínez Gonzales, SA. 2011. Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA's o UASB). Primera edición. España. 31pp.
- OMS (Organización mundial de la salud). 2018. Agua, saneamiento e higiene en (línea). Consultado 31 jul. 2018. Disponible en. <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>.
- Resolución ministerial n°. 273, 2013. Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Diario oficial el peruano. Perú. 4 oct.

- Rodríguez Miranda, JP; García Ubaque, CA; Pardo Pinzón, J. 2015. Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Revista TECNURA. 5(3):149-164.
- Rolim M, S. Sistemas de Lagunas de Estabilización. Bogotá: Editorial McGraw-Hill, 2000. p. 31
- Solís Carlos; Noyola robles A. s.f. Tratamiento de aguas residuales municipales sistema: reactor UASB, laguna primaria – filtro anaerobio, evaluación, cinética. Universidad autónoma del estado de México. 12 p.
- SUNASS (Superintendencia nacional de servicios de saneamiento, Perú). 2008. Diagnóstico situacional de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de mejora. Lima, Perú. 80 pág.
- SUNASS (Superintendencia nacional de servicios de saneamiento, Perú). 2015. Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. Lima, Perú. 150 pág.
- SUNASS (Superintendencia nacional de servicios de saneamiento, Perú). 2017. Benchmarking regulatorio de las EPS. Lima, Perú. 156 pág. Informe n° 0600-2017-SUNASS-120.
- Véliz Lorenzo, E; Llanes Ocaña, JG; Fernández García, LA; Bataller Venta, M. 2010. Evaluación de la eficiencia de los procesos de coagulación-floculación y ozonización a escala de laboratorio en el tratamiento de aguas residuales municipales. Revista CENIC Ciencias Químicas 41(1):49-56.

ANEXOS

Anexo 1:
Informes de laboratorio sobre
análisis de muestras

Primera muestra



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1218710

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

| | | | |
|----------------------|--|--------------------|-----------------------------|
| Razon Social/Usuario | BRIONES GARCIA LENIN NEICER | | |
| Dirección | Jr. San Juan N° 631 Celendín Cajamarca. | | |
| Persona de contacto | - | Correo electrónico | leninbriones_91@hotmail.com |

DATOS DE LA MUESTRA

| | | | |
|--|---|----------------------|----------------------|
| Fecha y Hora del Muestreo | 04.12.18 | Hora: | 10:25 a 10:50 |
| Tipo de Muestreo | Puntual | | |
| Número de Muestra | 02 Muestras | N° Frascos x muestra | 01 |
| Ensayos solicitados | Microbiológicos | | |
| Breve descripción del estado de la muestra | Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación. | | |
| Responsable de la toma de muestra | Las muestras fueron tomadas por el personal usuario. | | |
| Procedencia de la Muestra: | PTAR - CELENDIN - CAJAMARCA | | |

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

| | | | |
|---------------------------|-----------------|--------------------|--|
| N° Contrato | SC - 829 | Cadena de Custodia | CC - 710 - 18 |
| N° Orden de Trabajo | 1218710 | | |
| Fecha y Hora de Recepción | 04.12.18 | 15:20 | Inicio de Ensayo 04.12.18 15:40 |
| Reporte Resultado | 11.12.18 | 11:00 | |

Bligo Enver Zulueta Santa Cruz
 Responsable Técnico (e)
 CBP: 9778

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 12 de Diciembre de 2018.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1218710

| ENSAYOS | | | QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS | | | | | |
|----------------------------|------------|-----|----------------------------|----------------------|---|---|---|---|
| Código Cliente | | | E1 - E. coli | E2 - E coli | - | - | - | - |
| Código Laboratorio | | | 1218710-01 | 1218710-02 | - | - | - | - |
| Matriz de Agua | | | RESIDUAL | RESIDUAL | - | - | - | - |
| Descripción | | | Municipal | Municipal | - | - | - | - |
| Localización de la Muestra | | | PTAR Celendín | PTAR Celendín | - | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/ 100mL | 1.8 | 35 x 10 ⁶ | 35 x 10 ⁶ | - | - | - | - |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/ 100mL | 1.8 | 92 x 10 ⁵ | 35 x 10 ⁶ | - | - | - | - |
| Escherichia coli | NMP/ 100mL | 1.8 | 92 x 10 ⁵ | 11 x 10 ⁶ | - | - | - | - |

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizados |
|----------------------------|-----------|--|
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |
| Escherichia coli | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures. |

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.
Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado
(*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev.N°05 Fecha : 06/06/2017

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.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

por:

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA
Cajamarca, 12 de Diciembre de 2018.

Segunda muestra



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA

CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1218767

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **BRIONES GARCIA LENIN NEICER**
Dirección **Jr. San Juan N° 631 Celendín Cajamarca.**
Persona de contacto **Correo electrónico leninbriones_91@hotmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo **26.12.18** Hora: **09:27 a 10:40**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestra **02 Muestras** N° Frascos x muestra **01**
Ensayos solicitados **Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario.**
Procedencia de la Muestra: **PTAR - CELENDIN - CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 876** Cadena de Custodia **CC - 767 - 18**
N° Orden de Trabajo **1218767**
Fecha y Hora de Recepción **26.12.18 15:02** Inicio de Ensayo **26.12.18 15:40**
Reporte Resultado **02.01.19 11:00**

Bigo. Enver Zulueta Santa Cruz
Responsable Técnico (e)
CBP: 9778

Cajamarca, 02 de Enero de 2019.

Página: 1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1218767

| ENSAYOS | | | QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS | | | | |
|----------------------------|---------------|-----|----------------------------|----------------------|---|---|---|
| Código Cliente | E1 - E. coli | | E2 - E coli | | | | |
| Código Laboratorio | 1218767-01 | | 1218767-02 | | | | |
| Matriz de Agua | RESIDUAL | | RESIDUAL | | | | |
| Descripción | Doméstica | | Doméstica | | | | |
| Localización de la Muestra | PTAR Celendín | | PTAR Celendín | | | | |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | 1.8 | 35 x 10 ⁶ | 54 x 10 ⁵ | - | - | - |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 1.8 | 92 x 10 ⁵ | 35 x 10 ⁴ | - | - | - |
| Escherichia coli | NMP/100mL | 1.8 | 92 x 10 ⁵ | 35 x 10 ⁴ | - | - | - |

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizados |
|----------------------------|-----------|--|
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C, 23rd Ed. 2017; Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017; Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |
| Escherichia coli | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G, 23rd Ed. 2017; Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures. |

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

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

NA: No aplica ND: No determinado

(*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev.N°05 Fecha : 06/06/2017

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.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



Cajamarca, 02 de Enero de 2019.

Tercera muestra



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0119027

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario: **BRIONES GARCIA LENIN NEICER**

Dirección: **Jr. San Juan N° 631 Celendín Cajamarca.**

Persona de contacto: **-** Correo electrónico: **leninbriones_91@hotmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo: **17.01.19** Hora de Muestreo: **09:57 a 10:10**

Tipo de Muestreo: **Puntual**

Número de Muestras: **02 Muestra** N° Frascos x muestra: **01**

Ensayos solicitados: **Biológico**

Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**

Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**

Procedencia de la Muestra: **PTAR- CELENDIN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC - 045** Cadena de Custodia: **CC - 027-19**

Fecha y Hora de Recepción: **17.01.19 15:25** Inicio de Ensayo: **17.01.19 16:10**

Reporte Final de Resultados: **24.01.19 10:30**



Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz
Responsable Técnico (e)
CBP: 9778

Cajamarca, 25 de Enero de 2019.

Página: 1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0119027

| ENSAYOS | | | QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS | | | |
|----------------------------|---------------|-----|----------------------------|----------------------|---|---|
| Código Cliente | E1 - E. coli | | E2 - E coli | - | - | - |
| Código Laboratorio | 0119027-01 | | 0119027-02 | - | - | - |
| Matriz | RESIDUAL | | RESIDUAL | - | - | - |
| Descripción | Doméstica | | Doméstica | - | - | - |
| Localización de la Muestra | PTAR Celendín | | PTAR Celendín | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | 1.8 | 92 x 10 ⁶ | 35 x 10 ⁴ | - | - |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 1.8 | 54 x 10 ⁶ | 17 x 10 ⁴ | - | - |
| Escherichia coli | NMP/100mL | 1.8 | 54 x 10 ⁶ | 13 x 10 ⁴ | - | - |

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizados |
|----------------------------|-----------|--|
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |
| Escherichia coli | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures. |

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ 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.
- ✓ 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.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Ing. Qco Freddy H. López León
Analista de Química
CIP: 198264

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
Cajamarca, 25 de Enero de 2019.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha : 02/01/2019

Cuarta muestra



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0219101

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **BRIONES GARCIA LENIN NEICER**
 Dirección **Jr. San Juan N° 631 Celendín Cajamarca.**
 Persona de contacto **-** Correo electrónico **leninbriones_91@hotmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **08.02.19** Hora de Muestreo **12:55**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de Muestras **02 Muestras** N° Frascos x muestra **01**
 Ensayos solicitados **Biológicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**
 Procedencia de la Muestra: **PTAR- CELENDIN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 045** Cadena de Custodia **CC - 101-19**
 Fecha y Hora de Recepción **08.02.19 15:25** Inicio de Ensayo **08.02.19 15:00**
 Reporte Final de Resultados **14.02.19 15:30**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Bigo. Juan V. Díaz Saenz
RESPONSABLE
CBP 7395

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 14 de Febrero de 2019.

Página: 1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN 'INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0219101

| ENSAYOS | | | QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS | | | |
|----------------------------|-----------|-----|----------------------------|----------------------|---|---|
| Código Cliente | | | E1 - E. coli | E2 - E coli | - | - |
| Código Laboratorio | | | 0219101-01 | 0219101-02 | - | - |
| Matriz | | | RESIDUAL | RESIDUAL | - | - |
| Descripción | | | Doméstica | Doméstica | - | - |
| Localización de la Muestra | | | PTAR Celendín | PTAR Celendín | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | 1.8 | 35 x 10 ⁶ | 11 x 10 ⁵ | - | - |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 1.8 | 40 x 10 ⁵ | 21 x 10 ⁴ | - | - |
| Escherichia coli | NMP/100mL | 1.8 | 40 x 10 ⁵ | 21 x 10 ⁴ | - | - |

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizados |
|----------------------------|-----------|--|
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |
| Escherichia coli | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures. |

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ 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.
- ✓ 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.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 14 de Febrero de 2019.

Anexo 2:

**Tabla resumen de resultados de las 4
muestras**

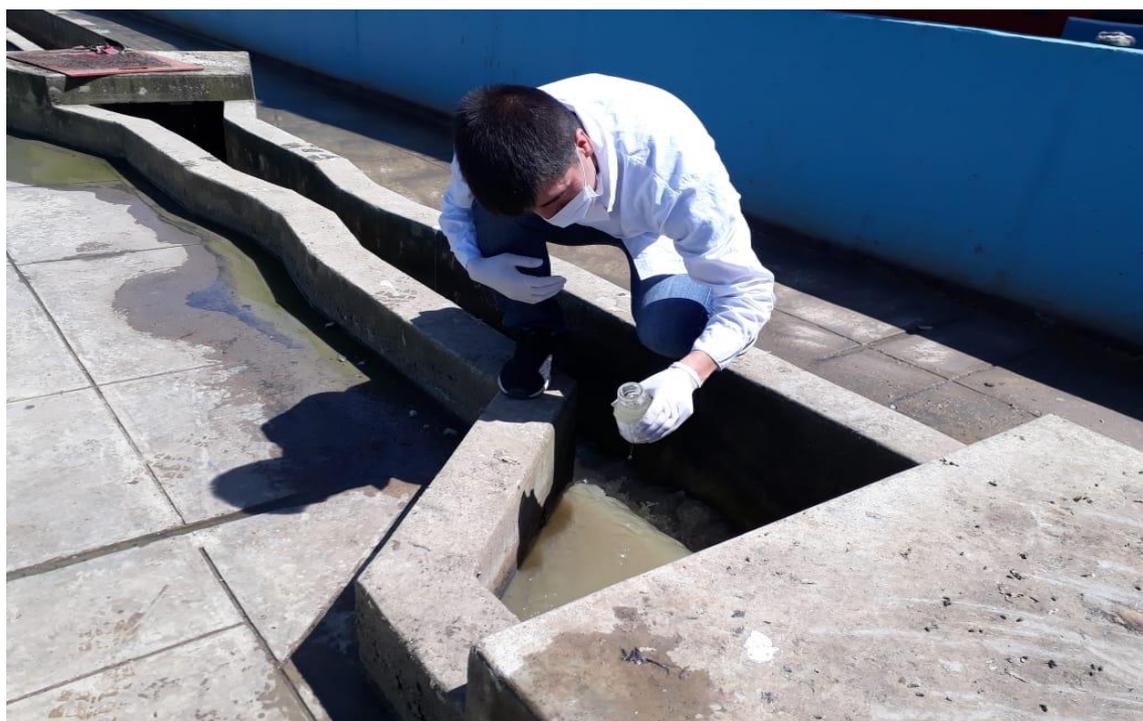
| Parámetro | Unidad de medida | Muestra 01 | | Muestra 02 | | Muestra 03 | | Muestra 04 | |
|---------------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente |
| Coliformes totales | (NMP/100 mL) | 35 x 10 ⁶ | 35 x 10 ⁶ | 35 x 10 ⁶ | 54 x 10 ⁵ | 92 x 10 ⁶ | 35 x 10 ⁴ | 35 x 10 ⁶ | 11 x 10 ⁵ |
| Coliformes fecales | (NMP/100 mL) | 92 x 10 ⁵ | 35 x 10 ⁶ | 92 x 10 ⁵ | 35 x 10 ⁴ | 54 x 10 ⁶ | 17 x 10 ⁴ | 40 x 10 ⁵ | 21 x 10 ⁴ |
| <i>E. coli</i> | (NMP/100 mL) | 92 x 10 ⁵ | 11 x 10 ⁶ | 92 x 10 ⁵ | 35 x 10 ⁴ | 54 x 10 ⁶ | 13 x 10 ⁴ | 40 x 10 ⁵ | 21 x 10 ⁴ |

Anexo 3:
Panel fotográfico

Georreferenciación de los puntos de monitoreo de afluente y efluente de la PTAR



Recojo de muestras del afluente de la PTAR



Recojo de muestras del efluente de la PTAR



Rotulado y etiquetado de muestras de afluente y efluente



Almacenamiento y conservación de muestras de afluente y efluente



Visita de campo del asesor del trabajo de investigación



Anexo 4:

Límites máximos permisibles

**Decreto supremo N°003-2010 Ministerio del
ambiente**



de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

Artículo 5º.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrase, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ

Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN

Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

AMBIENTE

Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

**DECRETO SUPREMO
Nº 003-2010-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3º de la Ley Nº 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32º de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permissible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33º de la Ley Nº 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7º del Decreto Legislativo Nº 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial Nº 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permissible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14º del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo Nº 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28º el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118º de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11º de la Ley Nº 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1º.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

Artículo 2º.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permissible (LMP):** Es 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. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

Artículo 3º.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Artículo 4º.- Programa de Monitoreo

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPÍ.

Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

Artículo 7°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

| PARÁMETRO | UNIDAD | LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS |
|-------------------------------|---------------|---|
| Aceites y grasas | mg/L | 20 |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 mL | 10,000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | de mg/L | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno | de mg/L | 200 |
| pH | unidad | 6.5-8.5 |
| Sólidos Totales Suspensión | en mL/L | 150 |
| Temperatura | °C | <35 |

469446-2

Designan responsable de brindar información pública y del contenido del portal de internet institucional del Ministerio

RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 036-2010-MINAM

Lima, 16 de marzo de 2010

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013, se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

Que, la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, cuyo Texto Único Ordenado fue aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM, tiene por finalidad promover la transparencia de los actos del Estado y regular el derecho fundamental del acceso a la información consagrado en el numeral 5 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú;

Que, el artículo 3° de la citada Ley, señala que el Estado tiene la obligación de entregar la información que demanden las personas en aplicación del principio de publicidad, para cuyo efecto se designa al funcionario responsable de entregar la información solicitada;

Que, asimismo, de acuerdo a lo previsto en el artículo 5° de la mencionada Ley, las Entidades Públicas deben identificar al funcionario responsable de la elaboración de los Portales de Internet;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 070-2008-MINAM, se designó a la señorita Cristina Miranda Beas, como funcionaria responsable de brindar información que demanden las personas, y responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet del Ministerio del Ambiente;

Que, por razones del servicio y considerando la renuncia al cargo que desempeñaba en el Ministerio del Ambiente la servidora citada en el considerando precedente, resulta necesario designar al personal responsable de brindar información en el marco de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública y responsable del Portal de Internet Institucional;

Con el visado de la Secretaría General y de la Oficina de Asesoría Jurídica; y

De conformidad con lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM; y el Decreto Supremo N° 007-2008-MINAM que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Designar al abogado Hugo Milko Ortega Polar como Responsable de brindar la información pública del Ministerio del Ambiente y Responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet Institucional, de conformidad con el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM.

Artículo 2°.- Todos los órganos del Ministerio del Ambiente, bajo responsabilidad, deberán facilitar la información y/o documentación que les sea solicitada como consecuencia de lo dispuesto en el artículo precedente, dentro de los plazos establecidos en la normatividad vigente.

Artículo 3°.- Disponer que la presente Resolución se publique en el Diario Oficial El Peruano y en Portal de Internet del Ministerio del Ambiente.

Artículo 4°.- Notificar la presente Resolución a todos los órganos del Ministerio del Ambiente, al Órgano de Control Institucional y al responsable designado.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

469445-1