

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental



TESIS

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO AMBIENTAL

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES (Al,
Fe, Mn, Ba) EN EL PUNTO AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES –
CELENDÍN.**

PRESENTADO POR
BACHILLER: JIMMY HENRY SÁNCHEZ VÁSQUEZ

ASESOR:
Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno

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 veintiocho días del mes de agosto del año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente 2C – 106 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° 366-2019-FCA-UNC, fecha 08 de agosto del 2019, con el objeto de Evaluar la sustentación de la Tesis titulada: **“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES (Al, Fe, Mn, Ba) EN EL PUNTO AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - CELENDÍN”**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**, del Bachiller: **JIMMY HENRY SÁNCHEZ VÁSQUEZ**.

A las 16:00 horas y — 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 **DOCE (12)**

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

A las 18:00 horas y — minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 28 de agosto de 2019.

Dr. Eduardo Torres Carranza
PRESIDENTE

Ing. Eduardo M. Rodríguez Díaz
SECRETARIO

Ing. M.Sc. Giovana Ernestina Chávez Horna
VOCAL

Ing. Jorge S. Lezama Bueno
ASESOR

DEDICATORIA

La presente investigación lo dedico en primer lugar: a mi Dios, a mi esposa Heidi, a mis hijos: Arbin, Andy, André, Adriel y Eliana, por amor a ellos vale la pena intentar mejorar cada día, a mi madre y a mis hermanos y a todas aquellas personas que buscan un mundo saludable, para nosotros y las futuras generaciones.

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer especialmente a:

Dios porque me concede vida, salud y las ganas de superación diaria.

A mi asesor: Ing. Jorge S. Lezama Bueno, por la colaboración y contribución en cada etapa del trabajo, por su dedicación y aporte intelectual y por el apoyo brindado ante cada uno de los requerimientos planteados.

A mi esposa Heidi, por ser la persona quien me apoyo siempre en todo el transcurso de mi carrera profesional.

A la plana docente de la EAPIAC (Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental Celendín). Por la dedicación, el sacrificio y esfuerzo de cada docente por brindar los conocimientos científicos a la familia estudiantil.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMINETO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vi
RESUMEN.....	ix
ABSTRAC	xi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos de la investigación.....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO II.....	4
REVISIÓN LITERARIA.....	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 Bases teóricas.....	5
2.2.1 Aguas residuales.....	5
a) Clasificación de las aguas residuales.....	7
b) Características de las aguas residuales.....	7
2.2.2 Metales pesados.....	8
2.2.2.1 Problemática ambiental de la contaminación de aguas por metales pesados.....	8
a) Metales pesados micronutrientes.....	10
b) Metales pesados no esenciales.....	10
2.2.2.2 Aluminio.....	11
2.2.2.3 Hierro.....	13
2.2.2.4 Manganeso.....	13
2.2.2.5 Bario.....	16
2.2.2.6 Vías de entrada y origen de los metales pesados en las aguas Residuales.....	20

A. Origen natural.....	20
B. Origen antropogénico.....	21
2.2.2.7 Procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales Celendín...	21
A. Reja fina.....	22
B. Desarenador.....	23
C. Medidor de caudal.....	23
D. Conducción y distribución del agua residual cruda.....	23
E. Reactor anaeróbico de flujo ascendente.....	24
F. Conducción y distribución del agua residual pretratada.....	24
G. Estructura de ingreso a lagunas de maduración.....	25
H. Laguna de maduración.....	25
I. Estructuras de salida de lagunas facultativas.....	26
J. Recolección y disposición final.....	26
K. Borde libre.....	27
L. Lecho de secado.....	27
M. Estación de bombeo de lodos.....	27
N. Residuos y disposición final de lodos.....	28
O. Facilidades administrativas.....	28
P. Perfil hidráulico.....	29
Q. Cargas orgánicas.....	29
2.2.2.8 Técnicas de eliminación de metales pesados en aguas residuales....	30
A. Precipitación química.....	30
B. Procesos de oxidación-reducción.....	31
C. Intercambio iónico.....	31
D. Tratamientos electroquímicos.....	32
E. Procesos de membrana.....	33
F. Extracción con disolventes.....	34
G. Adsorción sobre carbón activado.....	34
H. Bioadsorción.....	35
2.2.2.9 Toxicidad y acumulación de los metales pesados.....	36
A. Factores abióticos, clasificados a su vez en tres subgrupos.....	36
a) Factores inherentes al metal.....	36
b) Factores fisicoquímicos ambientales.....	37
c) Factores bióticos.....	38

B. Efectos de los metales pesados.....	38
a) Efectos tóxicos de los metales pesados.....	38
b) Efectos en el ambiente.....	39
c) Efectos en la salud humana.....	40
2.2.2.10 Formas químicas de metales en aguas residuales.....	41
A. Formas del hierro en el agua.....	41
B. Formas del manganeso en el agua.....	41
2.2.2.11 Tratamiento del agua residual.....	42
CAPÍTULO III.....	44
MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
3.1 Ubicación geográfica del trabajo de investigación.....	44
3.2 Materiales.....	44
3.2.1 Materiales de campo.....	44
3.2.2 Material y equipo de laboratorio.....	45
3.3 Metodología.....	45
3.3.1 Tipo de investigación.....	45
3.3.1.1 Metodología general aplicada.....	46
A. Punto de monitoreo.....	46
B. Frecuencia de monitoreo.....	46
3.4 Trabajo de campo.....	47
3.5 Trabajo de laboratorio.....	47
CAPÍTULO IV.....	49
RESULTADO, ANALISIS Y DISCUCION.....	49
4.1 Aluminio.....	49
4.2 Hierro.....	50
4.3 Manganeso.....	52
4.4 Bario.....	53
4.5 Eficiencia de la PTAR de Celendín.....	54
CAPÍTULO V.....	59
CONCLUSIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Diagrama de una planta convencional de tratamiento de aguas Residuales.....	42
Fig. 2 Vista satelital de la planta de aguas residuales.....	44
Fig. 3 Concentración de metales (Al, Fe, Mn, Ba) en la PTAR Celendín.....	58

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Cantidad de residuos a ser producidos en la PTAR.....	28
Tabla 2. Carga orgánica.....	29
Tabla 3. Efectos a la salud humana.....	40
Tabla 4. Localización de puntos de muestreo.....	47
Tabla 5. Laboratorio Regional del Agua.....	48
Tabla 6. Promedios mensuales de concentración de aluminio comparados con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador	49
Tabla 7. Promedios mensuales de concentración de hierro comparados con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador.....	50
Tabla 8. Promedios mensuales de concentración de manganeso comparados con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador.....	52
Tabla 9. Promedios mensuales de concentración de bario comparados con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador.....	53
Tabla 10. Promedio de la concentración de los parámetros en estudio.....	54
Tabla 11. Eficiencia de remoción en cuanto a Al, Fe y Ba.....	56
Tabla 12. Resumen determinación de la concentración de metales.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Datos del cliente, de la muestra y del control de laboratorio, mes de setiembre 2017.....	66
---	----

Anexo 2: Resultado del análisis en metales pesados en los puntos de monitoreo P1 y P2, mes de setiembre 2017.....	67
Anexo 3: Nombre del método de ensayo utilizado, mes de setiembre 2017...	68
Anexo 4: Datos del cliente, de la muestra y del control de laboratorio, mes de octubre 2017.....	69
Anexo 5: Resultado del análisis en metales pesados en los puntos de monitoreo P1 y P2, mes de octubre 2017.....	70
Anexo 6: Nombre del método de ensayo utilizado, mes de octubre 2017.....	71
Anexo 7: Datos del cliente, de la muestra y del control de laboratorio, mes de diciembre 2017.....	72
Anexo 8: Resultado del análisis en metales pesados en los puntos de monitoreo P1 y P2, mes de diciembre 2017.....	73
Anexo 9: Nombre del método de ensayo utilizado, mes de diciembre 2017...	74
Anexo 10: Datos del cliente, de la muestra y del control de laboratorio, mes de enero 2018.....	75
Anexo 11: Resultado del análisis en metales pesados en los puntos de monitoreo P1 y P2, mes de enero 2018.....	76
Anexo 12: Nombre del método de ensayo utilizado, mes de enero 2018.....	77
Anexo 13: Precipitaciones mensuales del distrito de Celendín.....	78
Anexo 14: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua – Ecuador)	79
Anexo 15: Punto afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales...	80
Anexo 16: Punto efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales...	81
Anexo 17: Toma de muestra 1 afluente (punto monitoreo 1).....	82
Anexo 18: Toma de muestra 2 efluente (punto monitoreo 2).....	83
Anexo 19: Toma de muestra 01A afluente (punto monitoreo 1).....	84
Anexo 20: Toma de muestra 02A efluente (punto monitoreo 2).....	85
Anexo 21: Toma de muestra 01B afluente (punto monitoreo 1).....	86
Anexo 22: Toma de muestra 02 B efluente (punto monitoreo 2).....	87
Anexo 23: Material utilizado en la toma de muestras.....	88
Anexo 24: Entrada del agua residual a cámara de rejillas y bypass.....	89
Anexo 25: Obstrucción de cámara de rejillas.....	89
Anexo 26: Entrada del agua residual al medidor de caudal (Parshall).....	90
Anexo 27: Salida del agua residual a desarenadores.....	90

Anexo 28: Desarenadores y baffles de madera.....	91
Anexo 29: Colocación de baffle de madera para limpieza de desarenador....	91
Anexo 30: Entrada del desarenador al repartidor de caudal.....	92
Anexo 31: Repartidor de caudal a los 2 RAFAS.....	92
Anexo 32: Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA).....	93
Anexo 33: Efluente clarificado y canaletas de afluencia.....	93
Anexo 34: Efluente a caja de distribución.....	94
Anexo 35: Distribución del agua residual a laguna facultativa.....	94
Anexo 36: Entrada de agua residual a laguna facultativa.....	95
Anexo 37: Entrada de agua a laguna facultativa.....	95
Anexo 38: Parte final de desagüe de laguna facultativa.....	96
Anexo 39: Salida de agua tratada al punto receptor.....	96
Anexo 40: Punto efluente (Punto receptor (P2)).....	97
Anexo 41: Glosario.....	98
Anexo 42: UP mapa N° 01.....	102
Anexo 43: PM mapa N° 02.....	103

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el propósito de caracterizar, evaluar y proponer mejoras en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Celendín, y darle el manejo adecuado al sistema, con la finalidad de mejorar la calidad fisicoquímica del efluente de la planta de tratamiento; de tal manera que se cumpla con los Límites Máximos Permisibles de descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce, norma que el Perú no tiene por lo tanto se tomó como referencia la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador, para lo cual las muestras fueron analizadas en el Laboratorio Regional del Aguas Cajamarca, utilizándose el método EPA 200.7. Rev 4.4.1994. (Validado) 2017. Determinación de metales y oligoelementos en agua y residuos por espectrometría de emisión atómica plasmática acoplada inductivamente, que determinaron los parámetros que se consideraron de importancia para el análisis del agua residual del sistema de tratamiento, dando a conocer las condiciones fisicoquímicas del agua tratada en la planta.

Mediante un plan de muestreo se tomaron las muestras de agua residual, usando frascos estériles de plástico (polietileno de alta densidad), como conservante el ácido nítrico (HNO_3), guantes y mascarilla.

Se definieron 2 puntos de monitoreo P1 (afluente), P2 (efluente), en cada punto de muestreo se tomaron 4 muestras haciendo un total de 8 muestras, por un periodo de 4 meses midiéndose parámetros como: aluminio, hierro, manganeso y bario.

Con los resultados obtenidos del Laboratorio Regional del Agua. Se determinó la concentración de metales (Al, Fe, Mn y Ba) en el punto afluente (P1) y en el punto efluente (P2), siendo el aluminio el de mayor concentración en los meses de setiembre del 2017 y enero del 2018, (0,9370 mg/L y 2,6980 mg/L) correspondientes al punto de monitoreo P1, y las concentraciones mínimas (0,0630 mg/L y 0,0690 mg/L), se obtuvieron en el mes de setiembre y noviembre del 2017, correspondiente al punto P2.

La concentración de hierro fue de 0,6340 mg/L y 1,8260 mg/L en los meses de noviembre del 2017 y enero del 2018, correspondientes al punto de monitoreo P1, en el caso de las concentraciones mínimas se obtuvieron en el mes de noviembre 0,1640 mg/L y diciembre 0,2330 mg/L del 2017, correspondiente al punto P2.

La concentración más alta de manganeso se registró en el mes de enero del 2018 (0,1160 mg/L) correspondientes al punto de monitoreo P2 y la concentración mínima (0,0330 mg/L), se obtienen en el mes de setiembre del 2017, correspondiente al punto P1.

La concentración más elevada de Bario se registró en los meses de noviembre del 2017 y enero del 2018 (0,0630 mg/L y 0,0510 mg/L) correspondientes al punto de monitoreo P1. En el caso de las concentraciones mínimas (0,0330 mg/L y 0,01000 mg/L), se obtienen en los meses de noviembre y diciembre del 2017, correspondiente al punto P2.

Con estos datos obtenidos se puede decir que las descargas de agua residual provenientes de la población y las aguas, que se descargan en el Río Grande de la provincia de Celendín cumplen con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador, y por lo tanto no representan riesgo para el medio ambiente.

ABSTRACT

This work was carried out with the purpose of characterizing, evaluating and proposing improvements in the Celendín Wastewater Treatment Plant, and giving the system adequate management, in order to improve the physicochemical quality of the effluent from the treatment plant; in such a way that it complies with the Maximum Permissible Discharge Limits of effluents to a body of fresh water, norm that Peru has not therefore taken as a reference the Environmental Quality Standard of Effluent Discharge of the Republic of Ecuador, for which the samples were analyzed in the Cajamarca Regional Water Laboratory, using EPA method 200.7. Rev 4.4.1994. (Validated) 2017. Determination of metals and trace elements in water and waste by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry, which determined the parameters that were considered important for the analysis of the wastewater of the treatment system, disclosing the physicochemical conditions of the water treated in the plant.

By means of a sampling plan they took the samples of residual water, using sterile flasks of plastic (polyethylene of high density), nitric acid (HNO₃), gloves and mask. They were defined 2 monitored points P1 (originator), P2 (receiver), in each sampling point they took 4 samples making a total of 8 samples, for a period of 4 months being measured parameters like: aluminum, iron, manganese and barium.

With the obtained results of the regional laboratory of the water. The concentration of heavy metals was determined (Al, Fe, Mn and Ba) in the tributary point (P1) and in the effluent point (P2), being the aluminum that of more concentration in the months of September of the 2017 and January of the 2018, (0,9370 mg/L and 2,6980 mg/L) corresponding to the monitored point P1, and the minimum concentrations (0,0630 mg/L and 0,0690 mg/L), they were obtained in the month of September and November of the 2017, corresponding to the point P2.

The iron concentration was of 0,6340 mg/L and 1,8260 mg/L in the months of November of the 2017 and January of the 2018, corresponding to the monitored point P1, in the case of the minimum concentrations was obtained in the month of November 0,1640 mg/L and December 0,2330 mg/L of the 2017, corresponding to the point P2.

The highest concentration in manganese registered in the month of January of the 2018 (0,1160 mg/L) corresponding to the monitored point P2 and the minimum

concentration (0,0330 mg/L), they are obtained in the month of September of the 2017, corresponding to the point P1.

The highest concentration in Barium registered in the months of November of the 2017 and January of the 2018 (0,0630 mg/L and 0,0510 mg/L) corresponding to the monitored point P1. In the case of the minimum concentrations (0,0330 mg/L and 0,01000 mg/L), they are obtained in the months of November and December of the 2017, corresponding to the point P2.

With these data obtained it can be said that the discharges of wastewater from the population and the waters, which are discharged into the Rio Grande of the province of Celendín, comply with the Environmental Quality Standard for Effluent Discharge from the Republic of Ecuador, and therefore do not represent a risk to the environment.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Es bien conocida la importancia del agua en el ámbito mundial y su repercusión en el beneficio para los seres vivos; sin embargo, también ha sido el hombre quien se ha preocupado en variar las características naturales del agua con la contaminación del medio ambiente, sin ocuparse en gran medida de evitar verter los desechos de fábricas y ciudades a los ríos y arroyos, los cuales han sido durante siglos un lugar cómodo para descargar tales desperdicios, en los que es posible distinguir contaminantes químicos como son los metales en el agua, entre los cuales podemos mencionar el aluminio, hierro, manganeso, bario y otros, que han sido de importancia antigua para determinar el grado de contaminación hídrica (Duran 2004).

El desarrollo de la ciudad de Celendín en los últimos años, ha llevado una serie de ventajas indiscutibles, el nivel y la calidad de vida han aumentado considerablemente; sin embargo, un efecto secundario a este progreso es la generación de productos residuales muy contaminantes y complejos, esta contaminación no sólo altera el equilibrio ecológico, produciendo mortalidad de algunas especies animales y vegetales, o la proliferación descontrolada de otros, sino que puede destruir en forma definitiva la vida en los lugares afectados (Bonfiglio 2010).

Cabe destacar que la mayor contaminación tiene lugar en aquellas ciudades que no cuentan con una planta de tratamiento de aguas residuales, es más cuando la planta aún no está en funcionamiento, en donde la carga contaminante proveniente de la ciudad es apreciable y se descarga sobre los ríos, pero en el caso de nuestro estudio es diferente lo que se necesita es la determinación de metales (Al, Fe, Mn y Ba) en el punto afluente y efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – Celendín.

Al respecto Albert (1985), señala que, los metales pesados pueden ser eliminados del agua, los metales de las aguas residuales lixivian hacia las aguas subterráneas, provocando efectos potencialmente desastrosos. Los procedimientos actuales para filtrar las aguas residuales pueden remover tanto los sulfatos como los metales, dejando, ventajosamente, una pequeña cantidad de desechos sólidos. Este

estudio, determinación de la concentración de metales (Al, Fe, Mn y Ba) en el punto afluente y efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, constituye un estudio muy importante para la ciudad de Celendín ya que establece una forma más efectiva, sostenible y económicamente factible de contrastarlos con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador, puesto que, permite demostrar que es una alternativa científicamente viable para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Dentro de los contaminantes considerados riesgosos se incluye a los metales pesados que, aún en pequeñas concentraciones, pueden resultar altamente tóxicos (Cifuentes y Carvalho, 2002; Arriagada, *et al.*, 2000).

Se tiene conocimiento que uno de los contaminantes más peligrosos del agua residual doméstica, son los metales, que, al llegar a los diferentes cuerpos de agua, estos incrementarán la concentración, creando problemas de toxicidad para los diferentes organismos acuáticos, además de los cambios ambientales como la eutrofización.

Por este motivo con la presente investigación se realizó la determinación de metales en el punto afluente y efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Celendín.

La presencia de metales en los diversos sistemas puede ser de origen natural o derivarse de actividades antropogénicas y depende de la forma química en que se encuentran. Lo más común es encontrar a los metales pesados en forma de partícula, en estado coloidal, o disueltos formando diversos compuestos (Duran 2004).

1.1 Objetivos de la investigación

1.1.1 Objetivo general

Determinar la concentración de los metales (Al, Fe, Mn y Ba) de las aguas residuales en el punto afluente y efluente de la Planta de Tratamiento en Celendín.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar la concentración de Al, Fe, Mn y Ba en el punto afluente (P1) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Celendín.
- Evaluar la concentración de Al, Fe, Mn y Ba en el punto efluente (P2) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Celendín.
- Contrastar los resultados con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador.

CAPITULO II

REVISION LITERARIA

2.1 Antecedentes

Echegaray (1987) en su tesis titulada "Red de Vigilancia de Metales Pesados por indicadores Biológicos Experiencias Peruanas". La contaminación de las aguas en el Perú se debe a que los ríos, lagos, lagunas y mar sirven como punto de deposición final para la evacuación de las aguas residuales de las empresas industriales, mineras y domésticas. En el caso de empresas mineras metalúrgicas, estas tratan minerales como: en los nacimientos de los ríos y lagunas en la región andina, a los cuales contaminan alterando sus características físicas, químicas y biológicas.

Wetzki (1981) en su tesis titulada "Limnología" afirma que: La industria minera emplea agua y reactivos químicos que por flotación concentran los minerales que luego son deshidratados en pozos o por medio de filtros al vacío, los líquidos resultantes de estos procesos contienen excedentes de reactivos químicos o iones metálicos que depositan en las canchas de relaves, donde los sólidos son retenidos, y el efluente líquido en la mayoría de los casos discurre a algún curso receptor hídrico.

Connell (1998) en su tesis titulada "Control de la calidad del Pescado". Un gran número de metales y elementos potencialmente peligrosos son contaminantes, pero hasta ahora solamente el mercurio se ha relacionado con intoxicaciones en el hombre causadas por el consumo de pescado. Los elementos de mayor interés son los tóxicos acumulativos, es decir, aquellos que ocasionan daños a la salud debido a la acumulación progresiva e irreversible en el cuerpo como consecuencia de la ingesta repetida de pequeñas cantidades. En este grupo están incluidos el mercurio, el cadmio, el plomo, el silicio y el arsénico. De toda esta problemática que se presenta en la universidad a nivel nacional e internacional se pretende dar un tipo de solución a través de un tratamiento innovador, sencillo, eficiente y con bajo costo.

Perales (2008) en su tesis titulada "Evaluación de la calidad del agua en la Cuenca del Río Grande de la Provincia de Celendín". Indica que los mayores niveles de hierro total se presentan durante la época de lluvias (marzo-abril y diciembre) y que se deba probablemente al lavado de suelos ferrosos en la parte baja de la cuenca (Llanguat). De igual manera hace mención al manganeso total se ha sobrepasado el límite máximo permisible con respecto a

la norma canadiense durante las campañas (marzo - abril y diciembre) época de lluvias.

Bazán (2 009) en su tesis titulada “Estudio de la calidad microbiológica y parasitológica de los cultivos hortícolas regados con aguas contaminadas, en la comunidad de Pallac-Celendín”. Menciona, la data de resultados reporta un valor de 334,5 mg/L, valor muy por encima del LMP (40 mg/L) establecido según ENCA (Estándares Nacionales de Calidad del Agua), debido a la elevada carga orgánica presente en dicha agua.

Martínez (2 016) en su tesis titulada “Eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín”. Determina que de acuerdo a los valores presentados, la eficiencia de la remoción en cuanto a DBO, DQO y SST, nos da como resultado 91,507 % de eficiencia para DBO; 91,095 % para DQO; y 83,20 % para SST, lo que determina que la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín es alta.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Aguas residuales

Aguas residuales son aquellas cuyas propiedades se encuentran alteradas por el uso doméstico, industrial, agrícola u otros, así como las aguas que se evacúan junto a éstas en tiempo seco (aguas sucias) y las aguas pluviales que fluyen y se recogen de áreas edificadas y superficies urbanizadas (aguas pluviales). Como aguas sucias se consideran también aquellos líquidos que fluyen y son recogidos de plantas para el tratamiento, almacenamiento y deposición de residuos. El manejo de aguas residuales urbanas, como parte del manejo de aguas residuales en general, comprende la suma de todas las medidas específicas y ecológicas para el aprovisionamiento de las comunas, del artesanado y la industria con agua potable y/o útil en perfectas condiciones, así como la disposición de aguas residuales domésticas e industriales de estas áreas.

La disposición de aguas residuales, como parte del manejo de aguas residuales urbanas, comprende esencialmente la recolección, evacuación, tratamiento y eliminación de aguas residuales (Almudena, 2 001).

El término agua residual define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación (Barcelonesa 2004).

Además, afirma que a las aguas residuales también se les llama aguas servidas, fecales o cloacales. Son residuales, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín *cloaca*, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

Todas las aguas naturales contienen cantidades variables de otras sustancias en concentraciones que varían de unos pocos mg/L en el agua de lluvia a cerca de 35 mg/L en el agua de mar. A esto hay que añadir, en las aguas residuales, las impurezas procedentes del proceso productor de desechos, que son los propiamente llamados vertidos.

Las aguas residuales pueden estar contaminadas por desechos urbanos o bien proceder de los variados procesos industriales.

La composición y su tratamiento pueden diferir mucho de un caso a otro, por lo que en los residuos industriales es preferible la depuración en el origen del vertido que su depuración conjunta posterior (Barcelonesa 2 004).

Por su estado físico se puede distinguir:

- Fracción suspendida: desbaste, decantación, filtración.
- Fracción coloidal: precipitación química.
- Fracción soluble: oxidación química, tratamientos biológicos, etc.

La coloidal y la suspendida se agrupan en el ensayo de materias en suspensión o Sólidos Suspendidos Totales (SST)

a) Clasificación de las aguas residuales:

- **Aguas residuales domésticas:** son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente.
- **Aguas Residuales Industriales:** son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.
- **Aguas Residuales Municipales:** son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

b) Características de las aguas residuales

Características químicas

Las aguas servidas están formadas por un 99 % de agua y un 1 % de sólidos en suspensión y solución. Estos sólidos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos.

Los sólidos inorgánicos están formados principalmente por nitrógeno, fósforo, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y algunas sustancias tóxicas como arsénico, cianuro, cadmio, cromo, cobre, mercurio, plomo y zinc.

Los sólidos orgánicos se pueden clasificar en nitrogenados y no nitrogenados. Los nitrogenados, es decir, los que contienen nitrógeno en su molécula, son proteínas, ureas, aminas y aminoácidos. Los no nitrogenados son principalmente celulosa, grasas y jabones. La concentración de orgánicos en el agua se determina a través de la DBO5, la cual mide material orgánico carbonácea principalmente, mientras que la DBO20 mide material orgánico carbonácea y nitrogenado DBO2 (Barcelonesa 2004).

Características bacteriológicas

Una de las razones más importantes para tratar las aguas residuales o servidas es la eliminación de todos los agentes patógenos de origen humano presentes en las excretas con el propósito de cortar el ciclo epidemiológico de transmisión. Estos son, entre otros:

- Coliformes totales
- Coliformes fecales
- Salmonellas
- Virus

2.2.2 Metales pesados

2.2.2.1 Problemática ambiental de la contaminación de aguas por metales pesados

La escasez de suministro de agua y la baja calidad de ésta, junto con la falta de sistemas de saneamiento de aguas residuales eficaces, sigue siendo aún en la actualidad un grave problema de salud pública en muchos países del mundo y también de Europa. A pesar de la mejora en la calidad del agua de los ríos europeos observada en los últimos años, actualmente algunos grandes ríos y numerosos cursos de agua de menor caudal se encuentran gravemente contaminados, de manera que, según la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA, 2 007), más de 100 millones de personas de 53 países de la región paneuropea no tienen acceso a agua de abastecimiento en condiciones de salubridad. Asimismo, en algunos países del este de Europa, el Cáucaso y Asia central y en la región del sudeste europeo, la calidad del agua de abastecimiento y los servicios de saneamiento se han deteriorado de manera continua en los últimos 15 años. En consecuencia, los casos de enfermedades relacionadas con suministro y la calidad del agua en estas zonas están aumentando (OCDE, 2 005).

La principal fuente de contaminación del agua es el vertido de aguas residuales no tratadas o insuficientemente tratadas. En lo relativo a la calidad ecológica de los ríos, estableció que la calidad de las aguas fluviales estaba aumentando en la mayoría de los casos. Sin embargo, puso de manifiesto que no existían suficientes datos comparables a escala europea, ya que había importantes diferencias en la monitorización de las aguas entre países, y que resultó muy

difícil establecer tendencias globales. Se puede decir de forma general que la contaminación de los ríos provocada por metales pesados y por otras sustancias peligrosas, estaba disminuyendo. Asimismo, se indicó que se ha registrado una reducción en los vertidos al medio marino de metales pesados, así como la existencia de pruebas de que esta disminución está produciendo una reducción de las concentraciones de estas sustancias en la biota de los mares, si bien todavía se observan concentraciones de estas sustancias superiores a las toleradas para el consumo humano en mejillones y peces en los estuarios de los grandes ríos, cerca de puntos de descarga de aguas residuales industriales y en los puertos.

Los organismos vivos necesitan concentraciones variables de elementos metálicos esenciales, como el hierro (Fe), el cromo (Cr), el cobre (Cu), el cinc (Zn), el níquel (Ni) y el cobalto (Co), y son indispensables para el correcto funcionamiento de su metabolismo celular. En cambio, estos mismos metales pueden resultar tóxicos para los seres vivos cuando están presentes en concentraciones superiores a las necesarias. Asimismo, existen otros elementos que no forman parte del grupo de metales esenciales y son tóxicos para los seres vivos y, en consecuencia, peligrosos para el medio ambiente en concentraciones bajas, entre los que se incluyen principalmente el cadmio (Cd), el mercurio (Hg), el plomo (Pb) y el arsénico (As) (Pagnanelli, 2 005).

La expresión metales pesados, se usa para aludir de un modo no muy preciso a ciertos elementos metálicos, y también a algunos de sus compuestos, a los que se atribuyen determinados efectos de contaminación ambiental, toxicidad y ecotoxicidad. Se considera metales pesados a los elementos metálicos que tiene una densidad igual o superior a 6 g/cm^3 cuando está en forma elemental, su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1 % y casi siempre menor al 0,01 %. Junto a estos metales pesados hay otros elementos químicos, arsénico (As), boro (B), bario (Ba) y selenio (Se) que se suelen englobar con ellos por presentar orígenes y comportamientos asociados. A estos elementos también suelen llamárseles metales traza, bajo esta denominación se agrupan todos los elementos presentes en una muestra a concentraciones no detectables mediante técnicas de análisis clásicas, de forma que se consideran elementos trazas a los elementos detectables en un rango de concentración de 100 a 0,01

mg/kg y se reserva el término ultra traza a niveles comprendidos entre 0,01 mg/kg y 10 µg/kg (Galán, 2008).

Dentro de los metales pesados se distinguen dos grupos:

a) Metales pesados micronutrientes:

Necesarios para el desarrollo de la vida de determinados organismos, son requeridos en pequeñas cantidades o cantidades traza y pasado cierto umbral se vuelven tóxicos. Dentro de este grupo se encuentran As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V, Zn.

b) Metales pesados no esenciales:

Son metales cuya presencia en determinadas cantidades en los seres vivos, provocan disfunciones en sus organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. Son principalmente: Be, Cd, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn y Ti (Galán 2 008).

Los metales pesados han sido objeto de atención por sus características contaminantes peculiares. Poseen carácter acumulativo, su concentración no disminuye con el tiempo; son necesarios y beneficiosos para las plantas y otros organismos a determinados niveles, pero también son tóxicos cuando exceden unos niveles de concentración; están siempre presentes en los suelos a unos niveles de concentración denominados niveles de fondo o "Background", cuyo origen no es externo, sino que proviene del material parental originario de las rocas y su transformación; Con frecuencia se encuentran como cationes que interactúan fuertemente con la matriz del suelo, lo que en ocasiones se traduce en que incluso a altas concentraciones pueden encontrarse en forma química no dañina o inerte. Sin embargo, estos metales pueden movilizarse y cambiar de forma química debido a cambios en las condiciones medioambientales. Por esta razón se les ha catalogado como bomba de relojería química. La elevada toxicidad, alta persistencia y rápida acumulación en los organismos vivos, los convierte en contaminantes prioritarios cuyos efectos tóxicos no se detectan fácilmente a corto plazo, aunque si puede haber una incidencia muy importante a mediano y largo plazo (García 2 008).

Por las características generales expuestas, es necesario identificar el origen de los metales pesados en los sedimentos bénticos de los cuerpos hídricos, que en esencia tiene dos fuentes principales, las fuentes naturales y las fuentes antropogénicas. Como principal fuente natural aportante, se tiene la meteorización de rocas y suelos directamente expuestos a la acción del agua. Por su parte, actividades antropogénicas como la agricultura, la industria y los residuos urbanos tienen gran importancia en el aporte de metales pesados en el fondo de los cursos de aguas naturales.

(Marzal 2001).

Según el análisis de agua realizado en el Laboratorio Regional del Agua Cajamarca, estos son los metales tomados en cuenta para el presente estudio:

2.2.2.2 Aluminio

El aluminio es un componente natural de las aguas superficiales y subterráneas (Orozco et al, 2 003), considerado como el elemento metálico más abundante y constituye alrededor del 8 % de la corteza terrestre (Seoáñez, 1999)

Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas, puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, siendo responsables de la turbiedad del agua. Las concentraciones más frecuentes en las aguas superficiales oscilan entre 0,1 ppm y 10 ppm.

Se halla ampliamente distribuido en las plantas y en casi todas las rocas, sobre todo en las ígneas, que contienen aluminio en forma de minerales de alúmino silicato; cuando estos minerales se disuelven, según las condiciones químicas, es posible precipitar el aluminio en forma de arcillas minerales, hidróxidos de aluminio o ambos, en esas condiciones se forman las bauxitas que sirven de materia prima fundamental en la producción de aluminio (Custodio, 2001)

Efectos ambientales del aluminio

Los efectos del aluminio han atraído nuestra atención, mayormente debido a los problemas de acidificación. El aluminio puede acumularse en las plantas y causar problemas de salud a animales que consumen esas plantas. Las

concentraciones de aluminio parecen ser muy altas en lagos acidificados. En estos lagos un número de peces y anfibios están disminuyendo debido a las reacciones de los iones de aluminio con las proteínas de las agallas de los peces y los embriones de las ranas.

Elevadas concentraciones de aluminio no sólo causan efectos sobre los peces, pero también sobre los pájaros y otros animales que consumen peces contaminados e insectos y sobre animales que respiran el aluminio a través del aire. (www.lenntech.es/periodica/elementos/al.htm)

Las consecuencias para los pájaros que consumen peces contaminados es que la cáscara de los huevos es más fina y los pollitos nacen con bajo peso. Las consecuencias para los animales que respiran el aluminio a través del aire son problemas de pulmones, pérdida de peso y declinación de la actividad. Otro efecto negativo en el ambiente del aluminio es que estos iones pueden reaccionar con los fosfatos, los cuales causan que el fosfato no esté disponible para los organismos acuáticos (Henry 1 999).

Además, afirma que en altas concentraciones de aluminio no sólo pueden ser encontrados en lagos ácidos y aire, también en aguas subterráneas y suelos ácidos. Hay fuertes indicadores de que el aluminio puede dañar las raíces de los árboles cuando estas están localizadas en las aguas subterráneas. (www.lenntech.es/periodica/elementos/al.htm)

2.2.2.3 Hierro

El Hierro puede ser encontrado en carne, productos integrales, patatas y vegetales. El cuerpo humano absorbe hierro de animales más rápido que el hierro de las plantas. El hierro es una parte esencial de la hemoglobina: el agente colorante rojo de la sangre que transporta el oxígeno a través de nuestros cuerpos (Borrego 2 002).

Puede provocar conjuntivitis, coriorretinitis, y retinitis si contacta con los tejidos y permanece en ellos. La inhalación crónica de concentraciones excesivas de vapores o polvos de óxido de hierro puede resultar en el desarrollo de una neumoconiosis benigna, llamada siderosis, que es observable como un cambio en los rayos X. Ningún daño físico de la función pulmonar se ha asociado con la siderosis. La inhalación de concentraciones excesivas de óxido de hierro

puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón en trabajadores expuestos a carcinógenos pulmonares (Sawyer 2 001).

Efectos ambientales del hierro

El hierro (III) -O-arsenito, pentahidratado puede ser peligroso para el medio ambiente; se debe prestar especial atención a las plantas, el aire y el agua. Se recomienda encarecidamente que no se permita que el producto entre en el medio ambiente porque persiste en éste (Henry 1 999).

2.2.2.4 Manganeseo

Es uno de los metales de transición del primer periodo largo de la tabla periódica; se encuentra entre el cromo y el hierro. Tiene propiedades en común con ambos metales. Aunque poco conocido o usado en su forma pura, reviste gran importancia práctica en la fabricación de acero.

El manganeseo se oxida con facilidad en el aire para formar una capa castaña de óxido. También lo hace a temperaturas elevadas. A este respecto su comportamiento es más parecido a su vecino de mayor número atómico en la tabla periódica (el hierro), que al de menor número atómico, el cromo.

El manganeseo es un metal bastante reactivo. Aunque el metal sólido reacciona lentamente, el polvo metálico reacciona con facilidad y en algunos casos, muy vigorosamente. Cuando se calienta en presencia de aire u oxígeno, el manganeseo en polvo forma un óxido rojo, Mn_3O_4 . Con agua a temperatura ambiente se forman hidrógeno e hidróxido de manganeseo (II), $Mn(OH)_2$. En el caso de ácidos, y a causa de que el manganeseo es un metal reactivo, se libera hidrógeno y se forma una sal de manganeseo (II). El manganeseo reacciona a temperaturas elevadas con los halógenos, azufre, nitrógeno, carbono, silicio, fósforo y boro.

En sus muchos compuestos, presenta estados de oxidación de 1+ hasta de 7+. Los estados de oxidación más comunes son 2+, 4+ y 7+. Todos los compuestos, excepto los que contienen Mn^{2+} , son intensamente coloridos. Por ejemplo, el permanganato de potasio, $KMnO_4$, produce disoluciones acuosas

que son de color rojo púrpura; el manganato de potasio, K_2MnO_4 , produce disoluciones de color verde intenso.

Los compuestos de manganeso tienen muchas aplicaciones en la industria. El dióxido de manganeso se usa como un agente desecante o catalizador en pinturas y barnices y como decolorante en la fabricación de vidrio y en pilas secas. El permanganato de potasio se emplea como blanqueador para decoloración de aceites y como un agente oxidante en química analítica y preparativa. (www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm)

Efectos del manganeso sobre la salud

El manganeso es un compuesto muy común que puede ser encontrado en todas partes en la tierra. El manganeso es uno de los tres elementos trazas tóxicos esenciales, lo cual significa que no es sólo necesario para la supervivencia de los humanos, pero que es también tóxico cuando está presente en elevadas concentraciones en los humanos. Cuando la gente no cumple con la ración diaria recomendada su salud disminuirá. Pero cuando la toma es demasiado alta problemas de salud aparecerán.

La toma de manganeso por los humanos mayoritariamente tiene lugar a través de la comida, como son las espinacas, el té y las hierbas. Las comidas que contienen las más altas concentraciones son los granos y arroz, las semillas de soja, huevos, frutos secos, aceite de oliva, judías verdes y ostras. Después de ser absorbido en el cuerpo humano el manganeso será transportado a través de la sangre al hígado, los riñones, el páncreas y las glándulas endocrinas.

(www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm)

Los efectos del manganeso mayormente ocurren en el tracto respiratorio y el cerebro. Los síntomas por envenenamiento con manganeso son alucinaciones, olvidos y daños en los nervios. El manganeso puede causar Parkinson, embolia de los Pulmones y Bronquitis. Cuando los humanos se exponen al manganeso por un largo periodo de tiempo el daño puede llegar a ser importante. Un síndrome que es causado por el manganeso tiene los siguientes síntomas: esquizofrenia, depresión, debilidad de músculos, dolor de cabeza e insomnio, porque el manganeso es un elemento esencial para la salud de los humanos la

falta de este puede también causar efectos sobre la salud. Estos son los siguientes efectos:

- Engordar.
- Intolerancia a la glucosa.
- Coágulos de sangre.
- Problemas de la piel.
- Bajos niveles de colesterol.
- Desorden del esqueleto.
- Defectos de nacimiento.
- Cambios en el color del pelo.
- Síntomas neurológicos.

(www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm)

Efectos ambientales del manganeso

Los compuestos del manganeso existen de forma natural en el ambiente como sólidos en suelos y pequeñas partículas en el agua. Las partículas de manganeso en el aire están presentes en las partículas de polvo. Estas usualmente se depositan en la tierra en unos pocos días. Los humanos aumentan las concentraciones de manganeso en el aire por las actividades industriales y a través de la quema de productos fósiles. El manganeso que deriva de las fuentes humanas puede también entrar en la superficie del agua, aguas subterráneas y aguas residuales. A través de la aplicación del manganeso como pesticida el manganeso entrará en el suelo.

Para los animales el manganeso es un componente esencial sobre unas 36 enzimas que son usadas para el metabolismo de carbohidratos, proteínas y grasas. Con animales que comen muy poco manganeso interfiere en el crecimiento normal, la formación de huesos y en la reproducción. Cuando el manganeso es tomado a través de la piel este puede causar temblores y fallos en la coordinación. Finalmente, las pruebas de laboratorio con animales han mostrado que diversos envenenamientos con manganeso deberían incluso ser capaces de causar el desarrollo de tumores en animales.

(www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm)

En plantas los iones del manganeso son transportados hacia las hojas después de ser tomados en el suelo. Cuando muy poco manganeso puede ser absorbido desde el suelo esto causa perturbaciones en los mecanismos de las plantas. Por ejemplo, perturbaciones en la división del agua en hidrógeno y oxígeno, en lo cual el manganeso juega un papel importante. El manganeso puede causar síntomas de toxicidad y deficiencia en plantas. Cuando el pH del suelo es bajo las deficiencias de manganeso son más comunes. Concentraciones altamente tóxicas de manganeso en suelo pueden causar inflamación de la pared celular, abrasamiento de las hojas y puntos marrones en las hojas. La deficiencia puede también causar estos efectos entre concentraciones tóxicas y concentraciones que causan deficiencias una pequeña área de concentraciones donde el crecimiento de la planta es óptimo puede ser detectado.

(www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm)

2.2.2.5 Bario

El bario ocupa el decimoctavo lugar en abundancia en la corteza terrestre, en donde se encuentra en un 0,04 %, valor intermedio entre el calcio y el estroncio, los otros metales alcalinotérreos. Los compuestos de bario se obtienen de la minería y por conversión de dos minerales de bario. La barita, o sulfato de bario, es el principal mineral y contiene 65,79 % de óxido de bario. La witherita, algunas veces llamada espato pesado, es carbonato de bario y contiene 72 % de óxido de bario.

(www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm)

El metal lo aisló por primera vez Sir Humphry Davy en 1808 por electrólisis. En la industria sólo se preparan pequeñas cantidades por reducción de óxido de bario con aluminio en grandes retortas. El metal se utiliza en aleaciones bario - níquel para alambres de bujía (el bario incrementa la capacidad de emisión de la aleación) y en el metal de Frary, que es una aleación de plomo, bario y calcio, que se usa en lugar del metal Babbitt porque puede moldearse. El metal reacciona con el agua más fácilmente que el estroncio y el calcio, pero menos

que el sodio; se oxida con rapidez al aire y forma una película protectora que evita que siga la reacción, pero en aire húmedo puede inflamarse. El metal es lo bastante activo químicamente para reaccionar con la mayor parte de los no metales. El metal es dúctil y maleable; los trozos recién cortados tienen una apariencia gris - blanca lustrosa (Manzanares et al., 2 007).

La barita blanda (fácil de moler) se prefiere en la manufactura de los compuestos de bario, pero pueden usarse variedades cristalinas. La barita cruda se muele y mezcla con polvo de carbón. La mezcla se calcina en un horno rotatorio de reducción; el sulfato de bario se reduce a sulfuro de bario o ceniza negra. La ceniza negra consta de cerca de 70 % de sulfuro de bario y se trata con agua caliente para hacer una solución que sirve de material de partida en la manufactura de muchos otros compuestos.

El lipoton, un polvo blanco que consta de 20 % de sulfato de bario, 30 % de sulfuro de zinc y menos del 3 % de óxido de zinc, se emplea en forma amplia como pigmento en pinturas blancas. El blanco fijo se emplea en la manufactura de colorantes brillantes. Es el mejor grado de sulfato de bario para pigmento en pinturas. A causa de la gran absorción de rayos X por el bario, el sulfato sirve para cubrir el tubo digestivo en radiografía, para aumentar el contraste. El carbonato de bario es útil en la industria de la cerámica para prevenir la eflorescencia en arcillas para loza. Se usa también como vidriado en alfarería, en vidrio óptico y como veneno para ratas. El cloruro de bario se emplea en la purificación de sal, en la manufactura de cloruro e hidróxido de sodio, como fundente en aleaciones de magnesio, como ablandador de agua de calderas y en preparaciones medicinales. El nitrato de bario, llamado también salitre de barita, se utiliza en pirotecnia y señales luminosas (produce color verde) y un poco menos en preparaciones medicinales. El óxido de bario, conocido como barita, o barita calcinada, se utiliza como agente de secado en la industria y en el endurecimiento de aceros. El peróxido de bario se emplea en ocasiones como agente blanqueador. El cromato de bario, cromo limón o amarillo cromo, se emplea en pigmentos amarillos y fósforos de seguridad. El clorato de bario se utiliza en pirotecnia. El acetato y cianuro de bario se usan en la industria como reactivo químico y en metalurgia, respectivamente.

(www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm)

Efectos del bario sobre la salud

De forma natural los niveles de bario en el medio ambiente son muy bajos. Altas cantidades de bario pueden sólo ser encontradas en suelos y en comida, como son los frutos secos, algas, pescados y ciertas plantas. La cantidad de bario que es detectada en la comida y en agua generalmente no es suficientemente alta como para llegar a ser preocupante a la salud. La gente con un gran riesgo a la exposición del bario con efectos adicionales sobre la salud son los que trabajan en la industria del bario. Los mayores riesgos para la salud que ellos pueden sufrir son causados por respirar aire que contiene sulfato de bario o carbonato de bario.

(www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm)

Muchos vertederos de residuos peligrosos contienen ciertas cantidades de bario. La gente que vive cerca de ellos posiblemente está expuesta a niveles dañinos. La exposición podrá entonces ser causada por respirar polvo, comer tierra o plantas, o beber agua que está contaminada con bario. Por contacto en la piel puede también ocurrir.

(www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm)

Los efectos sobre la salud del bario dependen de la solubilidad de los compuestos. Compuestos del bario que se disuelven en agua pueden ser dañinos para la salud humana. La toma de gran cantidad de bario que es soluble puede causar parálisis y en algunos casos incluso la muerte. Pequeñas cantidades de bario soluble en agua puede causar en las personas dificultad al respirar, incremento de la presión sanguínea, arritmia, dolor de estómago, debilidad en los músculos, cambios en los reflejos nerviosos, inflamación del cerebro y el hígado. Daño en los riñones y el corazón. No se ha demostrado que el bario cause cáncer en los humanos. No hay prueba de que el bario pueda causar infertilidad o defectos de nacimiento (Manzanares et al., 2007).

Efectos ambientales del bario

El bario es un metal plateado - blancuzco que puede ser encontrado en el medioambiente, donde existe de forma natural. Aparece combinado con otros elementos químicos, como el azufre, carbón u oxígeno.

Los compuestos del bario son usados por las industrias del aceite y gas para hacer lubricantes para taladros. Los compuestos del bario son también usados para hacer pinturas, bricks, azulejos, vidrio y gomas. Debido al uso extensivo del bario en las industrias, el bario ha sido liberado al ambiente en grandes cantidades. Como resultado las concentraciones de bario en el aire, agua y suelo pueden ser mayores que las concentraciones que ocurren de forma natural en muchos lugares. El bario es liberado al aire por las minas, proceso de refinado, y durante la producción de compuestos de bario. Puede entrar también al aire durante la combustión del carbón y aceites.

(www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm)

Algunos compuestos del bario que son liberados durante procesos industriales se disuelven fácilmente en agua y son encontrados en lagos, ríos y arroyos. Debido a sus solubilidades estos compuestos del bario pueden alcanzar largas distancias desde sus puntos de emisión. Cuando peces y otros organismos acuáticos absorben los compuestos del bario, el bario se acumulará en sus cuerpos. Los compuestos del bario que son persistentes usualmente permanecen en la superficie del suelo, o en el sedimento de las aguas. El bario es encontrado en la mayoría de los suelos en bajos niveles. Estos niveles pueden ser más altos en vertederos de residuos peligrosos.

(www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm)

2.2.2.6 Vías de entrada y origen de los metales en las aguas residuales.

Los metales tienen tres vías principales de entrada en el medio acuático:

a) La vía atmosférica, se produce debido a la sedimentación de partículas emitidas a la atmósfera por procesos naturales o antropogénicos (principalmente combustión de combustibles fósiles y procesos de fundición de metales).

b) La vía terrestre, producto de filtraciones de vertidos, de la escorrentía superficial de terrenos contaminados (minas, utilización de lodos como abono, lixiviación de residuos sólidos, precipitación atmosférica y otras causas naturales).

c) La vía directa, de entrada, de metales es a consecuencia de los vertidos directos de aguas residuales industriales y urbanas a los cauces fluviales.

En los sistemas acuáticos continentales (ríos, lagos y embalses) los metales pesados son introducidos como resultado de la acción de procesos naturales y antropogénicos. (Manzanares et al., 2 007). Cuando un metal pesado llega a un sistema acuático, parte se asociará con ligamentos disueltos de carácter tanto orgánico como inorgánico, mientras que otra fracción se asociará con materia particulada por adsorción, precipitación, coprecipitación o asimilación por la biota (Tessier y Campbell, 1 987).

A. Origen natural

El contenido en elementos metálicos de un suelo libre de interferencias humanas depende en primer grado de la composición de la roca madre originaria y de los procesos erosivos sufridos por los materiales que conforman el mismo (Adriano, 1 986).

La acción de los factores medioambientales sobre las rocas y los suelos derivados de ellos son los determinantes de las diferentes concentraciones basales (niveles de fondo) de metales pesados en los sistemas fluviales (aguas, sedimentos y biota) (Adriano, 1 986).

B. Origen antropogénico

Se entiende por contaminación de origen antropogénico la procedente de la intervención humana en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados. El uso de los metales pesados ha ido aumentando paralelamente al desarrollo industrial y tecnológico.

Actualmente es difícil encontrar una actividad industrial o un producto manufacturado en los que no intervenga algún metal pesado. Si bien, la tendencia, aunque lenta, es sustituir progresivamente en la industria, algunos

metales pesados potencialmente tóxicos por otros materiales más inocuos (Förstner, 1 979).

2.2.2.7 Procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales Celendín

Para el tratamiento complementario de las aguas residuales provenientes de los Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) se ha considerado el empleo de lagunas secundarias del tipo maduración, y estará compuesto por:

- Distribuidores de aguas pre - tratadas.
- Estructura de ingreso a la laguna de maduración.
- Estructura de salida de la laguna de maduración.
- Canal de recolección y disposición final.

Así mismo, como consecuencia del estado del pre-tratamiento, se ha considerado el mejoramiento de la cámara de rejas y desarenador.

Las características de cada uno de los procesos de tratamiento son:

A. Reja fina

La parte final del sistema alcantarillado de la ciudad de Celendín está compuesta por una tubería de 300 mm de diámetro que conducirá las aguas residuales crudas hasta la entrada a la PTAR.

La cámara de rejas ha sido diseñada para el caudal pico de 45,6 L/s y consta de dos unidades paralelas funcionando una de ellas como aliviadero o “by pass”, la misma que trabajará solamente en los casos en que la pérdida de carga en la reja fuese muy alta a causa de su obstrucción por falta de limpieza. De esta manera se evitará el desborde del emisor con la consecuente inundación de los terrenos aledaños a la planta de tratamiento con aguas residuales crudas.

El canal de ingreso a la cámara de rejas tiene un ancho de 0,30 m. y la recámara de la reja propiamente dicha tiene un ancho neto de 0,35 m. la criba está compuesta por platinas de acero inoxidable de sección transversal de 35

mm x 6 mm, espaciados 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. La altura total de la reja es de 0,65 m.

El diseño demanda la necesidad de que la reja sea limpiada continuamente para evitar el represamiento del emisor y el funcionamiento excesivo del by pass con el correspondiente arrastre de sólidos que pueda afectar el buen funcionamiento de las lagunas de estabilización, así como, las consecuencias que ella pueda tener sobre el comportamiento hidráulico del mismo.

Los residuos removidos por la reja serán colocados en una plataforma de escurrimiento situado en la parte superior de las rejas metálicas y de allí trasladados a un contenedor a ubicarse a un costado de la cámara de rejas, para su posterior disposición final, bien sea por enterramiento o en su defecto al relleno sanitario de la ciudad. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

B. Desarenador

Actualmente existen dos desarenadores rectangulares paralelos de 1,00 m. de ancho y 1,00 m. de profundidad, los mismos, que tiene problemas hidráulicos de concepción. A fin de facilitar el retiro de la arena, se ha considerado variar la sección transversal del mismo, de modo de facilitar la acumulación y retiro de arena en el canal longitudinal proyectado en el centro del canal. Al efecto, el ancho del canal será 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. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

C. Medidor de caudal

La PTAR cuenca con un medidor de caudal de régimen crítico tipo Parshall de 0,15 m. de garganta.

D. Conducción y distribución del agua residual cruda

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, cada RAFA cuenta un total de 32 tubos de alimentación, lo que proporciona una densidad de 4,25 m² por difusor. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

E. Reactor anaeróbico de flujo ascendente

La cooperación española, a través de la ONG FIADELISO (Fundación Internacional de Apoyo al Desarrollo Local y Social) ha construido en dos reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA) con 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. Cuenta con dos colectores de gases del tipo trapecial en cuya parte superior se acomodan dos distribuidores de aguas residuales equipados con ocho ingresos a los difusores. Así mismo, cada colector de gases cuenta con un ingreso para mantenimiento y dos ventilaciones. En la parte de la recolección de gases, estas unidades necesitan ser reacondicionadas para captar el gas y conducirla a un lugar seguro para su combustión. Se ha estimado que la remoción de la carga orgánica será del 55 %.

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 3 200 m³ de lodos por año con una humedad de 3 % (10 % de sólidos). (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

F. Conducción y distribución del agua residual pretratada

El agua residual pretratada 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 de maduración. La alimentación de la laguna de maduración o postratamiento 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 pos tratamiento.

La estructura de reparto se ha diseñado sin piezas móviles y material resistente al intemperismo y con una geometría que permita la distribución equitativa del agua residual en dos partes iguales y en forma independiente a la variación del caudal de las aguas residuales crudas. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

G. Estructuras de ingreso a lagunas de maduración

Las tuberías de ingreso a la laguna de maduración vienen a ser la prolongación de las tuberías que salen del repartidor R-5. Estos tubos de 250 mm de diámetro al ingresar a la laguna tendrán una longitud promedio de 15 m. de longitud. El extremo estará compuesto por dos codos de 45° para inyectar y mezclar el agua residual cruda con el agua almacenada en la laguna de maduración y atenuar la liberación de olores. Estas tuberías descansarán sobre una canaleta abierta de concreto, el cual a su vez será sostenido por columnas de concreto. A la altura del punto de descarga, se ha proyectado una poza de 3.00 m. x 3.00 m. para minimizar la erosión del fondo de la laguna. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

H. Laguna de maduración

La laguna de maduración estará 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 trapezoidal de 307 m. de largo, 75 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.

La cantidad de lodos a producirse ha sido estimada en 3,0 kg por persona año, lo cual representa una producción anual de aproximadamente 54 toneladas de material seco o 540 m³ de lodos por año con una humedad de 90 % (10 % de sólidos). (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

Entre las características más notorias del lagunaje profundo destacan el establecimiento de una estratificación térmica estable durante los periodos más cálidos y la dominancia de los procesos de sedimentación. Estos factores, en concordancia con determinados procesos químicos y biológicos propios del lagunaje, que influyen sobre el pH, las condiciones reductoras, la materia orgánica y los iones orgánicos, podrían favorecer la retención de metales pesados potencialmente tóxicos en el sedimento. La laguna profunda podría actuar como una gran trampa de sedimento en los procesos de asociación con la materia particulada por adsorción, precipitación, coprecipitación o asimilación por la biota, favorecerían la retirada de determinados elementos tóxicos de las aguas efluentes. (Arauzo, 2 000).

I. Estructuras de salida de lagunas facultativas

Considerando que el objetivo de las lagunas de maduración, además de la remoción de la carga orgánica, es el control y eliminación de microorganismos dañinos al hombre, se ha diseñado para la laguna de maduración dos estructuras de salida que estarán 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 será de 0,5 m. y el largo de 2,0 m. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

J. Recolección y disposición final

Los efluentes de las lagunas de maduración serán recolectados por medio de una tubería de 300 mm de diámetro, el cual descarga al Río Grande que fluye por las proximidades de la ciudad de Celendín. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

K. Borde Libre

El borde libre viene a ser la medida de seguridad de las lagunas en general contra cualquier efecto de rebalse de las aguas depositadas en ella por efecto del oleaje producido por acción del viento y/o sismo. En el caso de la acción del viento se ha aplicado la ecuación modificada de Stevenson que considera que la altura de las olas es una función de la velocidad del viento y de la longitud máxima de la flecha de agua y en el caso de sismo, se ha tenido en cuenta lo establecido por el Reglamento Nacional de Edificaciones NT E.030 que considera al Departamento de Cajamarca como Zona 3, con un coeficiente sísmico de 0,4 g. De este modo, el borde libre por la acción combinada de la acción del viento y el sismo ha sido definido como una vez y medio el valor calculado como una medida de seguridad. El cálculo por acción del viento ha dado como resultado una altura de rizo de 0,14 m. y por sismos de 0,22 m. haciendo un total de 0,36 m. habiéndose optado un borde libre total de 0,55 m. Estos valores fueron determinados para una velocidad de viento de 10 m/s. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

L. Lecho de secado

En el lugar existe un lecho de secado de lodos 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 3 000 m³. Para una aplicación de 0,40 m. cada dos meses, el área requerida es de 1 000 m², 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. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

M. Estación de bombeo de lodos

Por la ubicación altimétrica de los reactores RAFA, se hace necesario retirar los lodos mediante bombeo, para lo cual se ha diseñado una estación de bombeo equipada con dos bombas para atender ambos reactores cada 15 días. La capacidad de cada bomba será de 15 L/s y la altura dinámica total de 15 m. La cámara de bombeo tendrá una profundidad útil de 2,50 m. profundidad total 3,00 m y un diámetro de 1,50 m. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

N. Residuos y disposición final de lodos

La planta de tratamiento producirá tres tipos de desechos sólidos:

- a) Material de cribas,
- b) Material flotante de las lagunas y
- c) Lodos digeridos.

Todos estos desechos sólidos deberán ser recolectados convenientemente en la planta de tratamiento y ser dispuestos al relleno sanitario o enterrado en los alrededores de la instalación. En el caso de los lodos digeridos, en caso de existir demanda, ellos podrán ser empleados como mejoradores de los suelos agrícolas previo proceso de inactivación de microorganismos. En la Tabla 1. se presenta la cantidad de sólidos a ser descargados de cada uno de los procesos de pretratamiento y manejo de lodos. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

Tabla 1. Cantidad de residuos a ser producidos en la PTAR

REJAS	L/d			kg/d
	45	80	36	64
LODO RAFA (producción total anual)				

Húmedo/seco	3 000	m ³ /año	95	Ton/año
LODO LAGUNAS (producción total anual)				
Húmedo/seco	540	m ³ /año	54	Ton/año

O. Facilidades administrativas

Las facilidades administrativas están compuestas por un ambiente destinado a la guardianía con su respectivo servicio higiénico y un almacén para guardar las herramientas empleadas en el mantenimiento de las lagunas. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

P. Perfil hidráulico

La ubicación altimétrica de cada uno de los procesos de tratamiento depende de la pérdida de carga que se produce en los conductos abiertos y cerrados conjuntamente con los producidos por los equipos mecánicos y accesorios con que cuenta la referida planta. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

Q. Cargas orgánicas

El estudio de caracterización ha servido de base para proyectar la carga orgánica (demanda bioquímica de oxígeno- D.B.O.) que tratarán las plantas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín y en el proyecto se ha definido que la D.B.O. per cápita al año horizonte del proyecto será de 50,0 gramos por persona y por día. En la Tabla 2. se indican las cargas promedio a ser tratadas por la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín. (Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión)

Tabla 2. Carga orgánica

Año	Población Servida	Caudal promedio		Carga Orgánica (DBO)		
		hab	m ³ /d	L/s	g/hab-d	kg/d
0 2 007	12 564	1 188	13,8	45,0	565	476

1	2 008	15 322	1 303	15,1	45,2	693	532
5	2 012	16 515	1 403	16,2	46,2	763	544
10	2 017	18 077	1 535	17,8	47,4	858	558
15	2 022	19 712	1 674	19,4	48,7	960	573
20	2 027	21 417	1 820	21,1	50,0	1 071	588

Fuente: Estudio de Factibilidad – Gobierno Regional de Cajamarca

2.2.2.8 Técnicas de eliminación de metales pesados en aguas residuales

Las principales técnicas de eliminación de iones metálicos de las aguas residuales son la precipitación química, la oxidación-reducción, el intercambio iónico, los tratamientos electroquímicos, los procesos de membrana, la extracción con disolventes, la adsorción sobre carbón activado y la bioadsorción.

A. Precipitación química

La precipitación química consiste en la separación de los iones metálicos de una disolución como consecuencia de la disminución de la solubilidad de los metales con el incremento del pH. La precipitación química consiste en la formación del hidróxido metálico correspondiente mediante el ajuste del pH a través de la adición de compuestos básicos como hidróxido sódico (NaOH), hidróxido cálcico (Ca (OH)₂) o cal (CaO), y es el método más ampliamente utilizado para la eliminación de metales disueltos en el agua residual. En la mayoría de los casos, el hidróxido cálcico es el reactivo más eficaz porque da lugar a la formación de precipitados muy estables y posee capacidad para desestabilizar coloides. A su vez, juega un papel importante como adsorbente, ya que incluso a valores de pH elevados están presentes partículas sólidas de hidróxido cálcico con capacidad para retener iones adsorbidos.

La relación entre la solubilidad del metal y el pH de la disolución depende del tipo de metal que se considere. Existe un pH de mínima solubilidad que es diferente para cada metal, y que no se encuentra necesariamente en el intervalo 6,5 – 9,5, especificado como estándar para las corrientes residuales descargadas, lo que implica que el ajuste de pH a un valor alrededor de 8,5

puede no producir resultados satisfactorios en la depuración. Por ejemplo, el Ni requiere al menos un pH de 10 para su precipitación, mientras que el valor de solubilidad mínima para el Zn se da a valores de pH no superiores a 10 (Eilbeck y Mattochk, 1 987).

La precipitación química es un método de relativa facilidad de aplicación, ya que no requiere un equipo sofisticado ni personal cualificado, pero las interferencias anteriormente mencionadas, junto con las dificultades para controlar el proceso, ocasionan con frecuencia la aparición de concentraciones residuales de metales tras el tratamiento por encima de los valores requeridos para el vertido. Además, tiene la problemática añadida de la necesidad de gestión del fango con elevadas concentraciones de metales que se genera tras el tratamiento. (Eilbeck y Mattock, 1 987).

B. Procesos de oxidación-reducción

Los procesos de oxidación-reducción consisten en la adición de un compuesto que actúa como agente oxidante o reductor, produciéndose una transformación como consecuencia de la transferencia electrónica entre el compuesto añadido y los compuestos presentes en el agua residual.

Uno de los procesos que más se emplean en el tratamiento de efluentes con metales pesados es la reducción del cromo hexavalente, Cr (VI), a cromo trivalente, Cr (III), como paso previo a su precipitación. Esta reacción se lleva a cabo mediante la adición de agentes reductores como el dióxido de azufre (SO₂) y sus sales, el bisulfito sódico (NaHSO₃) o el ión ferroso (Fe (II)). Son reacciones fuertemente dependientes del pH, de manera que el intervalo de trabajo depende del reactivo utilizado. Por ejemplo, la reducción de Cr (VI) a Cr (III) utilizando SO₂ o algunas de sus sales se lleva a cabo en el intervalo de pH 2 a 3, mientras que si se utiliza NaHSO₃ el pH de trabajo debe ser básico (pH > 7). (Eilbeck y Mattock, 1987).

C. Intercambio iónico

El intercambio iónico es un proceso por el cual los iones presentes en un material de intercambio son reemplazados por iones de una especie diferente que se encuentran en la disolución. El material de intercambio se conoce con el

nombre de resina de intercambio iónico y la forma más habitual de operación es con la resina en forma de columna empaquetada.

Las resinas de intercambio iónico pueden estar compuestas por una gran variedad de materiales en función de los iones que se desee eliminar de la disolución. En el caso concreto de los metales pesados, suelen usarse resinas catiónicas con una matriz de poliestireno cargada con grupos funcionales complejantes. Su regeneración suele llevarse a cabo utilizando ácidos minerales.

El intercambio iónico permite eliminar metales presentes en elevada concentración en efluentes de empresas de diversos sectores industriales como el de mecanizado y preparación de metales.

Esta tecnología presenta como principal ventaja que puede ser muy específica si se selecciona adecuadamente la resina. No obstante, a efectos prácticos es difícil aprovechar esta ventaja por la elevada variabilidad en la composición de los efluentes industriales, como suele ocurrir en las industrias del sector de tratamiento de superficies metálicas. Además, es una tecnología que presenta un coste elevado tanto por el coste de adquisición de las resinas como por el de su regeneración. Por otro lado, tras la regeneración de las resinas se genera un efluente con concentraciones elevadas de metales, que debe gestionarse adecuadamente como residuo peligroso de no ser posible la recuperación de metales. (Eilbeck y Mattock, 1 987).

D. Tratamientos electroquímicos

Los tratamientos electroquímicos son reacciones de oxidación - reducción inducidas por la aplicación de energía eléctrica externa entre dos electrodos que se encuentran inmersos en una disolución conductora. La aplicación más conocida de esta tecnología es la reducción catódica de los iones metálicos de una disolución para la deposición del metal. Frente a la precipitación química, presenta la ventaja de la obtención del metal con unas mejores características para su reutilización. Sin embargo, si existen varios metales en la disolución, situación bastante frecuente, aparecen muchas dificultades para la obtención de un producto metálico aprovechable. Tampoco resulta una técnica adecuada cuando la concentración de metal es reducida, normalmente inferior a 10 mg

dm⁻³, debido a la disminución de la eficacia de la operación (Eilbeck y Mattochk, 1 987)

E. Procesos de membrana

Los procesos de depuración por membranas consisten en una separación física de los solutos presentes en el agua residual al pasar a través de una membrana selectiva a cierto tipo de iones. Los procesos de membrana se dividen en microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa, diálisis y electrodiálisis. Se diferencian entre sí por el material constituyente de la membrana, la naturaleza de la fuerza impulsora, el mecanismo de separación y el tamaño de poro de la membrana. Las aplicaciones de este tipo de tecnología son muy diversas y evolucionan en la medida en que mejora el diseño de las membranas y los materiales utilizados en su fabricación. Concretamente, para la eliminación de metales pesados se emplean la ultrafiltración, la nanofiltración y la ósmosis inversa.

Las membranas de ultrafiltración son permeables al solvente, generalmente agua, y a los compuestos de bajo peso molecular, mientras que las moléculas de tamaño superior al tamaño de poro de la membrana quedan retenidas en ésta. Las membranas de ultrafiltración retienen partículas con un tamaño comprendido entre 0,005 µm. y 0,2 µm.

(Tchobanoglous y col., 2 003).

Retienen solutos con peso molecular comprendido en el rango 300 – 500,000. Los materiales de las membranas más habituales son el acetato de celulosa, las poliamidas y las polisulfonas. Las presiones suelen estar comprendidas en el rango 1 a 1 000 psi (Seader y Henley, 2 006).

Los mecanismos de separación en la nanofiltración incluyen tanto efectos estéricos como eléctricos, ya que las membranas de nanofiltración se caracterizan por el pequeño tamaño de poro y por su carga superficial. (Kurniawan y col. 2 006).

Mientras en la ultrafiltración la separación se produce fundamentalmente por efecto tamiz, en la nanofiltración y en la ósmosis inversa los solutos de menor

tamaño pueden quedar retenidos en la capa de agua adsorbida sobre la superficie de la membrana. El tamaño de las partículas que son retenidas por nanofiltración se encuentra en el rango 0,001 μm . – 0,01 μm .

En los procesos de ósmosis inversa, se aplica una presión hidrostática superior a la presión osmótica de la corriente alimentada, de manera que los compuestos son retenidos por la membrana y el agua pasa a través de ésta. Se utiliza una membrana densa, normalmente de acetato de celulosa o de poliamidas aromáticas, cuyo espesor debe ser relativamente elevado para soportar las elevadas presiones a las que es sometida. El tamaño de las partículas retenidas se encuentra entre 0,001 μm . y 0,0001 μm y las presiones de trabajo entre 100 psi y 1 000 psi (Seader y Henley, 2 006).

F. Extracción con disolventes

El tratamiento con disolventes para la eliminación de metales pesados consiste en la extracción del metal por contacto del efluente contaminado con un disolvente orgánico, seguido de una separación de la fase orgánica del efluente descontaminado. Una vez alcanzada la separación de fases, el disolvente orgánico cargado de metal pesado se pone en contacto con una corriente acuosa para recuperar el metal y permitir la reutilización del disolvente. Esta técnica es utilizada para la recuperación del metal cuando su concentración en la corriente residual es elevada.

La extracción de cationes se lleva a cabo generalmente por formación de complejos con agentes complejantes ácidos presentes en el disolvente orgánico, mientras que la extracción de aniones se realiza mediante la formación de enlaces iónicos con compuestos alquilamínicos de cadena larga o compuestos de amonio cuaternario presentes en el disolvente orgánico. Silva y col. (2 005) utilizaron esta técnica para recuperar parte de los metales pesados presentes en un fango industrial. Para ello, separaron los metales del fango utilizando una disolución ácida que posteriormente fue sometida al procedimiento de extracción con disolventes, en el que se utilizó ácido fosfórico disuelto en keroseno como disolución de extracción.

Los mayores inconvenientes de esta tecnología son el elevado coste por el gran consumo de disolvente y la contaminación cruzada de la corriente acuosa con el disolvente orgánico.

G. Adsorción sobre carbón activado

La adsorción es un proceso en el que átomos, iones o moléculas son retenidas en la superficie de un material. Consiste en un proceso de separación de un soluto presente en una fase líquida o gas que se concentra sobre la superficie de otra fase generalmente sólida. Se considera un fenómeno superficial. Se denomina adsorbato al soluto y adsorbente a la fase sobre la cual se acumula. Si bien el carbón activado presenta un elevado potencial para la adsorción de compuestos orgánicos y algunos inorgánicos, su aplicación al tratamiento de aguas residuales no está muy extendida, y sus usos en este campo suelen ser como tratamiento de afino de una corriente que ha sido previamente tratada en otro proceso, para eliminar parte de la materia orgánica disuelta que permanece tras el tratamiento. Se usa principalmente para eliminar compuestos orgánicos refractarios, así como compuestos inorgánicos residuales como el nitrógeno, sulfuros y metales pesados (Tchobanoglous y col., 2 003).

H. Bioadsorción

La bioadsorción es un proceso por el cual ciertos tipos de materiales de origen natural retienen y concentran en su superficie sustancias y compuestos de diversa naturaleza química presentes en disoluciones acuosas. La aplicación de esta tecnología se ha estudiado ampliamente para la contaminación por metales pesados (Schiewer y Volesky, 1 995; Gabaldón y col., 2 000; Palma y col., 2 003; Vilar y col., 2 008).

En los últimos años se ha producido un incremento importante en el número de publicaciones que estudian la bioadsorción de tintes que forman parte de la carga contaminante de los efluentes de la industria textil.

(Ncibi y col., 2 008; Chen y Chen, 2 009; Wu y col., 2 009).

El término bioadsorción hace referencia a un tipo específico de adsorción.

En el proceso participan una fase sólida, el bioadsorbente, y una fase líquida, el solvente, que contiene las especies disueltas que conviene separar de la disolución (adsorbatos). Como consecuencia de la elevada afinidad entre el bioadsorbente y el adsorbato, éste es atraído y retenido sobre el bioadsorbente por una serie de procesos complejos que incluyen la quimisorción, la complejación, la adsorción en superficie y en los poros, el intercambio iónico, la quelación y la adsorción de naturaleza física (Ncibi y col., 2 008; Chen y Chen, 2009; Wu y col., 2 009).

2.2.2.9 Toxicidad y acumulación de los metales pesados

En el medioambiente de la superficie terrestre, que está constituida de una mezcla de rocas, tierra, agua, aire y organismos vivos, los metales y metaloides sufren procesos dinámicos biogeoquímicos, estos procesos afectan a la forma atómica del metal y, por tanto, a su solubilidad, movilidad, biodisponibilidad y toxicidad (Griet Eeckhout, 2 006).

Los metales, en cantidades mínimas o trazas, pueden ejercer efectos positivos o negativos sobre los seres vivos. Las pequeñas variaciones de sus concentraciones, tanto disminuciones como incrementos, pueden producir efectos nocivos, a veces graves, crónicos e incluso letales sobre los seres vivos. Ya sea de forma natural o como consecuencia de la actividad humana, estos metales pesados se encuentren actualmente en el medio ambiente de forma accesible (Wittmann, 1 981).

A. Factores abióticos, clasificados a su vez en dos subgrupos:

a) Factores inherentes al metal

Entre los que se encuentran la naturaleza del metal, su abundancia de disponibilidad en el medio, su estado molecular específico y su tiempo de permanencia en el sistema.

La toxicidad depende en primer lugar de la propia naturaleza del metal y de su disponibilidad en el ambiente.

(Melénez Pizarro y Camacho Dávila, 2 009).

Al estar sometidos a diferentes condiciones ambientales, los metales pesados pueden mostrar diversas configuraciones moleculares. Sus diferentes especies moleculares o especies químicas pueden suponer distintos grados de bioasimilación o toxicidad (Rovira, 1 993).

También influye sobre la toxicidad del metal el tiempo de residencia en el sistema, que puede llegar a ser de muchos años si las condiciones y la estabilidad del medio acuático así lo permiten (Usero et al., 1 997).

b) Factores fisicoquímicos ambientales

Principalmente pH, potencial redox, cantidad de materia orgánica, temperatura, contenido de oxígeno entre otros. Todos los factores inherentes al metal son modificables por factores fisicoquímicos ambientales.

(Wood, 1 989; Rovira, 1 993; Martínez Rodríguez, 2 002).

El efecto combinado de los factores tiene gran influencia sobre el grado de toxicidad y sobre la incorporación de los metales pesados por la biota acuática (Prosi, 1 981; Cifuentes et al., 2 004).

Se describe a continuación la influencia de algunos parámetros: el pH afecta a la especiación química y a la movilidad de muchos metales pesados, y los cambios de pH influyen fuertemente en la toxicidad.

(Wood, 1 989, Echarri, 1 998; Martínez Rodríguez, 2 002).

La materia orgánica, tanto soluble como particulada, altera la distribución de los metales pesados; se produce por regla una disminución de los niveles disueltos y un aumento de la concentración de metales en la forma coloidal y en suspensión, así como en los sedimentos. Los exudados orgánicos de ciertos organismos, los quelantes naturales como succinato, citrato y aspartato, y los ácidos húmicos y fúlvicos son algunas de las sustancias orgánicas capaces de retener metales, aunque sea de forma temporal. (Arce García, 2 000).

La materia orgánica puede adsorber tan fuertemente a algunos metales, como el Cu, que pueden quedar en posición no disponible por las plantas. Por ello algunas plantas de suelos orgánicos presentan carencia de ciertos elementos como el Cu (Arce García, 2 000).

La toxicidad de los metales pesados se potencia en gran medida por su fuerte tendencia a formar complejos organometálicos, lo que facilita su solubilidad,

disponibilidad y dispersión. La estabilidad de muchos de estos complejos frente a la degradación por los organismos del suelo es una causa muy importante de la persistencia de la toxicidad.

(Arce García, 2 000).

c) Factores bióticos

El comportamiento de los metales no depende solo de parámetros fisicoquímicos, si no que se vea afectado por factores biológicos que interviene en la solubilización e insolubilización de elementos inorgánicos, alteración de minerales y formación de depósitos (Dekov et al., 1 997; Garban et al., 1 996, Martínez Rodríguez, 2 002).

La toxicidad de los metales pesados en los sistemas acuáticos está condicionada de forma importante a su vez por: a) El grado de bioasimilación y por los mecanismos de defensa que esgriman los organismos frente a los metales, y, b) La acción que la propia biota pueda ejercer sobre su especiación química.

(Viarengo, 1 985; Vega y Reynaga, 1 990; Calmano et al., 1 993).

La actividad metabólica de los microorganismos juega un papel importante en la movilidad de los elementos tóxicos en el medio ambiente

(Wood, 1 989; Albert, 1 990).

Debido a la acción de algunas cepas bacterianas (mecanismos de descodificación) o a la de algunos organismos bentónicos detritívoros, pueden aparecer en el medio, especies metálicas más o menos móviles, tóxicas e inasimilables para la biota de niveles tróficos superiores que las preexistentes (Romero et al., 2 000).

B. Efectos de los metales pesados

a) Efectos tóxicos de los metales pesados

Entre los metales que tienen más probabilidades de causar problemas figuran el cobre (Cu), el cadmio (Cd), el mercurio (Hg), el manganeso (Mg), el cobalto (Co) y el níquel (Ni). Se consideran tóxicos si resulta perjudicial para el crecimiento o el metabolismo de las células al exceder cierta concentración, algunos de ellos constituyen venenos graves incluso a concentraciones muy bajas (Vega y Reynaga, 1 990).

La toxicidad de estos metales pesados es proporcional a la facilidad de ser absorbidos por los seres vivos, un metal disuelto en forma iónica puede absorberse más fácilmente que estando en forma elemental, y si esta se halla reducida finamente aumenta las posibilidades de su oxidación y retención por los diversos órganos (Rosas Rodríguez, 2 001).

La toxicidad de un metal depende de su vía de administración y del compuesto químico al que está ligado. La combinación de un metal con un compuesto orgánico puede aumentar o disminuir sus efectos tóxicos sobre las células. La toxicidad es el resultado de:

- Cuando el organismo se ve sometido a una concentración excesiva del metal durante un periodo prolongado.
- Cuando el metal se presenta en forma bioquímica inusitada.
- Cuando el organismo lo absorbe por una vía inusitada. También tienen gran influencia otras variables, como la presencia de otras sustancias, la edad, la nutrición o el embarazo (Vega y Reynaga, 1 990)

Los efectos tóxicos de los metales pesados no se detectan fácilmente a corto plazo, aunque sí puede haber una incidencia muy importante a medio y largo plazo. Los metales son difíciles de eliminar del medio, puesto que los propios organismos los incorporan a sus tejidos y de éstos a sus depredadores, en los que se acaban manifestando.

(Vega y Reynaga, 1990; Garban, 1996; Rosas Rodríguez, 2 001).

b) Efectos en el ambiente

La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables. Una vez emitidos, pueden permanecer en el

ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación (Arce García, 2 000). Dicho fenómeno se da con los metales mercurio y aluminio, en mamíferos consumidores de pescado y en pájaros insectívoros respectivamente (Vega y Reynaga, 1 990).

Se sabe muy poco sobre los efectos de los metales en los ecosistemas. En los lugares en que aguas de drenaje de minas fluyen en cursos de agua dulce se producen con frecuencia efectos ecológicos evidentes como, por ejemplo, una gran reducción de la fauna invertebrada y la ausencia de peces (Vega y Reynaga, 1 990).

Los metales disueltos en el medio acuoso son fácilmente absorbidos por la biota acuática; es decir, tienen una alta biodisponibilidad en este medio (capacidad de interacción de un contaminante en el sistema biológico). Los metales que se bioconcentran (concentración del contaminante en los tejidos de la biota con la concentración de ese mismo contaminante en el medio) en las algas marinas son el aluminio (Al), cobre (Cu), mercurio (Hg), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn). En la biota acuática se acumulan principalmente el cadmio (Cd) y el mercurio (Hg); el manganeso (Mn) en el esqueleto de los peces. Esta acumulación depende de la acidez del medio acuoso y de la disminución de la concentración acuática del calcio. De los metales, el más tóxico para los peces es el aluminio. De la concentración total del metal, sólo ciertas formas químicas son tóxicas para los organismos (Vega y Reynaga, 1 990).

Una vez alcanzadas concentraciones tóxicas, puede necesitarse mucho tiempo para reducirlas a niveles no tóxicos. Ningún contaminante actúa en forma aislada sobre un receptor. La capacidad de absorción de metales por las plantas varía con la acidez, el contenido orgánico y otras características del suelo (Vega y Reynaga, 1 990).

c) Efectos en la salud humana

En la Tabla 3. Se describen los posibles efectos a la salud que producen los metales.

Tabla 3. Efectos a la salud humana

Metales	Posibles efectos sobre la salud
Elemento	
Arsénico	Lesiones en la piel; trastornos circulatorios, alto riesgo de cáncer.
Cadmio	Lesiones renales.
Cobalto	(*) La exposición a altos niveles de radiación de cobalto puede producir alteraciones en el material genético en el interior de las células, lo que puede conducir al desarrollo de ciertos tipos de cáncer.
Cromo (total)	Dermatitis alérgica.
Cobre	Exposición a corto plazo: molestias gastrointestinales. Exposición a largo plazo: lesiones hepáticas o renales.
Mercurio (inorgánico)	Lesiones renales.
Níquel	(*) Fallos respiratorios. Cáncer de pulmón, nariz y laringe. Reacciones alérgicas en la piel. Desórdenes del corazón. Embolia del pulmón.
Plomo	Bebés y niños retardo en desarrollo físico y mental; los niños podrían sufrir leve déficit de atención y de capacidad de aprendizaje. Adultos transtornos renales; hipertensión.
Estaño	(*) Irritación en piel y ojos. Dolores de estómago, anemia, y alteraciones del hígado y los riñones. Inhalar compuestos orgánicos de estaño puede interferir con el funcionamiento del sistema nervioso y el cerebro. En casos graves causa la muerte.
Zinc	(*) Pérdida de apetito, disminución de la sensibilidad, el sabor y el olor. Irritación en la piel, pequeñas llagas y erupciones cutáneas. Defectos de nacimiento.

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2000 (*): Agency for Toxic Substances & Disease Registry (ATSDR).

2.2.2.10 Formas químicas de metales en aguas residuales

A. Formas del hierro en el agua

El hierro (Fe) y el manganeso (Mn) pueden presentarse en el agua en una de las tres formas:

1. Disuelto: ferroso (Fe^{2+}) y manganeso (Mn^{2+}).
2. En partículas: Estados férrico (Fe^{3+}) y mangánico (Mn^{4+}).
3. Coloidal: Partículas muy pequeñas (difíciles de asentar y filtrar).

B. Formas del manganeso en el agua

En la muestra de agua, el manganeso puede estar en una de las tres formas:

- Disolución: Oxido de manganeso, (Mn^{+2}).
- Estado Coloidal: como turbiedad e Hidróxido. (difícil de asentar y filtrar).
- Como partículas suspendidas relativamente gruesas: Mangánico (Mn^{+4}) formas insolubles (Orgánicas e Inorgánicas), que se agrupan por atracción iónica o por diversos mecanismos de formación.

2.2.2.11 Tratamiento del agua residual

Toda agua servida o residual debe ser tratada tanto para proteger la salud pública como para preservar el medio ambiente. Antes de tratar cualquier agua servida debemos conocer su composición. Esto es lo que se llama caracterización del agua. Permite conocer qué elementos químicos y biológicos están presentes y da la información necesaria para que los ingenieros expertos en tratamiento de aguas puedan diseñar una planta apropiada al agua servida que se está produciendo.

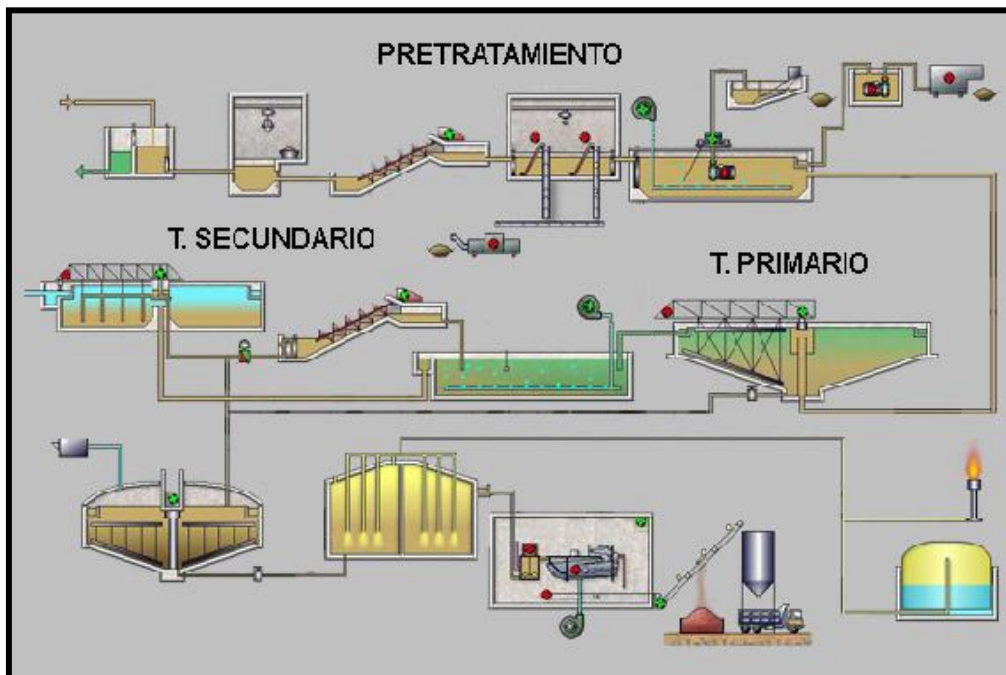


Fig. 1 Diagrama de una planta convencional de tratamiento de aguas residuales

Una planta de tratamiento de aguas servidas debe tener como propósito eliminar toda contaminación química y bacteriológica del agua que pueda ser nociva para los seres humanos, la flora y la fauna de manera que el agua sea dispuesta en el ambiente en forma segura. El proceso, además, debe ser optimizado de manera que la planta no produzca olores ofensivos hacia la comunidad en la cual está inserta. Una planta de aguas servidas bien operada debe eliminar al menos un 90 % de la materia orgánica y de los microorganismos patógenos presentes en ella.

Como se ve en este gráfico, la etapa primaria elimina el 60 % de los sólidos suspendidos y un 35 % de la DBO. La etapa secundaria, en cambio, elimina el 30 % de los sólidos suspendidos y un 55 % de la DBO.

CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica del trabajo de investigación

La investigación se llevó a cabo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, que está ubicado en el distrito de Celendín, Provincia de Celendín, Departamento de Cajamarca, y se encuentra a una altitud de 2605 msnm, con dirección al norte, con coordenadas:

Latitud: 6°50'59.19" S

Longitud: 78°08'46.05" O

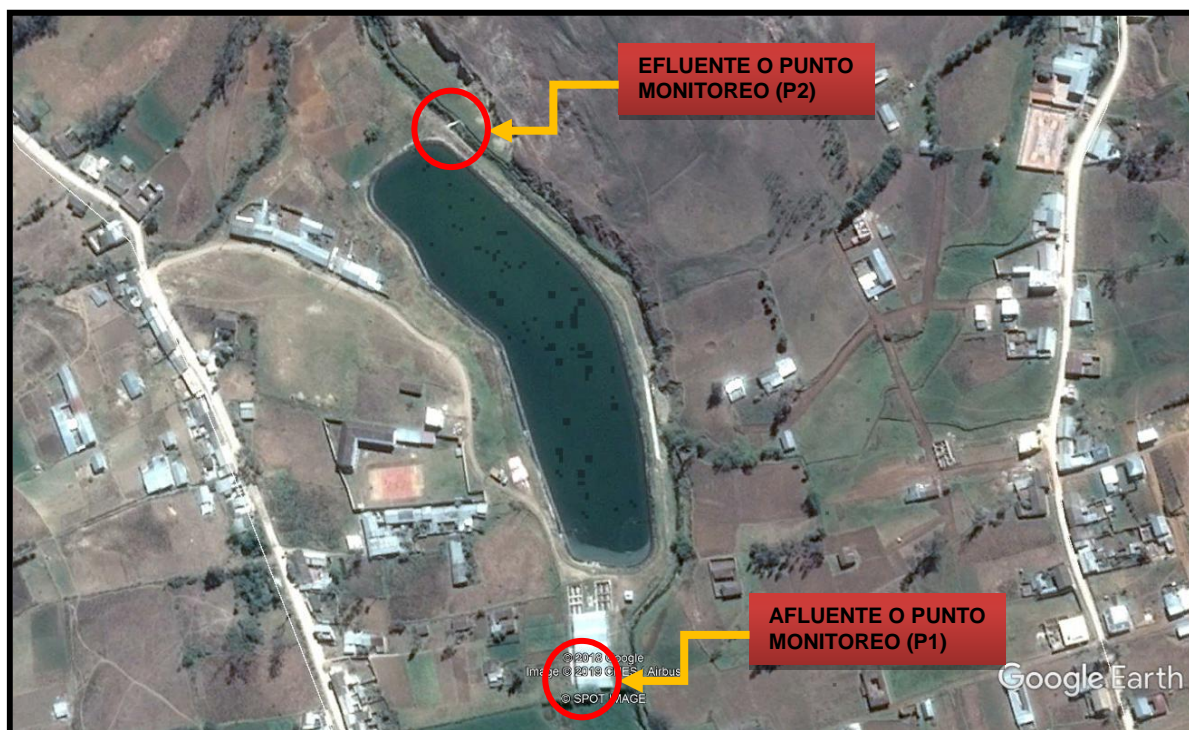


Fig. 2 Vista satelital de la planta de aguas residuales

3.2 Materiales.

3.2.1 Material de Campo

- Laptop con software para procesamiento y sistematización de datos.
- Impresora.
- GPS para identificación ubicación de la planta.
- Cámara fotográfica.
- Memorias USB.
- Frascos de plástico debidamente etiquetados.
- Cajas térmicas para muestras.
- Preservantes químicos que se emplearon en el campo para la preservación de las muestras.
- Agua destilada.
- Mascarilla descartable.
- Guantes de látex descartables.
- Fichas de registro de campo.
- Cita de embalaje.
- Cinta adhesiva.
- Papel bond A4.
- Plumón indeleble.

3.2.2 Material y equipo de laboratorio

- Equipo multiparametro marca OHM.
- Espectrofotómetro para medición de metales pesados marca Merck SQ 118.
- Vasos de precipitación de 100 mL.
- Matraces Erlenmeyer y fioles aforadas.
- Estufa y balanzas analíticas.
- Reactivos para determinar los metales pesados.
- Kit de reactivos para Al, Cd, Cu, Cr, Fe, Pb, Zn.
- Botiquín de primeros auxilios.

3.3 Metodología

3.3.1 Tipo de investigación

- Por su finalidad: Aplicada, debido a que, los resultados de la investigación permitirán recomendar los usos del agua que va a Río Grande.
- Por su grado de profundidad: Descriptiva, aunque permitirá conocer las concentraciones de metales en la PTAR.
- Por el método de investigación: No experimental considerando que, no se realizó manipulación deliberada de las variables; se medirán tal cómo se presentan en el medio.

3.3.1.1 Metodología general aplicada

La presente investigación aplicada se inició con la toma de muestras que se realizaron en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Celendín, para lo cual se usó el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos (ANA y MINAG 2011); dicha norma establece los puntos de monitoreo deben estar distribuidos de la siguiente manera: un punto de monitoreo en la naciente del recurso hídrico, que servirá como punto de referencia (blanco) y que además, los puntos de monitoreo deben ser ubicados aguas arriba y aguas abajo de una descarga de agua residual en este caso la descarga de agua residual, se considera a la descarga más significativa que recibe el Río Grande, en el caserío de Pallac siendo estas las aguas residuales de toda la ciudad de Celendín.

A. Punto de monitoreo

Se ubicaron dos puntos estratégicos de monitoreo, haciendo uso de la carta nacional y un equipo de GPS tal como se indica en la Fig. 2 y anexos 15 y 16, los cuales son:

En el punto afluente (P1), es el punto donde ingresa las aguas residuales a la PTAR provenientes de la ciudad y al final del proceso de la planta punto efluente (P2) donde es la descarga de las aguas tratadas al río grande.

B. Frecuencia de monitoreo

Este trabajo de investigación se realizó en un periodo de 4 meses se inició en setiembre del 2017 y finalizó en enero del 2018, todos los parámetros considerados fueron evaluados con una frecuencia de una vez por mes en las dos estaciones de monitoreo establecidas.

Para realizar los análisis de cada uno de los parámetros mencionados se tomaron 8 muestras en total. Por cada muestreo se tomaron 500 mL de muestra, las cuales fueron preservadas con los reactivos entregados por el laboratorio regional (Ácido nítrico, HNO₃).

El transporte de las muestras se realizó según el protocolo del laboratorio, cumpliendo con la cadena de custodia, hasta llegar a destino para su análisis respectivo.

Previo a los análisis, la muestra debe ser conservada en nevera a una temperatura de refrigeración de 4 °C.

Para los análisis la muestra se dejó aclimatar, es decir, lograr que la muestra se adapte a las nuevas condiciones que son pasar de una temperatura de refrigeración a la temperatura ambiente, después de haber salido de la nevera, aproximadamente 30 minutos antes de ser sometida a cada uno de los análisis que se realizarán.

3.4 Trabajo de campo

Para el trabajo de campo se tuvo en cuenta el protocolo dado por el Ministerio de Vivienda según RM-273-2013: “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR”. Que indica los métodos y procesos para tomas de muestra de agua, los preservantes a usar, el tipo de frasco para las muestras el etiquetado y la cadena de custodia, con la finalidad de obtener resultados confiables.

Tabla 4. Localización de puntos de muestreo.

Punto monitoreo	Coordenadas UTM	Código muestra	Altitud (m.s.n.m.)	Mes (2017-2018)	# Muestra	Localización
P1	N: 9241913	Punto monitoreo 1	2605	Setiembre	1	Afluente PTAR-Celendín
		Punto monitoreo 01A	2605	Noviembre	1	Afluente PTAR-Celendín
	E: 815427	Punto monitoreo 01B	2605	Diciembre	1	Afluente PTAR-Celendín
		Punto monitoreo 01C	2605	Enero	1	Afluente PTAR-Celendín
P2	N: 9242270	Punto monitoreo 2	2603	Setiembre	1	Efluente PTAR-Celendín
		Punto monitoreo 02A	2603	Noviembre	1	Efluente PTAR-Celendín
	E: 815350	Punto monitoreo 02B	2603	Diciembre	1	Efluente PTAR-Celendín
		Punto monitoreo 02C	2603	Enero	1	Efluente PTAR-Celendín

Elaboración propia.

3.5 Trabajo de Laboratorio

El trabajo de laboratorio para la determinación de la concentración y niveles de cada uno de los parámetros de la presente investigación se realizaron utilizando el método EPA 200.7. Rev 4.4.1994. (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. para los Metales Totales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Ce, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Tl, Sn, Ti, V, Zn); de los cuales los más representativos en los dos puntos de monitoreo fueron el Al, Fe, Mn y Ba, por presentar una concentración mayor en comparación con los demás metales.

Tabla 5. Laboratorio Regional del Agua.

Parámetro	Frasco (P)	Preservante	Laboratorio
Metales totales	500 m/L	20 gotas de HNO ₃	Laboratorio Regional del Agua

(P): Plástico

CAPITULO IV

RESULTADO, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio Regional del Agua Cajamarca, con el método de ensayo utilizado: 200.7 de la EPA. Rev 4.4.1994. (Validado) de 2017. Determinación de metales y elementos traza en agua y desechos por plasma inductivamente acoplado a la espectrometría de emisión atómica.

Los resultados obtenidos son:

4.1 Aluminio

Tabla 6. Promedios mensuales de concentración de aluminio comparados con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador

Determinación de la concentración de aluminio (meses 2017 - 2018)							
Punto de monitoreo	Lugar	Coordenadas UTM	Hora de muestreo	Fecha	LMP Al(mg/L)	Al (mg/L)	Prom.
P1	Pallac	N: 9241913	12:18	21/09/2017	5,00	0,9370	1,1765
			10:32	26/10/2017	5,00	0,6420	
		E: 815427	13:40	12/12/2017	5,00	0,4290	
			13:17	04/01/2018	5,00	2,6980	
P2	Pallac	N: 9242270	12:43	21/09/2017	5,00	0,0630	0,1740
			10:47	26/10/2017	5,00	0,0690	
		E: 815350	13:55	12/12/2017	5,00	0,0920	
			13:30	04/01/2018	5,00	0,4720	

Elaboración propia.

Los valores de concentración, en los puntos establecidos para el parámetro aluminio (Al); comparada con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador, se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles (5,00 mg/L). (Ver anexo N° 14).

Según los datos obtenidos en el monitoreo como valores promedios mensuales tenemos 1,1765 mg/L en el punto afluente y 0,1740 mg/L en el punto efluente haciendo una diferencia de 1,0025 mg/L.

Siendo los valores más altos de concentración de aluminio en los meses de setiembre del 2017 y enero del 2018, (0,9370 mg/L y 2,6980 mg/L) correspondientes al punto de monitoreo P1. Esto se debe al incremento de la precipitación pluvial que lava los sedimentos de los suelos de la parte alta de la ciudad de Celendín, durante el mes de diciembre del 2017 y enero del 2018. (Ver anexo 13). El aluminio es un componente natural de las aguas superficiales y subterráneas (Orozco et al, 2003), considerado como el elemento metálico más abundante y constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre (Seoánez, 1999)

En el caso de las concentraciones mínimas de aluminio (0,0630 mg/L y 0,0690 mg/L), se obtienen en el mes de setiembre y noviembre del 2017, correspondiente al punto de monitoreo P2. Cuando estos minerales se disuelven, según las condiciones químicas, es posible precipitar el aluminio en forma de arcillas minerales, hidróxidos de aluminio o ambos, en esas condiciones se forman las bauxitas que sirven de materia prima fundamental en la producción de aluminio (Custodio, 2001)

4.2 Hierro

Tabla 7. Promedios mensuales de concentración de hierro comparados con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador

Determinación de la concentración de hierro (meses 2017 - 2018)							
Punto de monitoreo	Lugar	Coordenadas UTM	Hora de muestreo	Fecha	LMP Fe(mg/L)	Fe (mg/L)	Prom.
P1	Pallac	N: 9241913	12:18	21/09/2017	10,00	0,6110	0,9258
			10:32	26/10/2017	10,00	0,6340	
		E: 815427	13:40	12/12/2017	10,00	0,6320	
			13:17	04/01/2018	10,00	1,8260	
P2	Pallac	N: 9242270	12:43	21/09/2017	10,00	0,2440	0,3003
			10:47	26/10/2017	10,00	0,1640	
		E: 815350	13:55	12/12/2017	10,00	0,2330	
			13:30	04/01/2018	10,00	0,5600	

Elaboración Propia.

Los Límites Máximos Permisibles consideran para el parámetro hierro, el valor de 10,00 mg/L comparada con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador, se encuentra dentro de los LMP.

Según los datos obtenidos en el monitoreo como valores promedios mensuales tenemos 0,9258 mg/L en el punto afluente P1 y 0,3003 mg/L en el punto efluente P2 haciendo una diferencia de 0,6255 mg/L.

Siendo los valores más altos de concentración de hierro en los meses de noviembre del 2017 y enero del 2018, (0,6340 mg/L y 1,8260 mg/L) correspondientes al punto de monitoreo P1. Esto podría deberse al incremento de la precipitación pluvial durante los meses de octubre y diciembre del 2017. (Ver anexo 13). Perales (2008) en su tesis titulada “Evaluación de la calidad del agua en la Cuenca del Río Grande de la Provincia de Celendín”. Indica que los mayores niveles de fierro total se presentan durante la época de lluvias (marzo-abril y diciembre) y que se deba probablemente al lavado de suelos ferrosos en la parte baja de la cuenca (Llanguat).

En el caso de las concentraciones mínimas de hierro (0,1640 mg/L y 0,2330 mg/L), se obtienen en el mes de noviembre y diciembre del 2017, correspondiente al punto P2.

Su presencia puede deberse, a que el hierro presenta una distribución abundante en la corteza terrestre, además de estar presente en concentraciones pequeñas entre 0,5 mg/L a 50 mg/L en aguas dulces naturales (OMS, 2006).

Los valores de promedios de hierro; refleja la tendencia a ir decreciendo del punto afluente al punto efluente.

Las aguas subterráneas tienen mayores concentraciones de hierro ya que la materia orgánica del suelo absorbe el oxígeno disuelto del agua, normalmente las aguas con gran carga orgánica suelen tener más hierro produciéndose así asociaciones y complejos entre ellos cuya eliminación y potabilización puede ser problemática (Valencia, 2016)

4.3 Manganeso

Tabla 8. Promedios mensuales de concentración de manganeso comparados con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador

Determinación de la concentración de manganeso (meses 2017 - 2018)							
Punto de monitoreo	Lugar	Coordenadas UTM	Hora de muestreo	Fecha	LMP Mn(mg/L)	Mn (mg/L)	Prom.
P1	Pallac	N: 9241913	12:18	21/09/2017	2,00	0,0330	0,07975
			10:32	26/10/2017	2,00	0,0950	
		E: 815427	13:40	12/12/2017	2,00	0,0960	
			13:17	04/01/2018	2,00	0,0950	
P2	Pallac	N: 9242270	12:43	21/09/2017	2,00	0,0450	0,08150
			10:47	26/10/2017	2,00	0,0820	
		E: 815350	13:55	12/12/2017	2,00	0,0830	
			13:30	04/01/2018	2,00	0,1160	

Elaboración propia.

Los valores de concentración, en los puntos establecidos para el parámetro manganeso (Mn); comparada con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador, se encuentra dentro de los LMP (2,00 mg/L). (Ver anexo N° 14).

Según los datos obtenidos en el monitoreo como valores promedios mensuales tenemos 0,07975 mg/L en el punto afluente P1 y 0,08150 mg/L en el punto efluente P2 haciendo una diferencia de 0,00175 mg/L.

Siendo el valor más alto de concentración de manganeso el mes de enero del 2018 (0,1160 mg/L) correspondientes al punto de monitoreo P2. Esto se debe al estado coloidal: como turbiedad e hidróxido. (Difícil de asentar y filtrar).

En el caso de las concentraciones mínimas de manganeso (0,0330 mg/L), se obtienen en el mes de setiembre del 2017, correspondiente al punto de monitoreo P1.

Los valores de promedios de manganeso; refleja la tendencia tener un aumento relativo del punto emisor al punto receptor debido a su peso ligero.

4.4 Bario

Tabla 9. Promedios mensuales de concentración de bario comparados con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador

Determinación de la concentración de bario (meses 2017 - 2018)							
Punto de monitoreo	Lugar	Coordenadas UTM	Hora de muestreo	Fecha	LMP Ba(mg/L)	Ba (mg/L)	Prom.
P1	Pallac	N: 9241913	12:18	21/09/2017	2,00	0,03800	0,04400
			10:32	26/10/2017	2,00	0,06300	
		E: 815427	13:40	12/12/2017	2,00	0,02400	
			13:17	04/01/2018	2,00	0,05100	
P2	Pallac	N: 9242270	12:43	21/09/2017	2,00	0,02100	0,01800
			10:47	26/10/2017	2,00	0,01700	
		E: 815350	13:55	12/12/2017	2,00	0,01000	
			13:30	04/01/2018	2,00	0,02400	

Elaboración propia.

Los valores de concentración, en los puntos establecidos para el parámetro bario (Ba); comparada con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador, se encuentra dentro de los LMP (2,00 mg/L). (Ver anexo N° 14).

Según los datos obtenidos en el monitoreo como valores promedios mensuales tenemos 0,0440 mg/L en el punto afluente P1 y 0,0180 mg/L en el punto efluente P2 haciendo una diferencia de 0,026 mg/L.

Siendo el valor más alto de concentración de bario entre los meses de noviembre del 2017 y enero del 2018 (0,0630 mg/L y 0,0510 mg/L) correspondientes al punto de monitoreo P1. En el caso de las concentraciones mínimas de bario (0,0330 mg/L), se obtienen en los meses de noviembre y diciembre del 2017, correspondiente al punto de monitoreo P2. Los valores de promedios de bario; refleja la tendencia a ir decreciendo del punto emisor al punto receptor. Cuando un metal pesado llega a un sistema acuático, parte se

asociará con ligamentos disueltos de carácter tanto orgánico como inorgánico, mientras que otra fracción se asociará con materia particulada por adsorción, precipitación, coprecipitación o asimilación por la biota (Tessier y Campbell, 1987).

4.5 Eficiencia de la PTAR de Celendín

Tabla 10. Promedio de la concentración de los parámetros en estudio

Parámetro	Punto de monitoreo	Promedio
Al (mg/L)	P1	1,1765
	P2	0,1740
Fe (mg/L)	P1	0,9258
	P2	0,3003
Mn (mg/L)	P1	0,0798
	P2	0,0815
Ba (mg/L)	P1	0,0440
	P2	0,0180

Elaboración propia.

Luego de haber calculado la concentración de los parámetros analizados, y comparados con la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador, se encuentra dentro de los LMP para vertidos a cuerpos de agua, con los resultados obtenidos, se pudo calcular, de forma cuantitativa, la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín.

$$E = \left(\frac{S_a - S_e}{S_a} \right) \times 100$$

Dónde:

- **E:** eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes [%]
- **S_a:** concentración en el afluente en mg/L (Al, Fe, Mn, Ba)
- **S_e:** concentración en el efluente en mg/L (Al, Fe, Mn, Ba)

A continuación, se calculó la eficiencia en la remoción de Al, Fe, Mn, Ba, utilizando la concentración de cada uno de ellos.

➤ **Eficiencia en la remoción de aluminio:**

- Concentración en el afluente (P 1) = 1,1765 mg/L
- Concentración en el efluente (P 2) = 0,1740 mg/L

$$E_{(Al)} = \left(\frac{1,1765 - 0,1740}{1,1765} \right) \times 100$$

$$E_{(Al)} = 85,210\%$$

➤ **Eficiencia en la remoción de hierro:**

- Concentración en el afluente (P 1) = 0,9258 mg/L
- Concentración en el efluente (P 2) = 0,3003 mg/L

$$E_{(Fe)} = \left(\frac{0,9258 - 0,3003}{0,9258} \right) \times 100$$

$$E_{(Fe)} = 67,563\%$$

➤ **Eficiencia en la remoción de manganeso:**

- Concentración en el afluente (P 1) = 0,0798 mg/L
- Concentración en el efluente (P 2) = 0,0815 mg/L

$$E_{(Mn)} = \left(\frac{0,0798 - 0,0815}{0,0798} \right) \times 100$$

$$E_{(Mn)} = - 2,130\%$$

- Este porcentaje quiere decir que con respecto al manganeso la remoción es eficiente, pero considerando que se encuentra al estado coloidal, el Mn es removido por acción del incremento del caudal en el régimen turbulento y es arrastrado al efluente aumentando su concentración en el P2.

➤ **Eficiencia en la remoción de bario:**

- Concentración en el afluente (P 1) = 0,0440 mg/L

- Concentración en el efluente (P 2) = 0,0180 mg/L

$$E_{(Ba)} = \left(\frac{0,0440 - 0,0180}{0,0440} \right) \times 100$$

$$E_{(Ba)} = 59,091\%$$

En general se tiene la eficiencia en cuanto a la remoción de Al, Fe y Ba, presentes en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11. Eficiencia de remoción en cuanto a Al, Fe y Ba.

Parámetro	% Eficiencia
Al (mg/L)	85, 210 %
Fe (mg/L)	67, 563 %
Ba (mg/L)	59, 091 %

Elaboración propia.

Tabla 12. Resumen determinación de la concentración de metales

Determinación de la concentración de metales (Al, Fe, Mn y Ba) PTAR Celendín comparados con los LMP de Ecuador.												
Punto de monitoreo	Lugar	Coordenadas UTM	Hora de muestreo	Fecha	Unidad							
					LMP Al(mg/L)	Al (mg/L)	LMP Fe(mg/L)	Fe (mg/L)	LMP Mn(mg/L)	Mn (mg/L)	LMP Ba(mg/L)	Ba (mg/L)
P1	Pallac	N: 9241913	12:18	21/09/2017	5,00	0,9370	10,00	0,6110	2,00	0,03300	2,00	0,03800
			10:32	26/10/2017	5,00	0,6420	10,00	0,6340	2,00	0,09500	2,00	0,06300
		E: 815427	13:40	12/12/2017	5,00	0,4290	10,00	0,6320	2,00	0,09600	2,00	0,02400
			13:17	04/01/2018	5,00	2,6980	10,00	1,8260	2,00	0,09500	2,00	0,05100
P2	Pallac	N: 9242270	12:43	21/09/2017	5,00	0,0630	10,00	0,2440	2,00	0,04500	2,00	0,02100
			10:47	26/10/2017	5,00	0,0690	10,00	0,1640	2,00	0,08200	2,00	0,01700
		E: 815350	13:55	12/12/2017	5,00	0,0920	10,00	0,2330	2,00	0,08300	2,00	0,01000
			13:30	04/01/2018	5,00	0,4720	10,00	0,5600	2,00	0,11600	2,00	0,02400
Prom.		P1		Al, Fe, Mn y Ba.		1,1765		0,9258		0,0798		0,0440
Prom.		P2		Al, Fe, Mn y Ba.		0,1740		0,3003		0,0815		0,0180

Determinación de la concentración de metales (Al, Fe, Mn y Ba) PTAR Celendín (Meses 2017 - 2018)

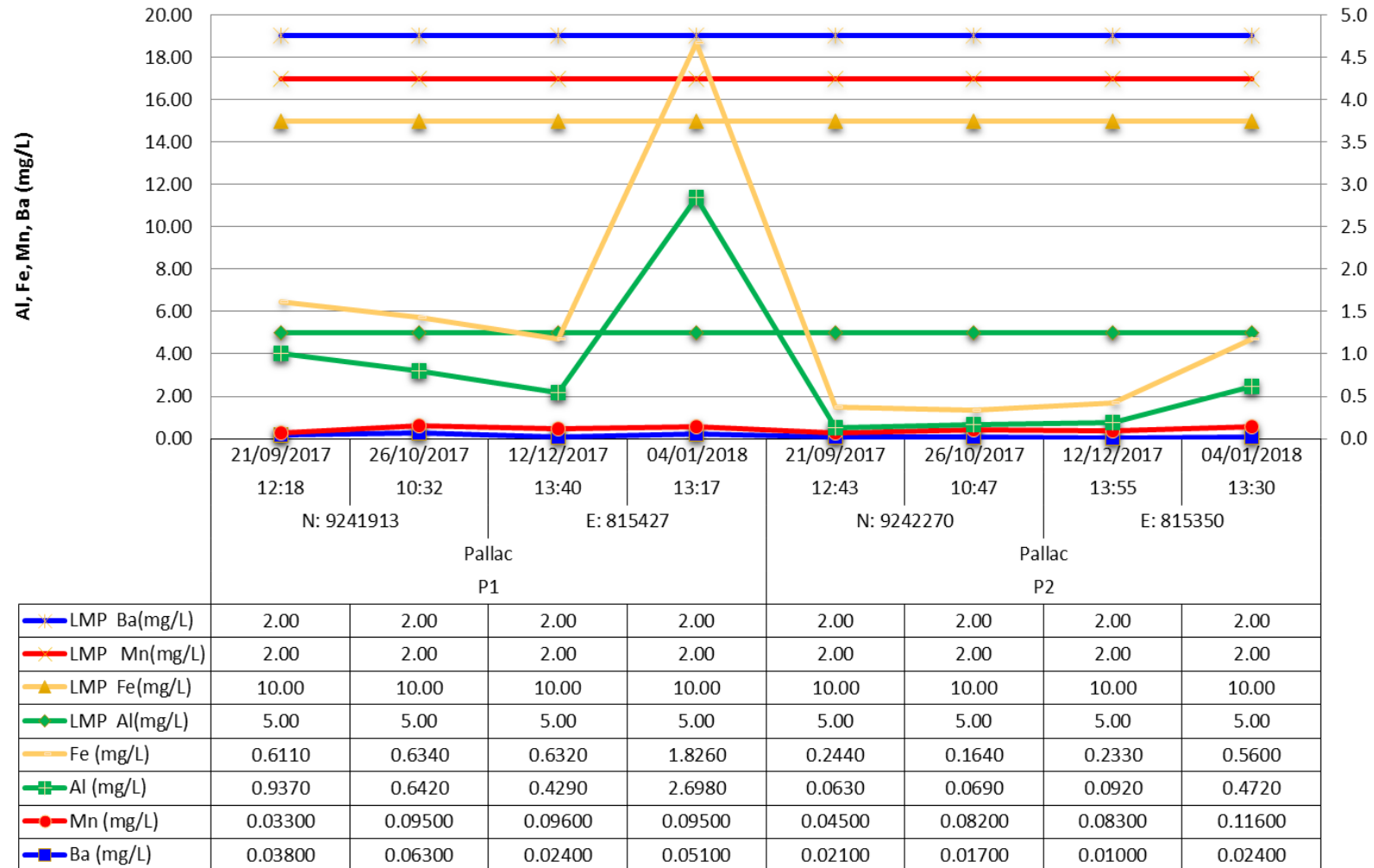


Fig. 3 Concentración de metales (Al, Fe, Mn, Ba) en la PTAR Celendín

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- Los valores de concentración para el parámetro aluminio en el afluente y efluente o punto de monitoreo: P1 (0,9370; 0,6420; 0,4290; 2,6980) mg/L y P2 (0,0630; 0,0690; 0,0920; 0,4720) mg/L.
- Los valores de concentración para el parámetro hierro en el afluente y efluente o punto de monitoreo: P1 (0,6110; 0,6340; 0,6320; 1,8260) mg/L y P2 (0,2440; 0,1640; 0,2330; 0,5600) mg/L.
- Los valores de concentración para el parámetro manganeso en el afluente y efluente o punto de monitoreo: P1 (0,0330; 0,0950; 0,0960; 0,0950) mg/L y P2 (0,0450; 0,0820; 0,0830; 0,1160) mg/L.
- Los valores de concentración para el parámetro bario en el afluente y efluente o punto de monitoreo: P1 (0,03800; 0,06300; 0,02400; 0,05100) mg/L y P2 (0,02100; 0,01700; 0,01000; 0,02400) mg/L. Estos valores encontrados de los parámetros: Al, Fe, Mn y Ba indican la efectividad de la PTAR en cuanto a metales totales, se debe a la alta carga de materia orgánica y los iones orgánicos que podrían favorecer la retención de metales pesados potencialmente tóxicos en el sedimento; resultados mostrados en el punto efluente (punto de monitoreo P2).
- Los valores más altos de concentración de aluminio se registran en los meses de setiembre del 2017 y enero del 2018, (0,9370 mg/L y 2,6980 mg/L) correspondientes al punto de monitoreo P1. esto debe al incremento de la precipitación pluvial que lava los sedimentos de los suelos de la parte alta de la ciudad de Celendín, durante el mes de diciembre del 2017 y enero del 2018. El Al es considerado como el elemento metálico más abundante y constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre.
- Los valores de concentración más altos de concentración de hierro se registran en los meses de noviembre del 2017 y enero del 2018, (0,6340 mg/L y 1,8260 mg/L) correspondientes al punto de monitoreo P1.

- El valor más alto de concentración de manganeso se encontró el mes de enero del 2018 (0,1160 mg/L) correspondientes al punto de monitoreo P2.
- El valor más alto de concentración de bario entre los meses de noviembre del 2017 y enero del 2018 (0,0630 mg/L y 0,0510 mg/L) correspondientes al punto de monitoreo P1.
- En el caso de las concentraciones mínimas de aluminio (0,0630 mg/L y 0,0690 mg/L), se obtienen en el mes de setiembre y noviembre del 2017, correspondiente al punto de monitoreo P2.
- En el caso de las concentraciones mínimas de hierro (0,1640 mg/L y 0,2330 mg/L), se obtienen en el mes de noviembre y diciembre del 2017, correspondiente al punto de monitoreo P2.
- Las concentraciones mínimas de manganeso (0,0330 mg/L), se obtienen en el mes de setiembre del 2017, correspondiente al punto de monitoreo P1. El manganeso en su estado coloidal: como turbiedad e Hidróxido. (difícil de asentar y filtrar).
- En el caso de las concentraciones mínimas de bario (0,0330 mg/L), se obtienen en los meses de noviembre y diciembre del 2017, correspondiente al punto de monitoreo P2.
- Contrastando de manera general, se pudo determinar, que las concentraciones de los parámetros medidos en el afluente y efluente en la PTAR de Celendín se encuentran dentro de la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes de la República de Ecuador. Logrando una alta eficiencia de la PTAR y un aporte ambiental significativo al curso de agua receptor como es el Río Grande de la ciudad de Celendín y a su medio biótico que lo rodea.

BIBLIOGRAFIA

Adriano D.C., (1986). Trace elements in the terrestrial environment. Springer Verlag. New York, pp 533.

Almudena, A. & Lizaso J., (2001). "Los Metales Pesados en la Alimentación", Fundación Ibérica para la Seguridad Alimentaria, Inscripción 1ª, Tomo XXX, p. 1-25.

<http://www.fundisa.org/articulos/fmetales.pdf> Accesada: Abril 2004.

APHA (American Public Health Association, US); AWWA (American Water Works Association, US); WPCF (Water Pollution Control Federation, US). 1995.

Appelo, C.A.J.; Postma, D. 1994. Geochemistry, groundwater and pollution. Rotterdam, Netherlands, Balkema. 536 p.

Arauzo. M. 2000. Biotic and abiotic features of a deep waste treatment lagoon used for agricultural irrigation. Water Environment Research 72 (2): 253-247.

Arce García O., (2000). Metales pesados presentes en el agua. Manual de prácticas. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia.

Auquilla, R.C.; Astorga, Y.; Jiménez, F. 2006. Influencia del uso del suelo en la calidad del agua en la subcuenca del río Jabonal, Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente 48: 81-92.

AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados). 2007. Manual de Calidad. Laboratorio Nacional de Aguas. Version 3. San Jose, Costa Rica, 36 pp. lica catiie

Barcelonesa. 2002. Planta de tratamiento de agua. Fibras y normas de Colombia S.A.S. Ingeniería en aguas.

Bonfiglios, G. 2010. Impresiones de una visita a la provincia de Celendín. USMP. Instituto del Perú.

Boletín de Suelos de la FAO – 68, capítulo 4, s.p. (en línea). Consultado 5 jun. 2007. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>

Catalán Lafuente, J. 1969. Química del Agua. Madrid. Editorial. Blume, Código del Medio Ambiente y Los Recursos Naturales .2002. 1 ed. Ediciones El Comen. Lima – Perú. 128 p.

Cifuentes, E. y Carvalho, C. 2002. Agua y saneamiento básico. En: Romieu, I. y López, S. (Eds). Contaminación ambiental y salud de los niños en América Latina y el Caribe. INSP. México. 2: 31-49.

Custodio, E.; Díaz, E. 2001. Sección 18: Calidad del agua subterránea. En: Hidrología Subterránea. Eds. E. Custodio; M.R. Llamas. 2 ed. Tomo II. Barcelona, España, Omega.

Díaz-Díaz M,. Concentración del cadmio en sangre en una población hospitalaria y su relación con factores asociados. Madrid: Editorial Universidad Complutense de Madrid, 2014.

Duran, M. 2004. Caracterización de los niveles de metales pesados en efluentes Industriales de la ciudad de Guayaquil. Tesis doctoral en Química y Farmacia. Ecuador.

Enger, E; Smith, B. 2006. Ciencia Ambiental, un estudio de interrelaciones. 1 ed. Mcgraw – Hill/Interamericana Editores S.A.476 p.

El Falaki et.al. 1994. Metales pesados y componentes mayoritarios en sedimentos.

Esparza, M; Castro L. 1987. Curso/Taller sobre Control de Calidad Analítica: Parámetros Fisicoquímicos que influyen en el Tratamiento y la Calidad del Agua, Lima – Perú.

FÖRSTNER, U., WITTMANN, G.T.W. (1979) Metal Pollution in the Aquatic Environment. Springer-Verlag, Berlin, pp 486.

García, L.A. 1998. Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en América Latina y el Caribe (en línea). Washington, D.C., USA, Banco Interamericana de Desarrollo. Consultado 1 jul. 2007. Disponible en <http://www.iadb.org/sds/doc/ENV-123S.pdf>

(Griet Eeckhout, 2006).Mercure: une solution qui nous empoisonne. Laboratorio Europeo de Radiación del Sincrotrón en Grenoble, Francia.

Glim, H; Heinke G. 1999. Ingeniería Ambiental. 2 ed. Prentice Hall. México.

Hunt, D; Johnson, C. 1996. Sistema de Gestión Medio Ambiental. 1 ed. Mcgraw – Hill/Interamericana S.A. España. 318 p.

Henry, J.G.; Heinke, G.W. 1999. Ingeniería Ambiental. México, Prentice Hall. 283-284.

Kiely, G. 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Madrid, España, Mc Graw-Hill. P. 91.

Madeddu R. Estudio de la influencia del cadmio sobre el medioambiente y el organismo humano. Granada: Editorial Universidad de Granada, 2005.

Martínez Rodríguez L.A., (2002). Estudio de la contaminación del río La Laja. Jalisco 1996-1998. Tesis de Grado. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

- Marzal, Carlos. 2001. Metales pesados. Tusquets editores, 2001.
- NOM-031-SSA1-1993. Productos de la pesca. Moluscos bivalvos frescosrefrigerados. Especificaciones sanitarias.NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- Nippon Jogesuido Sekkei Co., Ltd. Sucursal del Perú – proregión Cajamarca.
- OMS (Organización Mundial de la Salud, US). 1998. Guías para la calidad del agua potable. Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. 2 ed. Ginebra: OMS. V. 3, 255 p
- Ongley, E.D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. En: Estudios FAO: Riego y drenaje - 55 1997 W2598/S (en línea).
- Orozco Berrenetxea, C; Pérez Serrano, A; Gonzales Delgado, N; Rodríguez Vidal, FJ; Alfayate Blanco, JM. 2008. Contaminación ambiental. Una visión desde la química. Editorial Paraninfo. 688p.
- Canadá, Departamento de Agricultura. Consultado 28 jul. 2007. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s05.htm>
- Opazo, U. 2003. Ingeniería Sanitaria: Aplicada a saneamiento y salud pública. Editorial Milusca S.A. México. 985 p.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud, US). 2003. Calidad del Agua Potable en Costa Rica: Situación actual y perspectiva. San José, C.R., OPS. 40 p.
- Orozco, B.C.; Pérez, S.A.; González, D.M.N.; Rodríguez, V.F.; Alfayate, B.J.M. 2005. Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. Madrid, España, Thomson. 97-100.
- Propiedades químicas del Manganeso Efectos del Manganeso sobre la salud - Efectos ambientales del Manganeso. Disponible en <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm#Efectos%20ambientales%20del%20Manganeso>. (26 de setiembre de 2018, Celendín – Perú.)
- Rojas, R. 2002. Guía para la Vigilancia y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS). 353 p.
- Romero, R.J.A. 1999. Calidad del Agua. 2 ed. México, Alfaomega Grupo Editor, S.A. 176 p.

Rosas Rodríguez H., (2001). Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

Sawyer, C.N.; McCarty, P.L.; Parking, G.F. 2001. Química para ingeniería ambiental. Trad. LA De García. 4 ed. Colombia, McGraw-Hill. 715 p.

Seoáñez, M. 1997. Ingeniería Medioambiental aplicada. Ediciones Mundi – Prensa España. 525 p.

Seoáñez Calvo, M. 1999. Contaminación del suelo: estudios, tratamiento y gestión. Editorial Mundi-Prensa. 352 p.

Snooyink, U; Jenkiws, T.1987. Química del Agua, Editorial Limusa.

Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H.D., 2003. Wastewater Engineering: treatment and Reuse/Metcalf & Eddy, Inc., 4ª edición, McGraw-Hill, New York.

Tessier, A., y Campbell, P.G. 1987. Partitioning of trace metals in sediments: relationship whit bioavailability. Hidrobiologia 149: 43-52. En: Ecological effects of in situ sediment contaminant. Editores: Thomas, R., Evans, R., Hamilton, M., Munawar, M., Reynolson, T.y Sadar, H. Junk Publishers. Netherlands.

Vega G.S., Reinaga O.J., (1990). Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de Salud, Organización Mundial de la Salud. Noriega, Limusa, México.

WETZEL, R. G. (1981) Limnología. Ed. Omega S.A. Barcelona, pp 84.

WHO, (1996). Copper. Trace. Elements in Human Nutrition and Health, Chapter 7. Ginebra (Suiza).

WWAP (Programa Mundial de evaluación de los Recursos Hídricos, FR). 2006. Segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo.

Bibliografía en línea:


Efectos del Aluminio sobre la salud. Disponible en: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/al.htm>

Efectos del Manganeso sobre la salud. Disponible en: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/al.htm>

Efectos del Bario sobre la salud. Disponible en: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/al.htm>


ANEXOS

Anexo 1: Datos del cliente, de la muestra y del control de laboratorio, mes de septiembre 2017

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084		 INACAL <small>INSTITUTO NACIONAL DE ACREDITACIÓN</small> <small>REGISTRO N° LE-084</small> <small>DA-Perú</small> <small>LABORATORIO</small>
INFORME DE ENSAYO N° IE 0917632		
DATOS DEL CLIENTE/USUARIO		
Razon Social/Usuario	JHIMY HENRY SÁNCHEZ VÁSQUEZ	
N° RUC/DNI	27081292	
Dirección	JOSÉ GALVEZ N° 125-CELENDÍN	
Región/Provincia/Distrito	Cajamarca/Celendín	
Persona de contacto	Correo electrónico jhesava@gmail.com	
DATOS DE LA MUESTRA		
Fecha y Hora del Muestreo	21.09.17	Hora: 12:18 a 12:43
Tipo de Muestreo	Puntual	
Número de Muestra	02 Muestras	N° Frascos x muestra 05
Ensayos solicitados	Químicos	
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:	Celendín	
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO		
N° Contrato	SC - 737	Cadena de Custodia CC - 632 - 17
N° Orden de Trabajo	0917632	
Fecha y Hora de Recepción	21.09.17	Inicio de Ensayo 22.09.17 09:00
Fecha Término de Ensayo	28.09.17	Reporte Resultado 29.09.17 09:00
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA Bigo: Juan V. Díaz Saenz RESPONSABLE LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA Cajamarca, 15 de Mayo de 2018.		
Página: 1 de 3		

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S.N. TR. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO
 e-mail: laboratorio@delagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratorio@delagua@hotmail.com TEL: FON: 599000 anexo 1140

Anexo 2: Resultado del análisis en metales totales en los puntos de monitoreo P1 y P2, mes de setiembre 2017

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084					
ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS		
Código Cliente	Punto Monitoreo 1	Punto Monitoreo 2			
Código Laboratorio	0917632-01	0917632-02			
Matriz de Agua	RESIDUAL	RESIDUAL			
Descripción	Municipal	Municipal			
Localización de la Muestra	PTAR - Celendin	PTAR - Celendin			
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados		
Plata (Ag)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	
Aluminio (Al)	mg/L	0.025	0.937	0.063	
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	
Boro (B)	mg/L	0.022	<LCM	<LCM	
Bario (Ba)	mg/L	0.003	0.038	0.021	
Berilio (Be)	mg/L	0.002	0.003	0.003	
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	44.12	40.25	
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	
Cobre (Cu)	mg/L	0.006	0.019	0.008	
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	0.611	0.244	
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	
Potasio (K)	mg/L	0.005	38.91	51.12	
Litio (Li)	mg/L	0.003	0.006	0.005	
Magnesio (Mg)	mg/L	0.018	5.300	6.490	
Manganeso (Mn)	mg/L	0.005	0.033	0.045	
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.003	0.010	<LCM	
Sodio (Na)	mg/L	0.021	25.17	26.52	
Níquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	
Fósforo (P)	mg/L	0.024	8.095	10.21	
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	
Antimonio (Sb)	mg/L	0.007	0.010	<LCM	
Selenio (Se)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	
Silicio (Si)	mg/L	0.104	11.70	11.36	
Estaño (Sn)	mg/L	0.041	<LCM	<LCM	
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.110	0.106	
Titanio (Ti)	mg/L	0.005	0.007	<LCM	
Talio (Tl)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	
Vanadio (V)	mg/L	0.004	0.004	<LCM	
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	0.066	<LCM	

Cajamarca, 15 de Mayo de 2018.

Página: 2 de 3

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

Anexo 3: Nombre del método de ensayo utilizado, mes de setiembre 2017



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

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

CON REGISTRO N° LE-084

Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0917632

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Totales por ICP-OES(A, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Ce, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, I, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7, Rev 4 4 1994. (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación de los métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, 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, 1,0; 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: RT-1.5-10-01 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.



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

Cajamarca, 15 de Mayo de 2018.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Página: 3 de 3

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N, URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ FONO: 599000 anexo 1140

e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com

Anexo 4: Datos del cliente, de la muestra y del control de laboratorio, mes de octubre 2017




LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

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

CON REGISTRO N° LE-084



INACAL
DA - Perú
Acreditado
Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1017746

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario JIMMY HENRY SÁNCHEZ VÁSQUEZ

N° RUC/DNI 27081292

Dirección JOSÉ GALVEZ N° 125-CELENDÍN

Ciudad/Provincia/Distrito Cajamarca/Celendin/Celendin

Persona de contacto _____ **Correo electrónico** jhesava@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo 26.10.17 **Hora:** 10:32 a 10:47

Tipo de Muestreo Puntual

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

Ensayos solicitados Químicos

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: Celendin

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato SC - 737 **Cadena de Custodia** CC - 746 - 17

N° Orden de Trabajo 1017746

Fecha y Hora de Recepción 26.10.17 **14:50** **Inicio de Ensayo** 26.10.17 **16:30**

Fecha Término de Ensayo 02.11.17 **15:00** **Reporte Resultado** 02.11.17 **16:00**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Blgo. Juan V. Diaz Spenz
RESPONSABLE

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 15 de Mayo de 2018.

Página: 1 de 3

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ

e-mail: laboratoriodelagua@regionalcajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONO: 590000 anexo 1140

Anexo 5: Resultado del análisis en metales totales en los puntos de monitoreo P1 y P2, mes de octubre 2017

ENSAYOS			QUÍMICOS		
Código Cliente	Punto de Monitoreo 01A	Punto de Monitoreo 02A			
Código Laboratorio	1017746-01	1017746-02			
Matriz de Agua	RESIDUAL	RESIDUAL			
Descripción	Doméstica	Doméstica			
Localización de la Muestra	Planta de Tratamiento Celendin	Planta de Tratamiento Celendin			
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados		
Plata (Ag)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	
Aluminio (Al)	mg/L	0.025	0.642	0.069	
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	
Boro (B)	mg/L	0.022	0.216	0.233	
Bario (Ba)	mg/L	0.003	0.063	0.017	
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	58.27	58.48	
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.005	0.003	
Cobre (Cu)	mg/L	0.006	0.017	<LCM	
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	0.634	0.164	
Mercurio (Hg)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	
Potasio (K)	mg/L	0.005	17.56	19.53	
Litio (Li)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	
Magnesio (Mg)	mg/L	0.018	4.171	4.853	
Manganeso (Mn)	mg/L	0.005	0.095	0.082	
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.003	<LCM	0.006	
Sodio (Na)	mg/L	0.021	18.59	19.87	
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	
Fósforo (P)	mg/L	0.024	<LCM	0.053	
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	
Antimonio (Sb)	mg/L	0.007	<LCM	<LCM	
Selenio (Se)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	
Silicio (Si)	mg/L	0.104	3.748	3.570	
Estaño (Sn)	mg/L	0.041	<LCM	<LCM	
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.226	0.169	
Titanio (Ti)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	
Talio (Tl)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	<LCM	<LCM	

Cajamarca, 15 de Mayo de 2018.

Página: 2 de 3

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

Anexo 6: Nombre del método de ensayo utilizado, mes de octubre 2017



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

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

Registro N° LE - 084

CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1017746

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Totales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, Tl, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7, Rev 4.4.1994. (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación de los métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, 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, 1.0; 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 lo 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.



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

Cajamarca, 15 de Mayo de 2018.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Página: 3 de 3

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

Anexo 7: Datos del cliente, de la muestra y del control de laboratorio, mes de diciembre 2017

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



INFORME DE ENSAYO N° IE 1217873

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario: JIMMY HENRY SÁNCHEZ VÁSQUEZ
N° RUC/DNI: 27081292
Dirección: JOSÉ GALVEZ N° 125-CELENDÍN
Región/Provincia/Distrito: Cajamarca/Celendín
Persona de contacto: Correo electrónico: jhesava@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo: 12.12.17 Hora: 13:40 a 13:55
Tipo de Muestreo: Puntual
Número de Muestra: 02 Muestras N° Frascos x muestra: 01
Ensayos solicitados: Químicos
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: Celendín

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: SC - 737 Cadena de Custodia: CC - 873 - 17
N° Orden de Trabajo: 1217873
Fecha y Hora de Recepción: 12.12.17 17:50 Inicio de Ensayo: 15.12.17 11:00
Fecha Término de Ensayo: 18.12.17 15:00 Reporte Resultado: 18.12.17 15:45

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
Rgto. Juan V. Díaz Gaenz RESPONSABLE

Cajamarca, 15 de Mayo de 2018.

Anexo 8: Resultado del análisis en metales totales en los puntos de monitoreo P1 y P2, mes de diciembre 2017

ENSAYOS		QUÍMICOS			
Código Cliente	Punto Monitoreo 01B	Punto Monitoreo 02B			
Código Laboratorio	1217873-02	1217873-03			
Matriz de Agua	RESIDUAL	RESIDUAL			
Descripción	Municipal	Municipal			
Localización de la Muestra	Planta de Tratamiento Celendin	Planta de Tratamiento Celendin			
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados		
Plata (Ag)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	
Aluminio (Al)	mg/L	0.025	0.429	0.092	
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	
Boro (B)	mg/L	0.022	0.258	0.291	
Bario (Ba)	mg/L	0.003	0.024	0.010	
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	66.13	53.52	
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	
Cobre (Cu)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	0.632	0.233	
Potasio (K)	mg/L	0.005	13.28	12.38	
Litio (Li)	mg/L	0.003	0.003	<LCM	
Magnesio (Mg)	mg/L	0.018	2.964	2.874	
Manganeso (Mn)	mg/L	0.005	0.096	0.083	
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	
Sodio (Na)	mg/L	0.021	37.38	30.94	
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	
Fósforo (P)	mg/L	0.024	4.880	4.879	
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	0.013	0.013	
Antimonio (Sb)	mg/L	0.007	<LCM	<LCM	
Selenio (Se)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	
Silicio (Si)	mg/L	0.104	6.739	6.804	
Estaño (Sn)	mg/L	0.041	<LCM	<LCM	
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.138	0.121	
Titanio (Ti)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	
Talio (Tl)	mg/L	0.004	0.025	0.022	
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	0.114	0.063	

Cajamarca, 15 de Mayo de 2018.

Página: 2 de 3

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

Anexo 9: Nombre del método de ensayo utilizado, mes de diciembre 2017



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

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

Registro N° LE - 084

CON REGISTRO N° LE-084



INACAL
INSTITUTO NACIONAL
DE ACREDITACIÓN

INFORME DE ENSAYO N° IE 1217873

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Totales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, Tl, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7, Rev 4.4, 1994. (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación de los métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, 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, 1.0; 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: RT-1.5-10-01 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 lo produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservarán 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.



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

Cajamarca, 15 de Mayo de 2018.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Página: 3 de 3

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ

e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONO: 599000 anexo 1140

Anexo 10: Datos del cliente, de la muestra y del control de laboratorio, mes de enero 2018

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

INFORME DE ENSAYO N° IE 0118005

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario: **JIMMY HENRY SÁNCHEZ VÁSQUEZ**
Dirección: **JOSÉ GALVEZ N° 125-CELENDÍN**
Persona de contacto: **Correio electrónico: jhesava@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo: **04.01.18** Hora: **13:17 a 13:30**
Tipo de Muestreo: **Puntual**
Número de Muestra: **02 Muestras** N° Frascos x muestra: **01**
Ensayos solicitados: **Quimicos**
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: **Celendín**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC - 737** Cadena de Custodia: **CC - 005-18**
N° Orden de Trabajo: **0118005**
Fecha y Hora de Recepción: **04.01.18** 18:21 Inicio de Ensayo: **05.01.18** 18:30
Reporte de Resultado: **12.01.18** 15:00

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

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
Cajamarca, 15 de Mayo de 2018.

Página: 1 de 3

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

Anexo 11: Resultado del análisis en metales totales en los puntos de monitoreo P1 y P2, mes de enero 2018

ENSAYOS		QUÍMICOS			
Código Cliente	Punto Monitoreo 01C	Punto Monitoreo 02C			
Código Laboratorio	0118005-01	0118005-02			
Matriz de Agua	RESIDUAL	RESIDUAL			
Descripción	Domestica	Domestica			
Localización de la Muestra	Planta de Tratamiento Celendin	Planta de Tratamiento Celendin			
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados		
Plata (Ag)	mg/L	0.021	0.176	0.147	
Aluminio (Al)	mg/L	0.025	2.698	0.472	
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	
Boro (B)	mg/L	0.022	<LCM	<LCM	
Bario (Ba)	mg/L	0.003	0.051	0.024	
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	71.29	63.53	
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	
Cobre (Cu)	mg/L	0.006	0.032	0.009	
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	1.826	0.560	
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	
Potasio (K)	mg/L	0.005	42.94	45.49	
Litio (Li)	mg/L	0.003	0.007	0.006	
Magnesio (Mg)	mg/L	0.018	8.085	7.636	
Manganeso (Mn)	mg/L	0.005	0.095	0.116	
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	
Sodio (Na)	mg/L	0.021	15.420	14.030	
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM	
Fósforo (P)	mg/L	0.024	4.333	4.410	
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	
Antimonio (Sb)	mg/L	0.007	<LCM	<LCM	
Selenio (Se)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	
Silicio (Si)	mg/L	0.104	7.497	6.497	
Estaño (Sn)	mg/L	0.041	<LCM	<LCM	
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.224	0.203	
Titanio (Ti)	mg/L	0.005	0.006	<LCM	
Talio (Tl)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	0.095	<LCM	

Cajamarca, 15 de Mayo de 2018.

Página: 2 de 3

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

Anexo 12: Nombre del método de ensayo utilizado, mes de enero 2018



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

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

Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0118005

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Totales por ICP-OES(AI, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Ce, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, Tl, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7. Rev 4.4.1994. (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry

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.



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

Cajamarca, 15 de Mayo de 2018.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Página: 3 de 3

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

Anexo 13: Precipitaciones mensuales del distrito de Celendín

Estación: Celendín, Tipo Convencional - Meteorológica Departamento: Cajamarca Provincia: Celendín Distrito: Celendín Coordenadas UTM: E: 815858.50 Coordenadas N: 9241128.32 Altitud: 2608 msnm		
PRECIPITACION PLUVIAL MENSUAL		
AÑO	MES	PRECIPITACIÓN (mm/m ²)
2017	Setiembre	82
	Octubre	1141.2
	Noviembre	661.6
	Diciembre	1382

Anexo 14: límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetro	Unidad	Expresión	CHILE	ECUADOR	EL SALVADOR	VENEZUELA	RANGO MUNDIAL
			LMP para la descarga de residuos líquidos a cuerpo de agua fluviales	LDCAD (Toda descarga)	PCSVP para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor	Características del agua para vertimientos	Comparación para vertimientos a cuerpos de agua
Aluminio	mg/L	Al	5	5	5	5,0	1 - 10
Arsénico	mg/L	As	0,5	0,1	0,1	0,5	0,05 - 1
Bario	mg/L	Ba		2	5	5,0	2 - 5
Berilio	mg/L				0,5		
Boro	mg/L	B	0,75	2	1,5	5,0	0,75 - 5
Cadmio	mg/L	Cd	0,01	0,02	0,1	0,2	0,01 - 1,2
Cobalto	mg/L	Co		0,5	0,05	0,5	0,5 - 1
Cobre	mg/L	Cu	1	1	1	1,0	1,6 - 6
Cromo hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,05	0,5	0,1		0,05 - 0,5
Cromo total	mg/L	Cr			1	2,0	0,1 - 7
Estaño	mg/L	Sn		5		5,0	0,5 - 4
Fosforo total	mg/L	P	10	10	15	10	1 - 80
Hierro disuelto	mg/L	Fe	5	10	10	10	
Litio	mg/L				2		10
Manganeso	mg/L	Mn	0,3	2	2	2,0	0,3 - 10
Mercurio	mg/L	Hg	0,001	0,005	0,01	0,01	0,001 - 0,05
Molibdeno	mg/L		1		0,1		0,07 - 2,5
Niquel	mg/L	Ni	0,2	2	0,2	0,2	0,2 - 4,1
Plata	mg/L			0,1	0,2	0,1	0,1
Plomo	mg/L	Pb	0,05	0,2	0,4	0,5	0,05 - 1
Selenio	mg/L		0,01	0,1	0,05	0,05	0,01 - 0,1
Vanadio	mg/L			5	1		1
Zinc	mg/L	Zn	3	5	5	5,0	1 - 20
LDCAD	Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce.						
LMP	Límite máximo permisible.						
LMP - ARU	Límite máximo permisible aguas residuales urbanas.						
PCSVP	Parámetros complementarios sobre valores permisibles.						

Anexo 15: Punto afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en tiempo de lluvia.



a)



b)

Anexo 16: Punto efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.



a)



b)

Anexo 17: Toma de muestra 1 afluente (punto monitoreo 1)



a)



b)



c)

Anexo 18: Toma de muestra 2 efluente (punto monitoreo 2)



a)

b)



c)

Anexo 19: Toma de muestra 01A afluente (punto monitoreo 1)



a)

b)

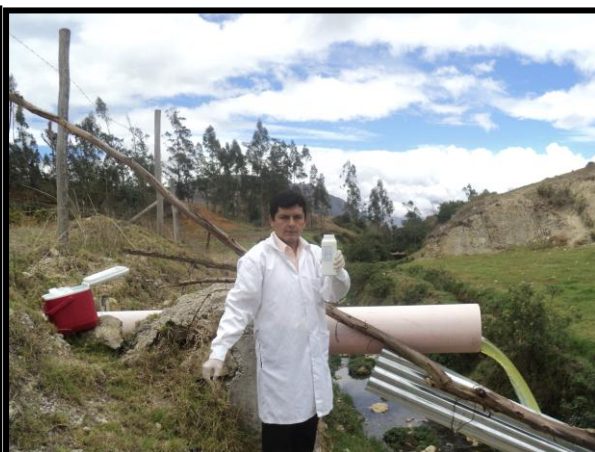


c)

Anexo 20: Toma de muestra 02A efluente (punto monitoreo 2)



a)



b)



c)

Anexo 21: Toma de muestra 01B afluente (punto monitoreo 1)



a)



b)



c)

Anexo 22: Toma de muestra 02 B efluente (punto monitoreo 2)



a)



b)



Anexo 23: Material utilizado en la toma de muestras.



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Anexo 24: Entra del agua residual a cámara de rejas y bypass.



Anexo 25: Obstrucción de cámara de rejas.



Anexo 26: Entra del agua residual al medidor de caudal (Parshall).



Anexo 27: Salida del agua residual a desarenadores.



Anexo 28: Desarenadores y baffles de madera.



Anexo 29: Colocación de baffle de madera para limpieza de desarenador



Anexo 30: Entrada del desarenador al repartidor de caudal



Anexo 31: Repartidor de caudal a los 2 RAFAS



Anexo 32: Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA)



Anexo 33: Efluente clarificado y canaletas de afluencia.



Anexo 34: Efluente a caja de distribución.



Anexo 35: Distribución a laguna facultativa.



Anexo 36: Entrada de agua residual a laguna facultativa.



Anexo 37: Entrada de agua a laguna facultativa.



Anexo 38: Parte final de desagüe de laguna facultativa.



Anexo 39: Salida de agua tratada al punto efluente.



Anexo 40: Punto efluente (P2).



GLOSARIO

Afluente: Agua residual que ingresa a una planta de tratamiento de aguas residuales o proceso de tratamiento.

Aguas residuales: También llamadas “aguas negras”. Son las contaminadas por la dispersión de desechos humanos, procedentes de los usos domésticos, comerciales o industriales. Llevan disueltas materias coloidales y sólidas en suspensión. Su tratamiento y depuración constituyen el gran reto ecológico de los últimos años por la contaminación de los ecosistemas.

Aguas residuales domésticas: Las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.

Aguas residuales industriales: Todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.

Aglomeración urbana: Zona geográfica formada por uno o varios municipios, o por parte de uno o varios de ellos, que por su población o actividad económica constituya un foco de generación de aguas residuales que justifique su recogida y conducción a una instalación de tratamiento o a un punto de vertido final.

Agente Contaminante: toda aquella sustancia cuya incorporación a un cuerpo de agua conlleve el deterioro de la calidad física, química o biológica de este.

Aguas residuales urbanas: Las aguas residuales domésticas o la mezcla de éstas con aguas residuales industriales o con aguas de escorrentía pluvial.

Aguas Negras: son las aguas provenientes del servicio sanitario.

Aguas servidas: Aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descargan materias fecales.

Alcantarilla: Es una tubería o conducto, en general cerrado, que normalmente fluye a medio llenar, transportando aguas residuales.

Ambiente: Es el conjunto de fenómenos o elementos naturales y sociales que rodean a un organismo, a los cuales este responde de una manera determinada. Estas condiciones naturales pueden ser otros organismos (ambiente biótico) o elementos no vivos (clima, suelo, agua). Todo en su conjunto condiciona la vida, el crecimiento y la actividad de los organismos vivos.

Análisis: Examen del agua, agua residual o lodos, efectuado por un laboratorio.

Caudal: volumen de agua por unidad de tiempo.

Contaminación hídrica: Cuando la cantidad de agua servida pasa de cierto nivel, el aporte de oxígeno es insuficiente y los microorganismos ya no pueden degradar los desechos contenidos en ella, lo cual hace que las corrientes de agua se asfixien, causando un deterioro de la calidad de las mismas, produciendo olores nauseabundos e imposibilitando su utilización para el consumo.

Cuerpo Receptor: es todo aquel manantial, zonas de recarga, río, quebrada, arroyo permanente o no, lago, laguna, marisma, embalse natural o artificial, estuario, manglar, tubería, pantano, agua dulce, salobre o salada, donde se vierten aguas residuales.

Desarenadores: Cámara diseñada para permitir la separación gravitacional de sólidos minerales (arena).

Descarga: Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

Disposición Final: es el punto de descarga final del agua que ha sido tratada anteriormente.

Efluente del Sistema de Tratamiento: En el manejo de aguas residuales, es el caudal que sale de la última unidad de tratamiento.

Emisor: canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado hasta una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento hasta un punto de disposición final. NORMA OS.090

Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua): Es la medida que establece el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor, que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Eutrofización: el aumento de nutrientes en el agua, especialmente de los compuestos de nitrógeno o de fósforo, que provoca un crecimiento acelerado de algas y especies vegetales superiores, con el resultado de trastornos no deseados en el equilibrio entre organismos presentes en el agua y en la calidad del agua a la que afecta.

Fangos: Los lodos residuales tratados o no, procedentes de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas.

Flujo de Entrada: Es el agua que entra a las alcantarillas desde la superficie, durante eventos de precipitación, a través de fisuras en el sistema, o a través de conexiones de techados o drenajes de sótanos.

Flujo Permanente: se produce cuando la descarga o caudal en cualquier sección transversal permanece constante.

Fosa Séptica: es un tanque en el cual se vierten las aguas negras y servidas cuando se carece de alcantarillado sanitario para evacuar dichas aguas.

ICP (Inductively Coupled Plasma, o plasma de acoplamiento inductivo),

Influente del Sistema de Tratamiento: Se refiere al caudal que ingresa a la primera unidad de tratamiento.

Laguna aerobia: Término a veces utilizado para significar “laguna de alta producción de biomasa”. Lagunas de poca profundidad, que mantienen oxígeno disuelto (molecular) en todo el tirante de agua.

Laguna aireada: Estanque natural o artificial de tratamiento de aguas residuales en el cual se suple el abastecimiento de oxígeno por aireación mecánica o difusión de aire comprimido. Es una simplificación del proceso de lodos activados y según sus características se distinguen cuatro tipos de lagunas aireadas: 1. laguna aireada de mezcla completa, 2. laguna aireada facultativa, 3. laguna facultativa con agitación mecánica y 4. laguna de oxidación aireada.

Laguna anaerobia: Laguna con alta carga orgánica en la cual se efectúa el tratamiento en ausencia de oxígeno disuelto (molecular), con la producción de gas metano y otros gases como el sulfuro de hidrógeno (H₂S).

Laguna de alta producción de biomasa: Estanque de forma alargada, con un corto período de retención, profundidad reducida y con facilidades de mezcla, que tiene la finalidad de maximizar las condiciones de producción de algas.

Laguna de estabilización: Se entiende por lagunas de estabilización los estanques construidos en tierra, de poca profundidad (1-4 m) y períodos de retención considerable (1-40 días). En ellas se realizan de forma espontánea procesos físicos, químicos, bioquímicos y biológicos, conocidos con el nombre de autodepuración o estabilización natural. La finalidad de este proceso es entregar un efluente de características múltiples establecidas (DBO, DQO, OD, SS, algas, nutrientes, parásitos, enterobacterias, coliformes, etc).

Laguna de maduración: Laguna de estabilización diseñada para tratar efluente secundario o agua residual previamente tratada por un sistema de lagunas (anaerobia

- facultativa, aireada - facultativa o primaria - secundaria). Originalmente concebida para reducir la población bacteriana.

Laguna facultativa: Laguna de coloración verdosa cuyo contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día. En el estrato superior de una laguna facultativa primaria existe una simbiosis entre algas y bacterias, en presencia de oxígeno; en los estratos inferiores se produce una biodegradación anaerobia de los sólidos sedimentables.

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.

Medición: Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud.

Muestra Simple: es aquella muestra tomada en forma única y aislada para determinar la calidad del agua en un momento dado.

Parámetro: Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua.

Planta de tratamiento de aguas residuales: Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.

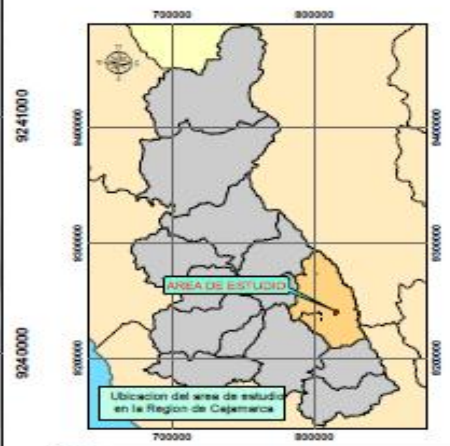
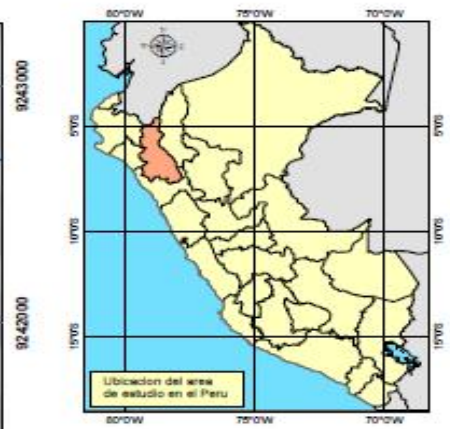
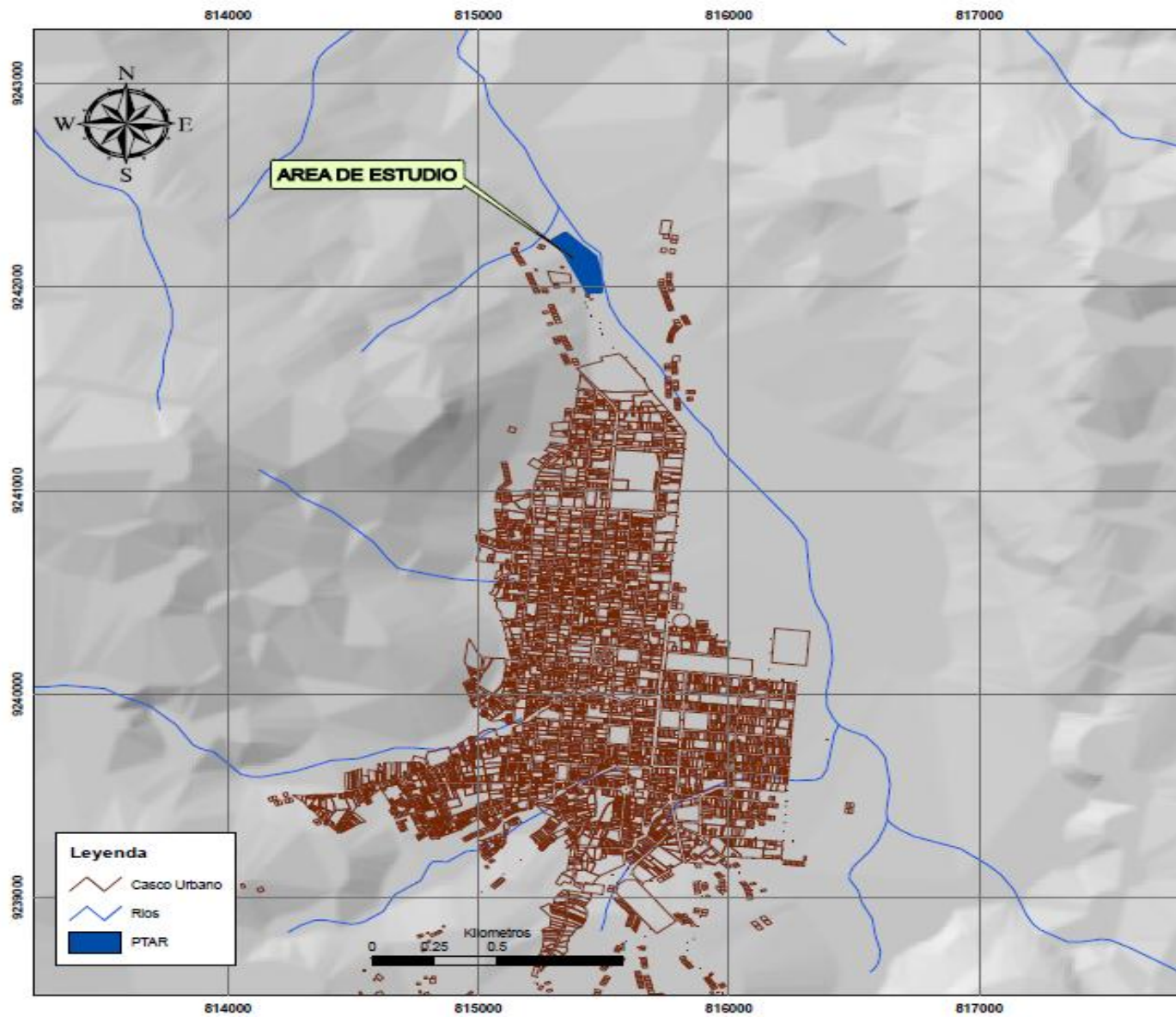
RAFA: Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente.

Sedimentación: es el proceso en donde los floculo se trasladan a un tanque, donde por su propio peso se precipitan.

Sistema colector: Todo sistema de conductos que recoja y conduzca las aguas residuales urbanas, desde las redes de alcantarillado de titularidad municipal, a las estaciones de tratamiento.

Sistema de Tratamiento: conjunto de operaciones y procesos físicos, químicos y/o biológicos, cuya finalidad es depurar la calidad del agua residual a la que se aplican.

Temperatura: 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.



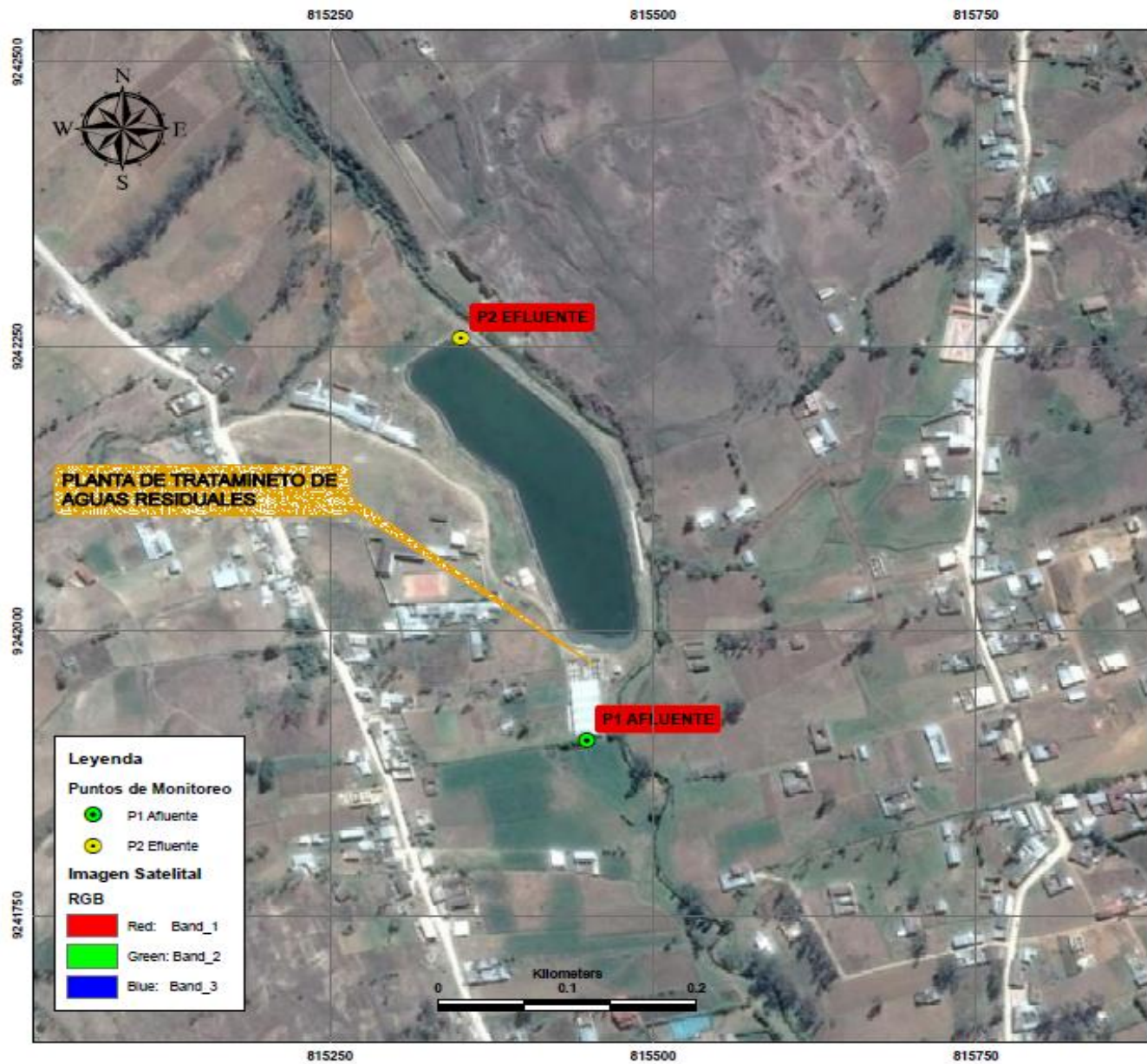
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 E.A.P. INGENIERIA AMBIENTAL

Tesis:
Determinación de la concentración de metales (Al, Fe, Mn, Ba) en el punto afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales – Celendin.

Tema: **Ubicación del Proyecto**

Elaborado: Bach. Jimmy Henry Sánchez Vásquez Mapa N°:

Fuente: ZEE-OT Cajamarca	Escala: 1:16,000	01
	Fecha: Abril 2019	



Leyenda

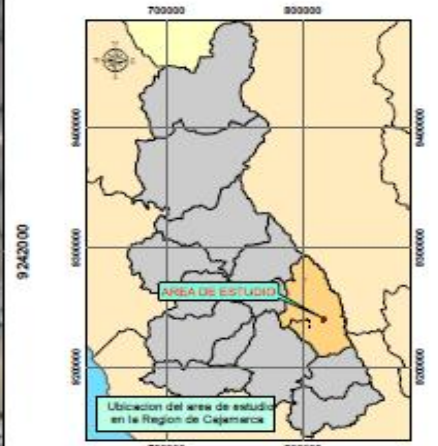
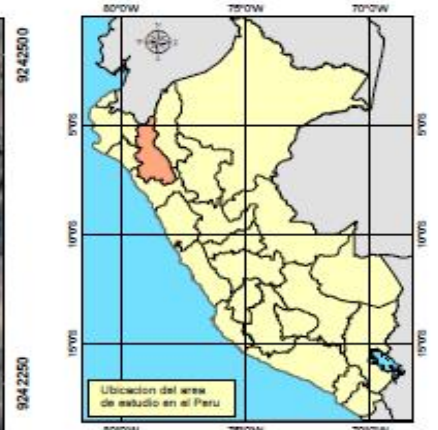
Puntos de Monitoreo

- P1 Afluente
- P2 Efluente

Imagen Satelital

RGB

- Red: Band_1
- Green: Band_2
- Blue: Band_3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS E.A.P. INGENIERIA AMBIENTAL	
Tesis: Determinación de la concentración de metales (Al, Fe, Mn, Ba) en el punto afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales - Celendin.	
Tema: Ubicación de puntos de monitoreo	
Elaborado: Bach. Jimmy Henry Sánchez Vásquez	Mapa N°:
Fuente: Google Earth	Escala: 1:3.000
	Fecha: Abril 2019
02	