

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

***ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL***



**TESIS**

Para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

“Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la variación de oxígeno disuelto, temperatura, y remoción de sólidos suspendidos totales, en Celendín – Cajamarca”

PRESENTADO POR

**BACHILLER:**

Juan García Ortiz

**ASESOR:**

Dr. Ing. Glicerio Eduardo Torres Carranza

CELENDÍN, 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 once días del mes de setiembre 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° 330-2019-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 VARIACIÓN DE OXIGENO DISUELTO, TEMPERATURA Y REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN CELENDÍN - CAJAMARCA”**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**, del Bachiller: **JUAN GARCÍA ORTIZ**

A las quince horas y quince 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 **diecisiete (17)**

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

A las dieciséis horas y quince minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 11 de setiembre de 2019.

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia  
**PRESIDENTE**

Ing. M.Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez  
**SECRETARIO**

Ing. José Lizandro Silva Mego  
**VOCAL**

Dr. Glicerio Eduardo Torres Carranza  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por la vida que me da, cada día.....*

*A mis padres por darme la fortaleza, y la razón para  
luchar.....*

*A mi esposa, por su paciencia y apoyo para ser un  
buen profesional, por ayudarme a descubrir el por qué y para qué de  
mi existencia.....*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis Docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, por compartir parte de su experiencia y hacer realidad el sueño de ser un profesional.....*

*A mi asesor y amigo Dr. Ing. Glicerio Eduardo Torres Carranza, por el apoyo incondicional para realizar estos estudios.....*

*A mis padres, a mi esposa por todo el apoyo.....*

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTOS .....	4
ÍNDICE GENERAL.....	5
RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	12
2.1. Antecedentes de la investigación .....	12
2.2. Bases teóricas .....	14
2.2.1. Aguas residuales .....	14
2.2.2. Tratamiento de aguas residuales .....	15
2.2.3. Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)- Celendín .....	16
2.2.4. Límites máximos permisibles (LMP) para aguas vertidas de una planta de tratamiento de aguas residuales. ....	18
2.2.5. Sólidos suspendidos totales .....	19
2.2.6. Temperatura .....	19
2.2.7. Oxígeno disuelto.....	20
2.2.8. Eficiencia de la PTAR Celendín. ....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
3.1. Ubicación geográfica de la investigación .....	25
3.2. Materiales.....	26
3.3. Metodología.....	27
3.3.1. Trabajo de campo.....	27
3.3.2. Trabajo de laboratorio.....	29
3.3.3. Trabajo de gabinete.....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	31
4.1. Evaluación de la eficiencia de remoción de solidos suspendidos totales (SST) ...	31
4.2. Evaluación de la variación de oxígeno disuelto (OD).....	33
4.3. Evaluación de la variación de la temperatura (T°) .....	34
V. CONCLUSIONES.....	36
VI. BIBLIOGRAFIA .....	37
VII. GLOSARIO .....	39

<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>40</b>
8.1.	Informes de ensayos .....	40
8.2.	Panel fotográfico.....	48

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Límites máximos permisibles para los efluentes de planta de tratamiento de aguas residuales – PTAR .....	19
Tabla 2.	Eficiencias en remoción por tecnología.....	22
Tabla 5.	Ubicación de puntos de monitoreo .....	28
Tabla 6.	Descripción de las muestras .....	28
Tabla 7.	Métodos de ensayo .....	29
Tabla 8.	Primera muestra, 04 – 12 - 2018.....	30
Tabla 9.	Segunda muestra, 26 – 12 - 2018 .....	30
Tabla 10.	Tercera muestra, 17 – 01 - 2019.....	30
Tabla 11.	Cuarta muestra, 08 – 02 - 2019.....	30
Tabla 12.	Resultado de eficiencia y promedios para SST.....	31
Tabla 13.	Resultados de eficiencia en remoción.....	32
Tabla 14.	Comparación de resultados del Efluente Vs LMP .....	33
Tabla 15.	Comparación de resultados de OD Vs NJS .....	34
Tabla 16.	Evaluación de la T° con los LMP .....	34

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de flujo - PTAR .....	17
Figura 2.	Diagrama laguna facultativa.....	24
Figura 3.	Mapa de ubicación geográfica.....	25
Figura 4.	rotulado de las muestras .....	29
Figura 5.	toma de muestra .....	29
Figura 6.	Resultados de eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales (SST).....	32

## ***RESUMEN***

Determinar la Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la variación de oxígeno disuelto, temperatura, y remoción de sólidos suspendidos totales, en Celendín – Cajamarca, fue el objetivo del presente estudio; para esto se realizó el análisis de muestras de agua residual en dos puntos, el primero, agua sin tratar Afluente y el segundo agua tratada Efluente; se realizó cuatro repeticiones de cada 22 días calendarios entre muestra y muestra; Las muestras fueron recogidas y debidamente etiquetadas, para su posterior análisis en el Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca (laboratorio acreditado), donde se determinó la concentración de solidos suspendidos totales, oxígeno disuelto y temperatura.

De los análisis realizados, se obtuvo los siguientes promedios: sólidos suspendidos totales (SST), afluente  $211.5 \text{ mg.l}^{-1}$  y efluente  $59.475 \text{ mg.l}^{-1}$ ; oxígeno disuelto (OD)afluente  $0.00 \text{ mgO}_2.\text{l}^{-1}$  y efluente  $1.6975 \text{ mgO}_2.\text{l}^{-1}$ ; temperatura ( $T^\circ$ ) afluente  $15.25^\circ\text{C}$  y efluente  $16^\circ\text{C}$ ; de estos resultados promedios, comparados con parámetros de construcción y la normativa para aguas residuales, se concluyó que para SST se obtuvo un 71.88% de eficiencia , respecto a un 84% de eficiencia que debería tener normalmente, resultando ineficiente para este parámetro; para OD se obtuvo  $1.6975 \text{ mgO}_2.\text{l}^{-1}$  referente a un  $3 \text{ mgO}_2.\text{l}^{-1}$  mínimo que debería tener, siendo muy bajo su generación de OD; y para  $T^\circ$  se obtuvo una variación de  $15.25^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C}$ , teniendo un valor aceptable respecto a la normativa y a los parámetros existentes.

## ***ABSTRACT***

To determine the efficiency of the wastewater treatment plant, in the variation of dissolved oxygen, temperature, and removal of total suspended solids, in Celendín - Cajamarca, was the objective of the present study; for this, the analysis of residual water samples was carried out in two points, the first one, untreated water Afluente and the second treated water Effluent; four repetitions of every 22 calendar days between sample and sample were performed; The samples were collected and duly labeled, for further analysis in the Regional Water Laboratory of the Regional Government of Cajamarca (accredited laboratory), where the concentration of total suspended solids, dissolved oxygen and temperature was determined.

From the analyzes performed, the following averages were obtained: total suspended solids (SST), tributary  $211.5 \text{ mg.l}^{-1}$  and effluent  $59,475 \text{ mg.l}^{-1}$ ; dissolved oxygen (OD) tributary  $0.00 \text{ mgO}_2.\text{l}^{-1}$  and effluent  $1.6975 \text{ mgO}_2.\text{l}^{-1}$ ; temperature ( $T^\circ$ ) tributary  $15.25^\circ \text{ C}$  and effluent  $16^\circ \text{ C}$ ; From these average results, compared with construction parameters and wastewater regulations, it was concluded that for SST a 71.88% efficiency was obtained, with respect to an 84% efficiency that it should normally have, being inefficient for this parameter; for OD,  $1,675 \text{ mgO}_2.\text{l}^{-1}$  was obtained referring to a minimum  $3 \text{ mgO}_2.\text{l}^{-1}$  that it should have, being very low its generation of OD; and for  $T^\circ$  a variation of  $15.25^\circ \text{ C} - 16^\circ \text{ C}$  was obtained, having an acceptable value with respect to the regulations and the existing parameters.



## CAPÍTULO I

### I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, el 2015, el 39% de la población mundial (2900 millones de personas) utilizaba un servicio de saneamiento gestionado de forma segura es decir, sus excrementos se eliminaban de forma segura in situ o se sometían a tratamiento en otro lugar, El 27% de la población mundial (1900 millones de personas) utilizaba instalaciones privadas de saneamiento conectadas al alcantarillado, desde el cual se trataban las aguas residuales, El 13% de la población mundial (900 millones de personas) utilizaba inodoros o letrinas en los que se eliminaban los excrementos in situ, El 68% de la población mundial (5000 millones de personas) utilizaba al menos un servicio básico de saneamiento, 2300 millones de personas siguen sin tener instalaciones de saneamiento básicas como inodoros o letrinas que no estén compartidas con otras familias, De ellas, 892 millones todavía defecan al aire libre, por ejemplo en alcantarillas, detrás de arbustos o en masas abiertas de agua, Se estima que al menos el 10% de la población mundial consume alimentos regados con aguas residuales, Un saneamiento deficiente va asociado a la transmisión de enfermedades como el cólera, la diarrea, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis, Se estima que el saneamiento deficiente es la causa de 280 000 muertes por diarrea cada año y que es un importante factor subyacente a varias enfermedades tropicales desatendidas, como las lombrices intestinales, la esquistosomiasis y el tracoma. Las malas condiciones de saneamiento también contribuyen a la malnutrición. (OMS, 2018)

En el Perú, Los servicios de saneamiento en el ámbito urbano son proporcionados por cincuenta y cuatro (54) EPS que cubren ciento catorce (114) de las ciento noventa y cuatro (194) provincias que tiene el país, destacándose entre ellas a SEDAPAL que provee el servicio en Lima Metropolitana y el Callao donde el 89% de la población urbana tiene acceso al servicio de agua potable y el 84% al servicio de desagüe.

En el ámbito rural, representado por poblaciones menores a 2 000 habitantes, los servicios son proporcionados por las Juntas Administradoras quienes cubren parcialmente los costos del servicio mediante una contribución mensual. La cobertura de los servicios de agua potable a nivel nacional es del 76 % y en

alcantarillado de 57%. En el uso poblacional, las bajas eficiencias se dan a nivel de las redes de agua potable y a nivel del usuario individual. A nivel empresarial, las pérdidas de agua potable son del 43% que reducen la disponibilidad del recurso para atender a un mayor número de pobladores; a nivel individual el consumo per cápita promedio nacional se sitúa en 291 litros/hab-día (incluye consumo humano, jardines, industrias y pérdidas), muy por encima respecto a consumos similares en la región. Otras causas son el bajo porcentaje de micromedición que llega al 54% y la poca cultura sobre el valor económico del agua a nivel nacional. Asimismo la gestión empresarial ineficiente de las EPS municipales se refleja en los aspectos operativos y la baja calidad del servicio. Las coberturas de agua potable y alcantarillado en el ámbito rural aún son bajas, alrededor del 62% y 30% respectivamente y el tratamiento de las aguas residuales alcanza solo a un 22% a nivel nacional, incidiendo directamente en las altas tasas de mortalidad infantil y las enfermedades del estómago en particular de la población rural. (MINAGRI, s.f.)

En la ciudad de Celendín, desde el año 1960 en adelante, cuenta con el servicio de agua potable y alcantarillado en toda su jurisdicción, y no contaba con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR); hasta que en el mes de julio del 2014, entra en funcionamiento su planta, abasteciendo a una población aproximada de 5000 familias.

Por otra parte hay otro problema, ya que en época de verano en los meses mayo – setiembre, se hace uso del agua residual directamente de los buzones de la línea de recolección hacia su disposición final, para el regadío de sus pastos, esto en la zona noreste de la ciudad en el sector la Pampa Grande, pese a haber una ordenanza municipal N° 004-2014-MPC, de fecha 24 de marzo del 2014, por parte de la municipalidad, prohibiendo el uso directo de agua residual y sin tratamiento estableciendo multas y sanciones.

En la actualidad ya se cuenta con la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR – RAFA), esperando que el agua vertida al río sea apta para regadío. En relación a la PTAR, aún no se cuenta con estudios que puedan garantizar su buen o mal funcionamiento, por lo que estos estudios asumirán el rol de comprobar su eficiencia y así garantizar su uso del agua vertida.

El objetivo del presente trabajo de investigación estuvo orientado a evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la variación de oxígeno disuelto, temperatura, y remoción de sólidos suspendidos totales, en Celendín – Cajamarca. Orientado a una hipótesis donde se manifestaba que la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín, es ineficiente en la variación de oxígeno disuelto, temperatura, y remoción de sólidos suspendidos totales; y como objetivos específicos planteamos realizar el análisis del agua residual para evaluar los parámetros: sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto y temperatura; y finalmente comparar y analizar los resultados con las normas nacionales ambientales y de construcción, y recomendar de ser el caso una propuesta descrita para mejorar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

## CAPÍTULO II

### II. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

La investigación que se realizó, fue para evaluar las condiciones de operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales que utilizan los pequeños caficultores del sur del Huila, se construyó un prototipo a escala de laboratorio (E 1:25) compuesto por un sedimentador y un filtro dispuestos en serie, simulando el mismo tipo de sistema y condiciones operacionales utilizados por los productores del grano. Se realizó tratamiento a muestras de aguas residuales de lavado del café, a fin de evaluar eficiencias de remoción en DBO5 y Sólidos Suspendidos (SS). Se utilizó un diseño experimental 23, en el que se definieron como factores el tipo de filtro, el tipo de sedimentador y el tiempo de retención hidráulica y como variable respuesta remoción expresada en porcentaje. Los resultados mostraron eficiencias de remoción de sólidos suspendidos superiores al 95% y remoción de DBO5 cercanas al 20%; los máximos valores de remoción de SS se presentaron con la combinación integrada por sedimentador tipo 1 (Desnatador de geometría cuadrada de menor área), el filtro tipo 1 (Filtro anaerobio de flujo ascendente) y tiempo de retención hidráulica en el sedimentador de 30 horas. (Guzmán, 2014)

Cardona (2009), establece que los sistemas de tratamiento acuáticos son una variante adecuada para la depuración de estas aguas. En ellos las plantas acuáticas funcionan como filtros biológicos removiendo sustancias tanto biodegradables como no biodegradables, nutrientes, sustancias tóxicas y microorganismos patógenos. Para la presente investigación, las macrofitas en estudio se obtuvieron de los Pantanos de Villa en Chorrillos en donde reconocieron la presencia de las especies: *Lemna Minor* (lenteja de agua), *Eichhornia Crassipes* (jacinto de agua) y *Pistia Stratoides* (lechuga de agua) cuya capacidad depuradora es motivo de nuestra investigación. Se instaló una pequeña planta piloto en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la UNI (UNITRAR). La planta piloto se conformó de dos unidades; la primera unidad consta de un tanque almacenador que funciono durante el primer mes con el fin de regular el caudal de ingreso, para los posteriores análisis se extrajo la muestra de desagüe crudo directamente del efluente del desarenador de la P.T.A.R. UNITRAR. La segunda unidad estuvo conformada por tres estanques

de vidrio de flujo discontinuo en donde se encontraban las plantas acuáticas flotantes, simulando humedales en donde se realizaba el tratamiento de las aguas residuales para periodos de retención determinados. Se realizaron pruebas en campo y laboratorio durante los meses comprendidos desde Julio del 2008 a febrero del 2009. Los análisis se realizaron al cabo de los periodos de retención de dos, tres y cuatro días para cada estanque con su respectiva macrofita, dichos análisis fueron: DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), Coliformes totales y fecales, Nitrógeno Total y Fósforo total, Sólidos Totales Fijos y Volátiles, Sólidos Disueltos Fijos y Volátiles, Sólidos Suspendidos Fijos y Volátiles. Las pruebas de campo fueron: mediciones de PH, T°, evapotranspiración. Después de analizar los resultados obtenidos se llega a la conclusión que las tres plantas acuáticas macrofitas son eficientes en la remoción de materia orgánica, sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, coliformes totales y fecales. Sin embargo, se hace presente que el Jacinto de Agua fue la planta acuática que ha presentado mayor eficiencia en la remoción de contaminantes de las aguas residuales, lo cual ha quedado demostrado en los resultados obtenidos.

Se estudió la eficiencia de depuración del agua residual por microalgas en las Plantas de Tratamiento de Copare y Magollo. Se realizó un muestreo mensual durante tres meses para evaluar la concentración microalgal en la entrada y salida de las lagunas secundarias, el género que predominó en la Planta de Magollo fue Chlamydomonas y en la Planta de Copare – Cono Sur, Phacus. Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del agua residual, como el pH, temperatura, conductividad eléctrica, OD, DBO5, DQO y se comparó con la norma de los Límites Máximos Permisibles. Se evaluó la remoción de materia orgánica, encontrándose que la Planta de Magollo funciona deficientemente, logrando una eficiencia solo del 25 % respecto a la DBO5 y un 28 % en la DQO, siendo que en la Planta de Tratamiento de Copare – Cono Sur, se obtuvo una eficiencia de 68 % en DBO5 y un 58 % con respecto a la DQO, lo que indica una eficiencia regular, pero aceptable. (Tacna, 2018)

Según NJS (2009), el curso receptor de las aguas residuales tratadas en Celendín es el río Grande, el cual a su vez es principal tributario del río Yangas que descarga en el río Marañón. Según la Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA de la

Autoridad Nacional del Agua del Ministerio de Agricultura de fecha 01 de Junio de 2009, establece la vigencia de la Resolución Directoral N° 1152/2005/DIGESA/SA de fecha 04/05/05 de la Dirección General de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud hasta marzo del año 2010. La Dirección General de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, ha calificado determinados ríos del país y entre ellos se tiene al río Grande, Yangas y Marañón, para los cuales ha establecido la clase III. Es decir que la DBO no debe ser mayor a 15 mg/l y la concentración de coliformes termotolerantes no mayor a 1000 como NMP/100 ml.

De acuerdo con las autoridades del lugar, el río Grande en época de estiaje conduce un caudal mínimo de 200 l.s<sup>-1</sup>. Considerando las posibles condiciones que se presentarían al horizonte del proyecto, así como las condiciones establecidas para el curso receptor indicado líneas arriba, se tiene que la planta de tratamiento de aguas residuales debiera estar en condiciones de remover el 76.0% de la carga orgánica y el 99.997% de la carga microbiana además de los parásitos presente en las aguas residuales crudas.

Teniendo en cuenta la capacidad de asimilación del río Grande y el posible aprovechamiento de las aguas residuales tratadas en el riego de los campos agrícolas aledaños a la planta de tratamiento, la calidad del agua residual tratada debiera cumplir con los siguientes requisitos:

Demanda bioquímica de oxígeno menor a 140 mg/l

Coliformes termotolerantes menor a 1.0 E+05 NMP/100 ml

Oxígeno disuelto mayor a 3.0 mg/l. (NJS, 2009)

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Aguas residuales**

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. (OEFA, 2014)

Desde el punto de vista de las fuentes de generación, podemos definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de

residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales. (Metcalf y Eddy, 2003).

### **2.2.2. Tratamiento de aguas residuales**

La Ley General de Aguas, en su artículo 22°, establece la prohibición de verter cualquier residuo sólido, líquido o gaseoso que pueda contaminar las aguas y causar daños o poner en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora y fauna, o comprometer su empleo para otros usos. Y señala que dichas descargas deberán ser sometidas al tratamiento previo que sea necesario.

FONAM (2010), establece que es necesario un tratamiento del agua cuando, al arrojar sustancias extrañas a los cuerpos de agua, si son vertidos que pasan las concentraciones límites para que el cuerpo de agua inicie el proceso de autodepuración natural. 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 (m<sup>3</sup>/seg), el uso final del producto final (agua tratada), el área disponible para la instalación, la viabilidad económica, características meteorológicas (clima, precipitación). En tal sentido, teniendo en mente que la solución tecnológica más adecuada es aquella que optimiza la eficiencia técnica en la forma más simple y menos costosa, la tecnología debe hacer uso de los recursos humanos y materiales disponibles en el país. Asimismo, cabe señalar que la selección de los procesos y/o el tipo de planta serán diferentes dependiendo de cada caso específico.

Como complemento, la Norma Técnica OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones, que norma el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales, en su numeral 4.3.11 establece que en ningún caso se permitirá la descarga de aguas residuales sin tratamiento a un cuerpo receptor, aun cuando los estudios del cuerpo receptor indiquen que no es necesario el tratamiento. Señala que el tratamiento mínimo que deberán recibir las aguas residuales antes de su descarga deberá ser el tratamiento primario. Es decir, un nivel de tratamiento capaz de remover la materia orgánica sedimentable, entre los que se encuentra el

tanque Imhoff, el tanque séptico, el tanque o laguna de sedimentación y las lagunas en general, aunque estas últimas se encuentren dentro de los procesos de tratamiento secundario, que es un objetivo adicional al alcanzado mediante el tratamiento primario.

### **2.2.3. Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)- Celendín**

NJS (2009) describe que el sistema de tratamiento de aguas residuales de Celendín está compuesto de los siguientes componentes:

- ✓ Reja fina
- ✓ Desarenador
- ✓ Medidor de caudal
- ✓ Distribuidores de aguas crudas
- ✓ Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA)
- ✓ Distribuidores de aguas pre-tratadas
- ✓ Estructura de ingreso a laguna de maduración
- ✓ Estructura de salida de laguna de maduración
- ✓ Canal de recolección y disposición final
- ✓ Lechos de secado de lodos
- ✓ Quemador de gas
- ✓ Caseta de control



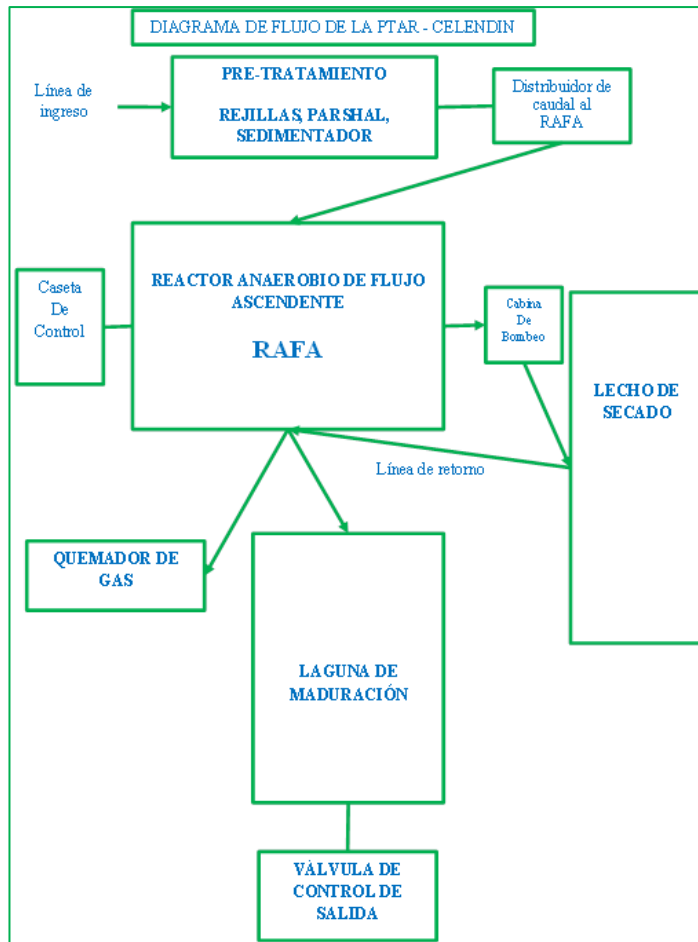


Figura 1. Diagrama de flujo - PTAR

### 2.2.3.1. Descripción de Componentes Importantes

#### A. Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

NJS (2009), Los dos reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA) construidos por la cooperación española, a través de la ONG FIADELISO, 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 estimado 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).

El reactor RAFA consiste en lo siguiente: Alimentación, Zona de lodos, Unidad separación gas – sólido – líquido, Zona de Sedimentación, Canales Colectores de Gas, Canaletas Colectoras, Zona de Alimentación. (CONACYT, sf)

### **B. Laguna de maduración**

Se han proyectado una laguna de maduración de sección trapezoidal de 307.0 m de largo, 75.0 m de ancho y 1.5 m de profundidad. La tasa de aplicación promedio el año horizonte es de 209 kg DBO/ha-d y el periodo de retención inicial de 18 días. Se estima que la remoción de carga orgánica será del orden del 75% y de sólidos sedimentables del 70% siendo la probable DBO soluble remanente de 42 mg/L y la total de 72 mg/L.

La cantidad de lodos a producirse ha sido estimado en 3.0 kg por persona año, lo cual representa una producción anual de aproximadamente 54 toneladas de material seco o 540 metros cúbicos de lodos por año con una humedad de 90% (10.0% de sólidos). (NJS, 2009)

#### **2.2.4. Límites máximos permisibles (LMP) para aguas vertidas de una planta de tratamiento de aguas residuales.**

El DS 003-2010-MINAM, establece que, 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.

Los LMP definen la calidad del efluente de las PTAR cuando se vierte a un cuerpo natural de agua. Sin embargo, cuando la PTAR incluye emisario submarino, la norma OS. 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones señala que estos valores no son aplicables. Los LMP son obligatorios para todas las PTAR sin distinción de tamaño, ni de nivel de tratamiento (SUNASS, 2016)

**Tabla 1:** Límites máximos permisibles para los efluentes de planta de tratamiento de aguas residuales – PTAR

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
Aceites y grasas	mg.l <sup>-1</sup>	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg.l <sup>-1</sup>	100
Demanda Química de Oxígeno	mg.l <sup>-1</sup>	200
pH	Unidad	6,5 - 8.5
Solidos Totales en Suspensión	ml.l <sup>-1</sup>	150
Temperatura	°C	<35

(Fuente: elaboración propia, adaptado al DS 003-2010 – MINAM)

### 2.2.5. Sólidos suspendidos totales

Según, Protocolo Para La Determinación De Sólidos Suspendidos Totales Secados A 103 – 105°C, Son partículas sólidas pequeñas, inmersas en un fluido en flujo turbulento que actúa sobre la partícula con fuerzas en direcciones aleatorias, que contrarrestan la fuerza de gravedad, impidiendo así que el sólido se deposite en el fondo. Los factores que influyen para que una partícula no decante en el fondo son: tamaño, densidad, forma de la partícula y la velocidad del agua.

Sólidos: En la forma más generalizada se considera a los sólidos como la materia suspendida y disuelta presente en aguas de cualquier origen.

Mientras que NJS (2009), establece que los sólidos suspendidos totales, Son partículas orgánicas o inorgánicas fácilmente separables del líquido por sedimentación, flotación, filtración o centrifugación.

### 2.2.6. Temperatura

Metcalf y Eddy (2003), dice que la temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos

industriales. Dado que el calor específico del agua es mucho mayor que el del aire, las temperaturas registradas de las aguas residuales son mas altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, y solo son mejores que ella durante los meses mas calurosos del verano. En función de la situación geográfica, la temperatura media anual del agua residual varía entre 10 y 21°C, pudiéndose tomar 15.6°C como valor representativo.

El concepto de temperatura se asocia fácilmente a la idea cualitativa de caliente o frio, pues un cuerpo caliente tiene una gran temperatura y un cuerpo frio tiene una baja o muy poca temperatura. En ciencias físicas la temperatura es una medida indirecta de la energía interna ya que un cuerpo caliente tiene una gran energía interna y un cuerpo frio por el contrario tiene muy poca energía interna. (Romero, 2005)

#### **2.2.7. Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida. Sin embargo, el oxígeno es solo ligeramente soluble en agua. La cantidad real de oxígeno y otros gases que puede estar presente en la solución, viene condicionada por los siguientes aspectos: (1) solubilidad del gas; (2) presión parcial del gas en la atmosfera; (3) temperatura, y (4) pureza del agua (salinidad, sólidos en suspensión, etc). (Metcalf y Eddy, 2003)

Toda la vida acuática depende de la disponibilidad de oxígeno disuelto (OD) en el agua. Mientras que los organismos terrestres viven en una atmósfera compuesta aproximadamente de un 20% de oxígeno, los organismos acuáticos sobreviven con una cantidad de oxígeno considerablemente menor. La solubilidad del oxígeno en agua dulce varía entre 14.6 mg.l<sup>-1</sup> a 0°C hasta aproximadamente 7 mg/L a 35°C bajo una presión de 760 mmHg. La concentración de oxígeno disuelto en agua está determinada por la ley de Henry, que describe la relación de equilibrio entre la presión parcial de oxígeno atmosférico y la concentración de oxígeno en agua. Otros factores que influyen la concentración de oxígeno disuelto en agua son: la presión atmosférica (y por lo tanto la altitud sobre el nivel del mar), el contenido de sales en el agua, y la temperatura del agua. El programa Enviroland contiene una tabla de concentración de oxígeno disuelto de una

solución saturada en función de la temperatura del agua. El contenido de oxígeno disuelto en cuerpos de agua puede disminuir significativamente por efecto de la respiración, especialmente la microbiana, resultante de la degradación de compuestos orgánicos. (Sawyer y McCarty, 1978)

#### **2.2.8. Eficiencia de la PTAR Celendín.**

La planta de tratamiento antes descrita, se compone por una serie de factores de tratamiento, en este caso el RAFA y la LAGUNA FACULTATIVA, entre los más principales, los mismos que serán descritos su eficiencia para los parámetros de Sólidos Suspendidos Totales, Oxígeno Disuelto Y Temperatura.

#### **Eficiencias de remoción de contaminantes por tecnologías**

Las eficiencias de remoción de las diferentes tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales (RAS, 2000; Metcalf & Eddy, 2003; Eckenfelder, 2000; Crites, 2000; Fresenius, 1991; Mara, 1997; Lettinga, 1991; Von Sperling, 1996; Gloyna, 1971; Arceivala, 1986; Ferrer, 2008; Van Haandel, 1994; Yañez, 1995; Fair, 1968) pueden observarse en la tabla 2, en donde se puede seleccionar la tecnología de PTAR según los parámetros del agua residual cruda que se tenga y según el nivel o grado de cumplimiento normativo deseado. (TECNURA, 2015)

Estos autores, manifiestan que los porcentajes de remoción son individuales y que para tener certeza que se cumplan, es necesario evaluar parte por parte un PTAR.

**Tabla 2.** Eficiencias en remoción por tecnología

TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO	REFERENCIA	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)									
		SST	DBO <sub>5</sub>	DQO	N NH <sub>3</sub>	N ORG	N NO <sub>3</sub>	N TOTAL	P PO <sub>4</sub>	P TOTAL	COLIFORMES
Desarenador convencional	RAS (2000)	0-10	0-5	0-5							
	Metcalf & Eddy (2001)	0-10	0-5	0-5							
Sedimentador primario	Metcalf & Eddy (2001)	50-65	30-40	30-40		10-20			10-20		
	Fair (1954)	40-70	25-40	20-35						25-75	
	Yáñez (1995)	40-70	25-40							25-75	
Tanque séptico	Batalha (1989)	50-70	40-62					<10	<10	<60	
Tanque séptico – filtro	Von Sperling (1996)		70-90					10-25	10-20	60-90	
Tanque Imhoff	Tchobanoglous (2000)	50	40								
Primario avanzado	Yáñez (1995)	70-90	50-85							40-80	
	Tsukamoto (2002)	73-84	46-70				<30		10-20	80-90	
	RAS (2000)	60-70	65-80	60-80					30-40		
Filtro anaerobio	Rodríguez et al. (2006)			75-85							
	Torres (2000)	60-80	60-70				10-25		10-20	60-90	
UASB	RAS (2000)	60-70	65-80	60-80					30-40		
	Valencia (2002)	72	83	74							
	Lettinga et al (1983)			55-78							
UASB – laguna facultativa	CDMB (2006)	84	88								
UASB – lodo activado	Van Haandel – Lettinga	85-95	85-95				15-25		10-20	70-95	
UASB – lodo activado SBR	Torres (2000)	84-86	87-93				20-90		23-72		
Reactor anaerobio de flujo pistón RAP	RAS (2000)	60-70	65-80	60-80					30-40		
Reactor anaerobio de contacto	Rodríguez et al. (2006)			75-90							
Reactor anaerobio de lecho fluidizado	Rodríguez et al. (2006)			80-85							
Lodo activado convencional	RAS (2000)	80-90	80-95	80-95		15-20			10-25		
	Yáñez (1995)	85-98	70-98							95-98	
	Fair (1954)	55-95	55-95	50-80						90-98	
	Von Sperling (1996)	80-90	85-93				30-40		30-45	60-90	
Lodo activado – SBR	Von Sperling (1996)	80-90	85-95				30-40		30-45	60-90	

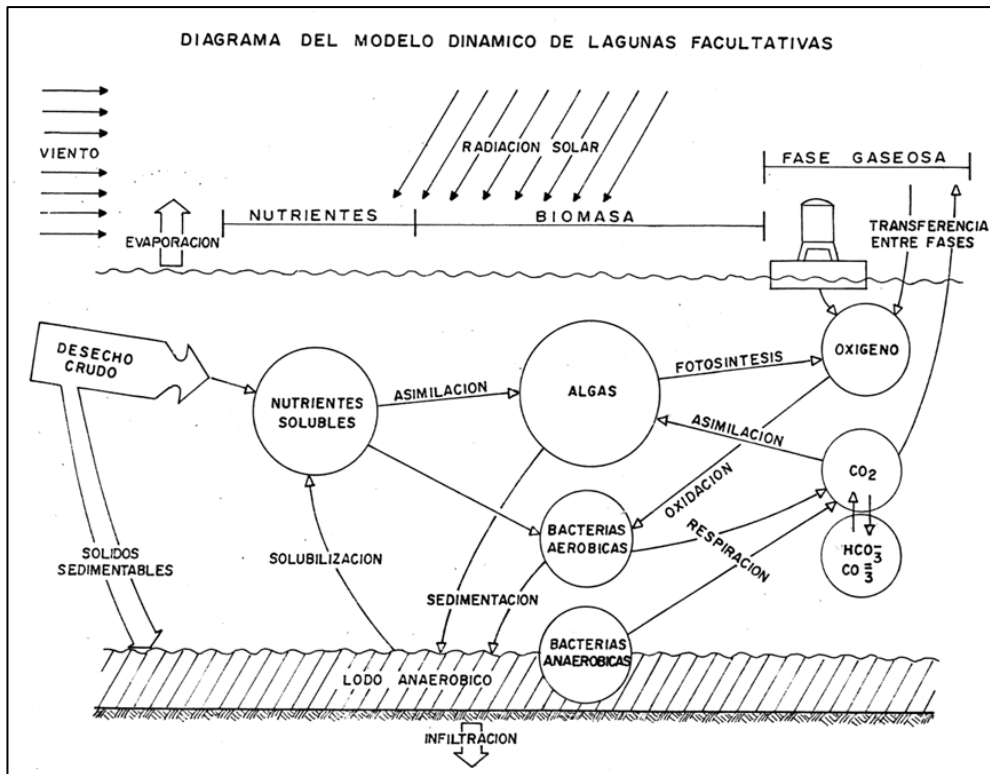
TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO	REFERENCIA	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)									
		SST	DBO <sub>5</sub>	DQO	N NH <sub>3</sub>	N ORG	N NO <sub>3</sub>	N TOTAL	P PO <sub>4</sub>	P TOTAL	COLIFORMES
Lodo activado – aireación prolongada	Von Sperling (1996)	80–90	93–98					15–30		10–20	65 – 90
	Yáñez (1995)	70–90	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: (TECNURA, 2015)

### Laguna facultativa o de maduración.

La norma técnica OS 090 PTAR (2009), establece que para las lagunas facultativas primarias se debe determinar el volumen de lodo acumulado teniendo en cuenta un **80% de remoción de sólidos en suspensión** en el efluente, con una reducción de 50% de sólidos volátiles por digestión anaerobia, una densidad del lodo de 1,05 kg/l y un contenido de sólidos de 15% a 20% al peso. Con estos datos se debe determinar la frecuencia de remoción del lodo en la instalación. Así mismo, dice que para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales se considerarán únicamente los sistemas de lagunas que tengan unidades anaerobias, aireadas, facultativas y de maduración

Así mismo, el DS 003 – 2010 – MINAM, dice que la temperatura debe ser menor a 35°C para el agua de las plantas de tratamiento.



**Figura 2.** Diagrama laguna facultativa

**Fuente:** NJS, (2009) estudio de cálculo de diseño.



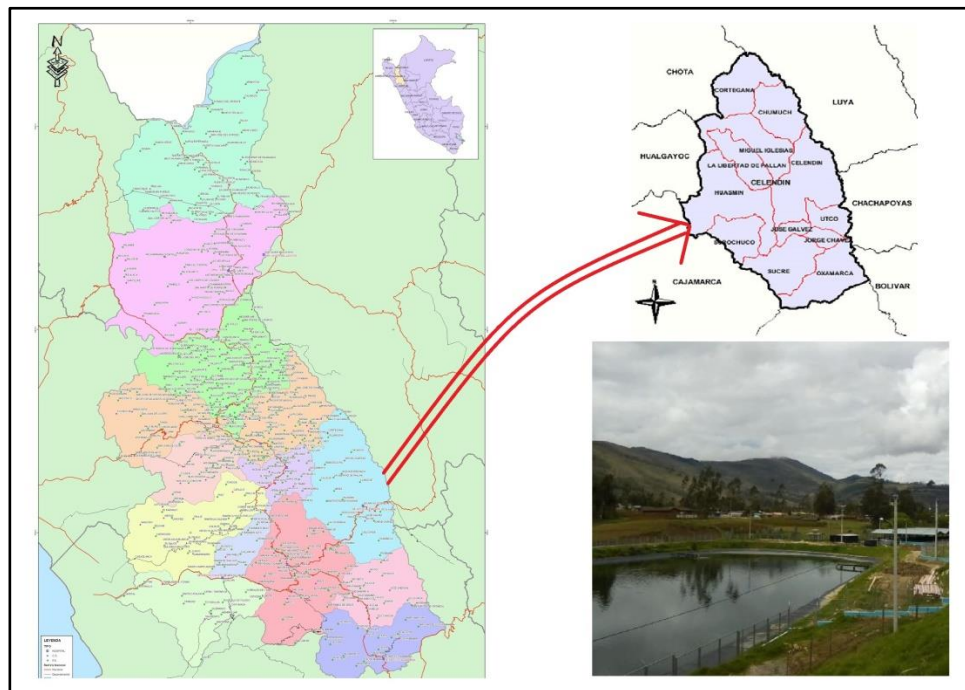
## CAPÍTULO III

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación geográfica de la investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en el sector Pallac, distrito y provincia de Celendín, Cajamarca, ubicado a 815435.95 N, 9241962.48 E, a una elevación de 2603 msnm, en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), a 1.39 Km. De la ciudad capital de Celendín.

La localidad, el clima aquí es suave, y generalmente templado. La precipitación en Celendín es significativa, con precipitaciones incluso durante el mes más seco. El clima aquí se clasifica como Cfb por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura aquí es en promedio 14.0 ° C. La precipitación media aproximada es de 818 mm. La precipitación es la más baja en agosto, con un promedio de 18 mm. En marzo, la precipitación alcanza su pico, con un promedio de 125 mm



**Figura 3.** Mapa de ubicación geográfica

### 3.2. Materiales

- Muestras de agua residual, tomado del afluente y del efluente y en un punto identificado como representativo
- Fichas de registro de campo
- Cadena de custodia
- Papel secante
- Cinta adhesiva
- Plumón indeleble
- Frascos debidamente etiquetados
- Cajas térmicas
- Hielo u otro refrigerante
- Agua destilada y/o desionizada
- Preservantes químicos para determinar OD, R1 y R2
- Solución amortiguadora de pH
- Cronometro
- Reloj
- Cinta métrica
- Papel aluminio
- Cuerda de nylon de 0.5 a 1cm de diámetro de longitud suficiente para manipular el balde de muestreo en el punto de monitoreo
- GPS para la identificación inicial de los puntos de muestreo
- pH-metro en función de registro de la temperatura o Multiparámetro
- cámara fotográfica
- guardapolvo
- guantes
- mascarillas

### 3.3. Metodología

El trabajo de investigación que se llevó a cabo, consistió en lo siguiente:

Identificación de los puntos de muestreo, tanto para afluente como para efluente.

Luego identificar y cotizar en un laboratorio certificado y acreditado para realizar análisis a muestras de agua residual para los parámetros de sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto y temperatura.

La toma de muestras de agua residual de afluente y efluente, en puntos previamente identificados en la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín, para luego analizar los parámetros de oxígeno disuelto, temperatura y sólidos suspendidos totales, ceñido estrictamente al protocolo del laboratorio.

Estas muestras fueron realizadas cuatro veces en un periodo de 22 días entre muestra y muestra, las mismas que se realizaron por el tesista en compañía del asesor de tesis; iniciando el 04 de diciembre del 2018, luego el 26 de diciembre del 2018, luego el 17 de enero del 2019 y finalmente el 08 de febrero del 2019.

Este trabajo de investigación es de tipo descriptivo comparativo y no se ciñe a ningún método o diseño estadístico, seguirá el siguiente proceso:

#### 3.3.1. Trabajo de campo

##### A. Identificación de puntos de monitoreo.

Según, el **ANEXO – RM – 273 – 2013 – VIVIENDA**, la Oficina de Medio Ambiente (OMA) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), establece *el protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*, las mismas que se tuvieron en consideración para la realización de este estudio.

Por lo antes mencionado, se consideró dos puntos de muestreo, uno al ingreso a la PTAR agua residual cruda (**AFLUENTE**), y otro a la salida de la PTAR agua residual tratada (**EFLUENTE**); considerando puntos significativos, para el primero fue pasando las rejillas de cribado, y el segundo fue en la caja de registro de salida de la laguna de maduración, considerando accesibles y seguros. estos puntos de muestreo están detallados en la siguiente tabla.

**Tabla 3.** Ubicación de puntos de monitoreo

LUGAR	Coordenadas UTM PSAD 56		ALTITUD msnm
	NORTE	ESTE	
Afluente	815314 m	9242247 m	2605
Efluente	815435.95 m	9241962.48 m	2603

**B. Desarrollo del monitoreo.**

- Se preparó los materiales y equipos para la toma de muestra, además de la indumentaria requerida para este tipo de actividad.
- Tomamos la muestra (afluente y efluente) teniendo en consideración el protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, y las consideraciones que nos dieron en el laboratorio regional del agua.
- Además se realizó la medición de la temperatura ( $T^{\circ}$ ), como parámetro de campo.
- Las cantidades y proporciones para las muestras de laboratorio fueron las que se detallan en el siguiente gráfico, además se llenó la cadena de custodia y se realizó el rotulado para cada muestra.

Tabla 4. Descripción de las muestras

Parámetro	Recipiente	Volumen de muestra	Tipo de matriz	Preservación
Sólidos Suspendidos Totales	Plástico	500 ML	AR	Ninguna
Oxígeno Disuelto	Vidrio	30ML	AR	R1 + R2

- Las muestras fueron tomadas personalmente e inmediatamente transportadas al laboratorio regional del agua, manteniendo los protocolos de conservación establecidos por el laboratorio.



**Figura 4. rotulado de las muestras**



**Figura 5. toma de muestra**

### 3.3.2. Trabajo de laboratorio

Este trabajo, le correspondió solamente al Laboratorio Regional del Agua, del Gobierno Regional de Cajamarca, el mismo que realizó los ensayos respectivos en las fechas establecidas y con los parámetros seleccionados.

Los métodos de ensayo para cada parámetro se detallan a continuación.

Tabla 5. Métodos de ensayo

ENSAYO	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
Sólidos suspendidos totales	mg.l <sup>-1</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-A,D, 22nd Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at
Oxígeno disuelto	mgO <sub>2</sub> .l <sup>-1</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification

### 3.3.3. Trabajo de gabinete

#### 3.3.3.1. Presentación de resultados de laboratorio.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio regional del agua, del Gobierno Regional de Cajamarca, estos resultados están detallados por fechas y parámetros evaluados en las cuatro repeticiones realizadas, servirán para evaluar y discutir la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, también para concluir con el estudio.

**Tabla 6.** Primera muestra, 04 – 12 - 2018

ENSAYO			QUÍMICO			
Código de muestra			E1-SST-J	E2-SST-J	E1-OD-J	E2-OD-J
PARÁMETRO	Unidad	LCM	RESULTADOS			
Sólidos suspendidos totales	mg.l <sup>-1</sup>	2.5	220	64		
Oxígeno disuelto	mgO <sub>2</sub> .l <sup>-1</sup>	0.5			0.00	1.45
Temperatura (parámetro de campo)	°C	-	13	13		

**Tabla 7.** Segunda muestra, 26 – 12 - 2018

ENSAYO			QUÍMICO			
Código de muestra			E1-SST-J	E2-SST-J	E1-OD-J	E2-OD-J
PARÁMETRO	Unidad	LCM	RESULTADOS			
Sólidos suspendidos totales	mg.l <sup>-1</sup>	2.5	78	7.2		
Oxígeno disuelto	mgO <sub>2</sub> .l <sup>-1</sup>	0.5			0.00	1.67
Temperatura (parámetro de campo)	°C	-	14	16		

**Tabla 8.** Tercera muestra, 17 – 01 - 2019

ENSAYO			QUÍMICO			
Código de muestra			E1-SST-J	E2-SST-J	E1-OD-J	E2-OD-J
PARÁMETRO	Unidad	LCM	RESULTADOS			
Sólidos suspendidos totales	mg.l <sup>-1</sup>	2.5	270	82.7		
Oxígeno disuelto	mgO <sub>2</sub> .l <sup>-1</sup>	0.5			0.00	2.6
Temperatura (parámetro de campo)	°C	-	17	18		

**Tabla 9.** Cuarta muestra, 08 – 02 - 2019

ENSAYO			QUÍMICO			
Código de muestra			E1-SST-J	E2-SST-J	E1-OD-J	E2-OD-J
PARÁMETRO	Unidad	LCM	RESULTADOS			
Sólidos suspendidos totales	mg.l <sup>-1</sup>	2.5	278	84		
Oxígeno disuelto	mgO <sub>2</sub> .l <sup>-1</sup>	0.5			0.00	1.07
Temperatura (parámetro de campo)	°C	-	17	17		

**Dónde:**

- E1: punto de ingreso del agua residual sin tratar (afluente)
- E2: punto de salida del agua residual tratada (efluente)
- SST: sólidos suspendidos totales
- OD: oxígeno disuelto
- LCM: límite de cuantificación del método

## CAPITULO IV

### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El presente trabajo de investigación, está orientado a evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Pallac, Celendín; estos resultados serán presentados en tablas, gráficos y de forma muy representativa.

#### 4.1. Evaluación de la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales (SST)

En este primer punto, se tiene que discutir dos aspectos:

El primero la eficiencia que tiene la PTAR para la remoción de sólidos totales suspendidos, valores que en la siguiente tabla detallaremos para el parámetro de SST, su promedio entre resultados, y su porcentaje de eficiencia en el tratamiento.

**Tabla 10.** Resultado de eficiencia y promedios para SST

Muestra	Parámetro evaluado	Unidad	Afluente (E1)	Efluente (E2)	Eficiencia %
Primera			220.00	64.00	70.91%
Segunda	SST	mg.l <sup>-1</sup>	78.00	7.20	90.77%
Tercera			270.00	82.70	69.37%
Cuarta			278.00	84.00	69.78%
<b>Promedio</b>			<b>SST</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>211.50</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Para calcular la eficiencia se aplicó la siguiente fórmula:

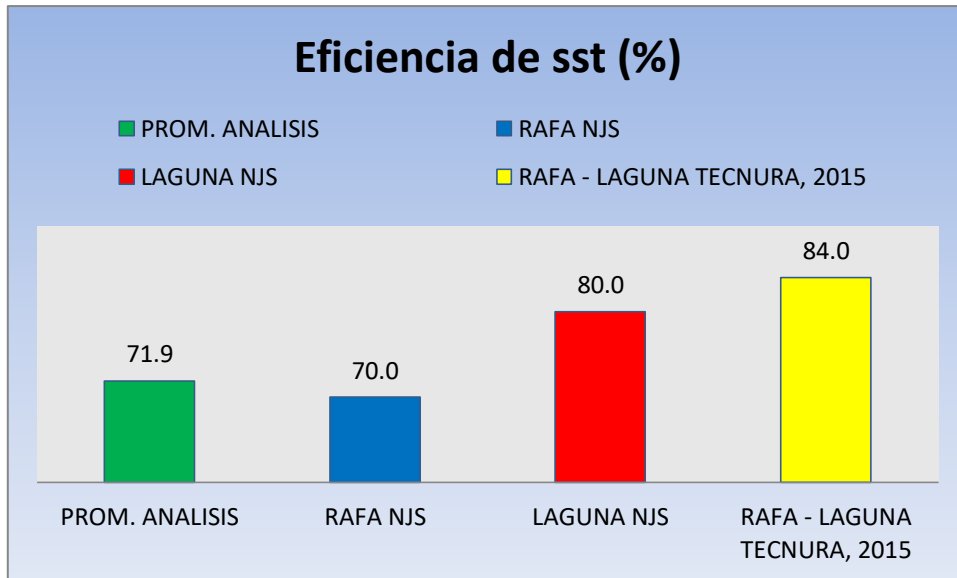
$$N = \frac{FZ - FA}{FZ} * 100$$

En donde:

N: grado de eficiencia en %.

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

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



**Figura 6. Resultados de eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales (SST)**

De esta representación (tabla 12), podemos decir que la PTAR está siendo eficiente en un 71.88%, estos datos porcentuales comparados con los datos del diseño de construcción de la PTAR, dados por NJS (2009); y con los datos de TECNURA, 2015, que nos da los porcentajes de eficiencia para todo tipo de tratamiento de aguas residuales. Estos valores porcentuales están presentados en la ilustración 7. Donde muestra los resultados de la eficiencia para SST.

El estudio contempla hallar el % de eficiencia de la PTAR, para SST. Esto conlleva a tener que evaluar los cuatro valores presentados en la tabla 13.

Tabla 11. Resultados de eficiencia en remoción

SST (%)	Prom. Análisis	RAFA NJS	Laguna NJS	Rafa - Laguna TECNURA, 2015
	71.88	70	80	84

Acá podemos afirmar que los datos de diseño, 70% de eficiencia dados por NJS para RAFA, comparado con el promedio obtenido que es de 71.88%. el RAFA es eficiente ya que esta sobre el valor del 70% y que al mismo tiempo está al límite de variar.

Sin embargo la laguna con un 80% de eficiencia, está muy por encima del 71.88% de los resultados, afirmando que la laguna no cumple con su eficiencia requerida.

Por ultimo TECNURA (2015), nos da un valor referencial clave para este estudio, dando que una PTAR compuesta por un RAFA mas una laguna deben de tener un 84% de eficiencia en la remoción de SST, esto muestra que el resultado obtenido



71.88% está muy rezagado y que en general la PTAR, estaría siendo ineficiente para remover SST en un 84% que se requiere como mínimo.

El Segundo, comparar los resultados del efluente (obtenidos de los análisis del laboratorio), en este caso el promedio de todos los ensayos para SST, con los LMP dados en el DS 003 – 2010 – MINAM, para verificar si el agua que se está vertiendo está dentro de los LMP dados.

**Tabla 12.** Comparación de resultados del Efluente Vs LMP

		Unidad	EFLUENTE	NORMA
			E2	LMP
Sólidos suspendidos totales	primera	mg.l <sup>-1</sup>	64	150
	segunda		7.2	150
	tercera		82.7	150
	cuarta		84	150
Promedio			59.475	150

En la tabla 14, Muestra claramente el promedio de los análisis para el efluente E2, con un valor de 59.475 mg/l, y el valor que nos da LMP para sólidos suspendidos totales 150 mg/l. esto quiere decir que la PTAR está dentro del parámetro dado para SST, eso garantiza que se esta vertiendo un agua baja en SST al cuerpo receptor.

#### **4.2. Evaluación de la variación de oxígeno disuelto (OD)**

En la siguiente tabla se presentó los resultados además se evaluó si es eficiente o suficiente el OD para las aguas residuales de Celendín.

Según el DS 003 – 2010 MINAM, no establece límites máximos y mínimos de concentración de oxígeno disuelto para las plantas de tratamiento de aguas residuales, sin embargo NJS (2009), en su memoria de cálculo para diseños, establece que la cantidad de oxígeno disuelto mínima debe ser 3 mgO<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup> esto indica que los valores obtenidos están muy por debajo de lo establecido.

**Tabla 13.** Comparación de resultados de OD Vs NJS

<b>Muestra</b>	<b>Parámetro evaluado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Afluente (E1)</b>	<b>Efluente (E2)</b>	<b>NJS &gt; 3</b>
<b>Primera</b>			0	1.45	>3
<b>Segunda</b>	Oxígeno disuelto	mgO <sub>2</sub> .l <sup>-1</sup>	0	1.67	>3
<b>Tercera</b>			0	2.60	>3
<b>Cuarta</b>			0	1.07	>3
<b>promedio</b>	OD	mgO <sub>2</sub> .l <sup>-1</sup>	0	1.70	>3

Fuente: elaboración propia.

El análisis para este parámetro OD, da como resultado en sus cuatro muestras que el afluente E1 contiene mínima cantidad de oxígeno disuelto, el análisis de laboratorio analiza este parámetro desde los 0.5 mgO<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup>, el cual contempla que está bajo ese nivel. Para efecto de esta discusión, consideramos que el valor de E1 sería cero (0). Ello indica que el agua residual ingresa a la PTAR con 0 mgO<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup> y sale con un promedio de 1.6975 mgO<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup>. y el mínimo es de 3 mgO<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup>. esto conlleva a que la PTAR no está siendo eficiente para generar una variación mínima requerida de oxígeno disuelto.

#### 4.3. Evaluación de la variación de la temperatura (T°)

En la siguiente tabla se detallará los resultados y la variación de la temperatura del agua residual de una planta de tratamiento, la misma que según el DS 003-2010 MINAM, establece q la máxima es de 35°C. mientras que el resultado obtenido para E1 es de 15.25 y para E2 es de 16.

**Tabla 14.** Evaluación de la T° con los LMP

<b>Muestra</b>	<b>Parámetro evaluado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Afluente (E1)</b>	<b>Efluente (E2)</b>	<b>LMP &lt; 35</b>
<b>Primera</b>			13	13	< 35
<b>Segunda</b>	temperatura	°C	14	16	< 35
<b>Tercera</b>			17	18	< 35
<b>Cuarta</b>			17	17	< 35
<b>promedio</b>	T°	°C	15.25	16	< 35

Metcalf y Eddy. (2003), manifiestan que la temperatura media anual del agua residual varía entre 10 y 21°C, pudiéndose tomar 15.6°C como valor representativo. Si tomamos estos valores podemos observar que la temperatura del agua residual tanto para E1 y E2 están entre el rango de 15.6°C, además es menor a 35°C que establece los LMP. De esto podemos manifestar que la PTAR cumple en este parámetro.

## V. CONCLUSIONES

La PTAR es ineficiente en la remoción de SST, obteniendo un valor de 71.9% respecto a un 84% que debe tener esta combinación de RAFA y LAGUNA.

A pesar que la PTAR es ineficiente en la remoción de SST, el promedio del efluente (E2) es de  $59.5 \text{ mg.l}^{-1}$ , comparado con el LMP que es  $150 \text{ mg.l}^{-1}$ ; nos muestra que la PTAR cumple con los LMP y que el agua que verte está dentro de estos parámetros.

El oxígeno disuelto que genera la PTAR en este caso  $1.7 \text{ mgO}_2.\text{l}^{-1}$  está por debajo del límite dado que es de  $3 \text{ mgO}_2.\text{l}^{-1}$ , es decir es deficiente para este parámetro.

La temperatura promedio del agua de la PTAR está en un  $15.25^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C}$ , estando dentro de los valores establecidos  $10^\circ\text{C}$  y  $21^\circ\text{C}$ , y siendo inferior a los  $35^\circ\text{C}$  límite máximo dado.

Sería importante implementar en la PTAR, un sistema de lodos activados, teniendo una mayor eficiencia en remoción; al mismo tiempo evaluar la instalación de un sistema de aireación para mejorar las condiciones de oxígeno disuelto en el agua residual.

Realizar estudios más puntuales, al RAFA y a la LAGUNA, con la finalidad de evaluar cuál de las dos instalaciones está funcionando mejor y cual necesita mejoras, con el objeto de obtener mejor eficiencia en el tratamiento del agua residual.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- BIOTEC.s.f. La tecnología anaerobia U.A.S.B. En el tratamiento de las aguas residuales domesticas: 10 años de desarrollo y maduración en américa latina.26 p.
- CEPIS (Centro Interamericano de la Salud) s.f. Tratamiento de agua para consumo humano. Exámenes bacteriológicos y calidad del agua. 19 p.
- CARDONA, L. A. L., 2009. Evaluación De La Eficiencia De Remoción De Materia Orgánica En Humedales Artificiales De Flujo Horizontal Subsuperficial Alimentados Con Agua Residual sintética. Colombia: s.n.
- FONAM (Fondo Nacional del Ambiente, P). 2010. Oportunidades De Mejoras Ambientales Por El Tratamiento De Aguas Residuales En El Perú. 37 p.
- MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento) Oficina de Medio Ambiente. Protocolo De Monitoreo De La Calidad De Los Efluentes De Las Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas O Municipales. 31 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.
- MINAGRI, (Ministerio de Agricultura y Riego) s.f. “AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ, PROBLEMÁTICA Y USO EN LA AGRICULTURA”, LIMA, Perú: s.n.
- NJS, 2009. Memoria descriptiva, proyecto “Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua potable y Alcantarillado de la Ciudad de Celendín”, pg 13
- NJS, 2009. Memoria de cálculo planta de tratamiento de aguas residuales Celendín, “Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua potable y Alcantarillado de la Ciudad de Celendín”, pg 10
- OEFA (Organismo de Evaluación Y Fiscalización Ambiental, P). Fiscalización Ambiental En Aguas Residuales. 42 p.
- OMS, (ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD) 2018. [En línea] Available at: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation> [Último acceso: 31 JULIO 2018].
- PERÚ. Resolución ministerial N° 273-2013. Vivienda. Diario Oficial El Peruano. Lima, 21 OCT. 2013.
- Portocarrero Contreras, C. J., 2009. Evaluación de la eficiencia de plantas acuáticas flotantes Lemna Minor (lenteja de agua), Eichhornia Crassipes (Jacinto de agua) y Pistia Stratoides (lechuga de agua). Para el tratamiento de aguas residuales domésticas, UNTRM - Amazonas: s.n.
- Romero, 2005. Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño. Tercera edición. Escuela colombiana de ingeniería. Colombia, 1247p.
- Sawyer, C.N. and McCarty. Chemistry for Environmental Engineering (3rd ed), McGrawHill Book Company, New York, 1978.

Solís Carlos y Adalberto Noyola. Tratamiento de aguas residuales municipales sistema: reactor UASB, laguna primaria – filtro anaerobio, evaluación, cinética. Proyecto CONACYT 25359-A. 12 p.

TECNURA, 2015. Rodríguez Miranda, Juan Pablo, García Ubaque, César Augusto, Pardo Pinzón, Janneth, Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Tecnura [en línea] 2015, 19 (Octubre-Diciembre) : [Fecha de consulta: 01 de junio de 2019] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257042318013>> ISSN 0123-921X

## VII. GLOSARIO

- ❖ Afluente: Agua residual que ingresa a una planta de tratamiento de aguas residuales o proceso de tratamiento.
- ❖ Aguas residuales: Aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas.
- ❖ Efluente: Agua residual que sale de una planta o un proceso de tratamiento.
- ❖ Límite Máximo Permisible (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.
- ❖ MINAM, Ministerio del Ambiente.
- ❖ Muestra de agua: parte representativa del material a estudiar (para este caso agua residual cruda y tratada) en la cual se analizan los parámetros de interés.
- ❖ OMS, Organización mundial de la salud.
- ❖ Oxígeno disuelto: Concentración de oxígeno en el agua que depende de la temperatura y la presión atmosférica, condicionante para el desarrollo de la vida acuática.
- ❖ Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR): Infraestructura y procesos que permiten la depuración de los parámetros contaminantes contenidos en las aguas residuales domésticas o municipales.
- ❖ Punto de monitoreo o punto de control: Es la ubicación geográfica de un punto, donde se realiza la evaluación de la calidad y cantidad (en este caso del agua residual cruda y tratada) en forma periódica.
- ❖ RAFA, Reactor anaerobio de flujo ascendente
- ❖ SST, Sólidos suspendidos totales.
- ❖ SUNASS, Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.
- ❖ T°, Temperatura.

## VIII. ANEXOS.

### 8.1. Informes de ensayos

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

### INFORME DE ENSAYO N° IE 1218711

#### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **JUAN GARCIA ORTIZ**  
Dirección **Jr. Maestro N° 434 La Colmena - Cajamarca.**  
Persona de contacto **-** Correo electrónico **garciaperu2015@gmail.com**

#### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo **04.12.18** Hora: **10:15 a 10:45**  
Tipo de Muestreo **Puntual**  
Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **01**  
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**  
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 usuario.**  
Procedencia de la Muestra: **PTAR - CELENDIN - CAJAMARCA.**

#### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 829** Cadena de Custodia **CC - 711 - 18**  
N° Orden de Trabajo **1218711**  
Fecha y Hora de Recepción **04.12.18** **15:23** Inicio de Ensayo **04.12.18** **16:00**  
Reporte Resultado **11.12.18** **09:45**

#### (\*) DATOS DE CAMPO

Parámetro de Campo	Unidad	E1	E2	-	-	-	-
(*) Temperatura (T)	°C	13.0	13.0	-	-	-	-

Nota: **Parámetro de campo fueron proporcionados por el usuario.**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

  
Blgo. Juan V. Díaz Saenz  
RESPONSABLE  
CBP 7895

Cajamarca, 12 de Diciembre de 2018.

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 1218711

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente	E1 - SST - J	E2 - SST - J	E1 - OD - J	E2 - OD - J	-	-	-	-
Código Laboratorio	1218711-01	1218711-02	1218711-03	1218711-04	-	-	-	-
Matriz de Agua	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra	PTAR - Celendín	PTAR - Celendín	PTAR - Celendín	PTAR - Celendín	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	220.0	64.0	-	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5	-	-	<LCM	1.45	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.1, <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.
- ✓ 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.



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 1218766**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario **JUAN GARCIA ORTIZ**  
 Dirección **Jr. Maestro N° 434 La Colmena - Cajamarca.**  
 Persona de contacto **-** Correo electrónico **garciaperu2015@gmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha y Hora del Muestreo **26.12.18** Hora: **10:35 a 09:30**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **01**  
 Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**  
 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 usuario.**  
 Procedencia de la Muestra: **PTAR - CELENDIN - CAJAMARCA.**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC - 876** Cadena de Custodia **CC - 766 - 18**  
 N° Orden de Trabajo **1218766**  
 Fecha y Hora de Recepción **26.12.18 15:00** Inicio de Ensayo **26.12.18 16:00**  
 Reporte Resultado **02.01.19 09:45**

**(\*) DATOS DE CAMPO**

Parámetro de Campo	Unidad	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
(*) Temperatura (T)	°C	14.0	16.0	-	-	-	-	-	-

Nota: **Parámetro de campo fueron proporcionados por el usuario.**

Blgo. 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 ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ  
 e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FON. 0590000 anexo 1140



**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 1218766**

ENSAYOS			QUÍMICOS			
Código Cliente	E1 - SST - J	E2 - SST - J	E1 - OD - J	E2 - OD - J		
Código Laboratorio	1218766-01	1218766-02	1218766-03	1218766-04		
Matriz de Agua	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL		
Descripción	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica		
Localización de la Muestra	PTAR - Celendín	PTAR - Celendín	PTAR - Celendín	PTAR - Celendín		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	78.0	7.2	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5	-	-	<LCM	1.67

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 22nd Ed. 2012: Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved); Azide Modification

**OBSERVACIONES**

LCM: Límite de cuantificación del métodos, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.1, <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.
- ✓ 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.



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 0119025

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **JUAN GARCIA ORTIZ**  
 Dirección **Jr. Maestro N° 434 La Colmena - Cajamarca.**  
 Persona de contacto - Correo electrónico **garciaperu2015@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **17.01.19** Hora de Muestreo **09:45 a 10:42**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de Muestras **04 Muestra** N° Frascos x muestra **05**  
 Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**  
 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 - 025-19**  
 Fecha y Hora de Recepción **17.01.19 15:25** Inicio de Ensayo **17.01.19 15:40**  
 Reporte Final de Resultados **24.01.19 10:30**

(\*) DATOS DE CAMPO

Parámetro de Campo	Unidad	E1	E2	-	-	-	-
(*) Temperatura (T)	°C	17.0	18.0	-	-	-	-

Nota: **Parámetro de campo fueron proporcionados por el usuario.**

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

  
 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 0119025

ENSAYOS			QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS					
Código Cliente	E1 - SST - J		E2 - SST - J	E1 - OD - J	E2 - OD - J	-	-	
Código Laboratorio	0119025-01		0119025-02	0119025-03	0119025-04	-	-	
Matriz	RESIDUAL		RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	
Descripción	Doméstica		Doméstica	Doméstica	Doméstica	-	-	
Localización de la Muestra	PTAR - Celendín		PTAR - Celendín	PTAR - Celendín	PTAR - Celendín	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5	270.0	82.7	-	-	-	
(*) Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5	-	-	<LCM	2.60	-	

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 22nd Ed. 2012: Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved), Azide Modification.

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

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

Cajamarca, 25 de Enero de 2019.

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

Página: 2 de 2

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S.N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ  
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FONC: 599000 anexo 1140



**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 0219100**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario **JUAN GARCIA ORTIZ**  
 Dirección **Jr. Maestro N° 434 La Colmena - Cajamarca.**  
 Persona de contacto **-** Correo electrónico **garciaperu2015@gmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **08.02.19** Hora de Muestreo **08:18 a 09:21**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **01**  
 Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**  
 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 - 100 -19**  
 Fecha y Hora de Recepción **08.02.19 12:53** Inicio de Ensayo **08.02.19 15:00**  
 Reporte Final de Resultados **15.02.19 11:00**

**(\*) DATOS DE CAMPO**

Parámetro de Campo	Unidad	E1 - SST - J	E2 - SST - J				
(*) Temperatura (T)	°C	17.0	17.0	-	-	-	-

Nota: **Parámetro de campo fueron proporcionados por el usuario.**

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
Bigo. Juan V. Diaz Saenz  
RESPONSABLE  
CBP 7395

**Cajamarca, 18 de Febrero de 2019.**

Página: 1 de 2

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ  
 e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FONO: 599000 anexo 1140



**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 0219100**

ENSAYOS			QUÍMICOS			
Código Cliente	E1 - SST - J		E2 - SST - J	E1 - OD - J	E2 - OD - J	-
Código Laboratorio	0219100-01		0219100-02	0219100-03	0219100-04	-
Matriz	RESIDUAL		RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-
Descripción	Doméstica		Doméstica	Doméstica	Doméstica	-
Localización de la Muestra	PTAR - Celendín		PTAR - Celendín	PTAR - Celendín	PTAR - Celendín	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	278.0	84.0	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5	-	-	<LCM	1.07

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 22nd Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved), Azide Modification.

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



"Fin del documento"

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

Cajamarca, 18 de Febrero de 2019.

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ  
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FONDO: 599000 anexo 1140

## 8.2. Panel fotográfico



Imagen 1. Rotulado de muestras



Imagen 2. Medicion de la temperatura del agua.





Imagen 3 y 4. Supervision del asesor de tesis.



Imagen 5. Toma de muestra de agua residual



Imagen 6. Toma de muestra OD



Imagen 7. Agregando reactivos a la muestra de OD – EFLUENTE



Imagen 8. Entrega de muestras al laboratorio regional del agua.



Imagen 9. Agregando reactivos a la muestra de OD - AFLUENTE

---

Juan García Ortiz  
TESISTA

---

Dr. Ing. Glicerio Eduardo Torres Carranza  
ASESOR