

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**EFICIENCIA DE LOS LODOS ACTIVADOS A ESCALA DE LABORATORIO EN LA  
DISMINUCIÓN DE DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, ACEITES Y GRASAS; DEL EFLUENTE DEL  
CAMAL MUNICIPAL DE CAJAMARCA**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Presentado por la Bachiller:

**DIANA VANESA RODAS MUÑOZ**

Asesor:

**Ing. M.Cs. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI**

CAJAMARCA - PERÚ

2021



# 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 VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintiséis días del mes de noviembre del año dos mil veintiuno, se reunieron en la Plataforma Virtual de la Universidad Nacional de Cajamarca, a través de Google Meet, los miembros del Jurado, designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según **Resolución de Consejo de Facultad N° 288-2021-FCA-UNC**, con el objetivo de evaluar la Tesis titulada: **“EFICIENCIA DE LODOS ACTIVADOS A ESCALA DE LABORATORIO EN LA DISMINUCIÓN DE DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, ACEITES Y GRASAS; DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE CAJAMARCA”**, realizada por la Bachiller en Ingeniería Ambiental, **RODAS MUÑOZ DIANA VANESA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las tres horas de la tarde, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando a la sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado realizó la deliberación, para asignarle el calificativo correspondiente. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por UNANIMIDAD, con el calificativo de QUINCE (15); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

A las **CUATRO HORAS Y VEINTE MINUTOS DE LA TARDE** del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

  
Dr. Glicerio Eduardo Torres Carranza  
PRESIDENTE

  
Ing. M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna  
SECRETARIO

  
Ing. M. Cs. Edgar Darwin Díaz Mori  
VOCAL

**COPYRIGHT © 2021 by  
DIANA VANESA RODAS MUÑOZ  
Todos los derechos reservados**

## **DEDICATORIA**

A mi Madre Lucila Muñoz y a mi padre Nemecio Rodas, por el amor y apoyo brindado en toda etapa y cada paso de mi vida.

A mis hermanos por el apoyo moral brindado, a mi sobrinito Lían que me motiva a seguir adelante.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me compartieron sus conocimientos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. Ing M.Cs. Edgar Darwin Díaz Mori, asesor de esta tesis por su apoyo brindado; a todos los miembros del comité científico:

Al señor Gerente de Desarrollo Económico y Medio Ambiente de la Municipalidad de Cajamarca, Dr. Shimi Torres Huacal, al Sr. Hugo Gongora Sánchez, administrador del Camal de Municipal Cajamarca, por el apoyo de brindarme la información, así como hacer uso de las instalaciones del Camal Municipal para la instalación de la tecnología.

Al señor Gerente Regional de la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Gobierno Regional de Cajamarca, Ing. MCs. Walter Humberto Rabanal Díaz; por el apoyo brindado para la realización de los análisis de los parámetros analizados en este presente trabajo de Investigación; a través de los servicios del Laboratorio Regional del Agua.

Al Ing. Juan García Ortiz, a Ing. MCs. Giovanna Ernestina Chávez Horna, a Ing. Efraín Humberto Quintanilla Castro; por los conocimientos compartidos.

Al Ing. Emanuel Merlo por su apoyo en la elaboración de mapas.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	v
<b>CONTENIDO</b> .....	vi
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>CAPITULO I</b> .....	1
<b>INTRODUCCION</b> .....	1
<b>CAPITULO II</b> .....	4
<b>MARCO TEORICO</b> .....	4
<b>2.1 Antecedentes</b> .....	4
<b>2.2 Bases teóricas</b> .....	6
<b>2.2.1 Aguas residuales</b> .....	6
<b>2.2.2 Tratamiento secundario o biológico de aguas residuales</b> .....	7
<b>2.2.3 Lodos activados o lodos activos</b> .....	8
<b>2.2.4 Oxígeno disuelto</b> .....	13
<b>2.2.5 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)</b> .....	13
<b>2.2.6 Demanda química de oxígeno (DQO)</b> .....	14
<b>2.2.7 Solidos suspendidos totales</b> .....	14
<b>2.2.8 Grasas y aceites</b> .....	15
<b>2.3 Definición de términos</b> .....	16
<b>CAPITULO III</b> .....	17
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	17
<b>3.1 Ubicación geográfica</b> .....	17
<b>3.2 Vías de acceso</b> .....	19
<b>3.3 Características meteorológicas</b> .....	19
<b>3.4 Unidad de análisis, universo y muestra</b> .....	19
<b>3.5 Materiales</b> .....	20
<b>3.5.1 Material experimental</b> .....	20
<b>3.5.2 Materiales y equipos</b> .....	21
<b>3.6 Diseño de investigación</b> .....	21

<b>3.7 Descripción del sistema de lodos activados a escala de laboratorio</b> .....	22
<b>3.8 Operación del sistema de lodos activados a escala de laboratorio</b> .....	27
<b>3.8.1 Trabajo de campo</b> .....	27
<b>3.8.2 Trabajo de laboratorio</b> .....	28
<b>3.9 Programa de monitoreo para la obtención de datos</b> .....	28
<b>3.10 Técnicas de Recopilación de información</b> .....	29
<b>3.11 Técnicas para el procesamiento y análisis de datos</b> .....	29
<b>CAPITULO IV</b> .....	31
<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	31
<b>4.1.1 Demanda química de oxígeno</b> .....	31
<b>4.1.2 Demanda bioquímica de Oxígeno a 5 días</b> .....	33
<b>4.1.3 Solidos suspendidos totales (SST)</b> .....	36
<b>4.1.4 Aceites y grasas</b> .....	38
<b>CAPITULO V</b> .....	40
<b>CONCLUSIONES</b> .....	40
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	42
<b>ANEXOS</b> .....	49
<b>ANEXO N° 1</b> .....	50
Planos del sistema de lodos activados y puntos de monitoreo a escala de laboratorio.....	50
<b>ANEXO N° 2</b> .....	55
Panel Fotográfico.....	55
<b>ANEXO N° 3</b> .....	66
Informes de resultados de análisis emitidos por el Laboratorio Regional del Agua –Cajamarca. .....	66
<b>ANEXO N° 4</b> .....	81
Resultados de parámetros de parámetros en estudio.....	81
<b>ANEXO N° 5</b> .....	84
Resultados de parámetros de pruebas de funcionamiento: OD Y SSV.....	84

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Esquema de reactor aeróbico de flujo continuo sin recirculación de lodo (Ramón et al. 2016).....	11
<b>Figura 2.</b>	Mapa de ubicación de lodos activados a escala de laboratorio en el Camal Municipal Cajamarca .....	18
<b>Figura 3.</b>	Vista en planta de unidades de tratamiento del sistema de lodos activados a escala de laboratorio.....	22
<b>Figura 4.</b>	Dimensiones del reactor biológico.....	24
<b>Figura 5.</b>	Dimensiones del sedimentador secundario .....	25
<b>Figura 6.</b>	Dimensiones de la caja de lodos residuales .....	26
<b>Figura 7.</b>	Soporte metálico que sostiene las unidades de tratamiento .....	26
<b>Figura 8.</b>	Eficiencia de remoción del sistema de lodos activados para DQO.....	31
<b>Figura 9.</b>	DQO registrado Vs. VMA .....	32
<b>Figura 10.</b>	Eficiencia de remoción del sistema de lodos activados para demanda bioquímica de oxígeno a 5 días .....	34
<b>Figura 11.</b>	Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días registrado Vs. VMA.....	34
<b>Figura 12.</b>	Eficiencia de remoción del sistema de lodos activados para SST.....	36
<b>Figura 13.</b>	SST registrado Vs. VMA .....	36
<b>Figura 14.</b>	Eficiencia de remoción del sistema de lodos activados para aceites y grasas .....	38
<b>Figura 15.</b>	Aceites y grasas registrado Vs. VMA .....	38



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Localización de la investigación .....	17
<b>Tabla 2.</b> Simbología utilizada en el diseño de investigación.....	22
<b>Tabla 3.</b> Dimensiones del reactor biológico .....	23
<b>Tabla 4.</b> Dimensiones especificadas del taque de aireación.....	24
<b>Tabla 5.</b> Dimensiones especificadas de la caja de lodos residuales .....	25
<b>Tabla 6.</b> Evaluaciones realizadas y frecuencia de monitoreo .....	29
<b>Tabla 7.</b> Reporte de la prueba t-student para muestras relacionadas-DQO.....	33
<b>Tabla 8.</b> Reporte de la prueba t-student para muestras relacionadas-DBO5 .....	35
<b>Tabla 9.</b> Reporte de la prueba t-student para muestras relacionadas-SST.....	37
<b>Tabla 10.</b> Reporte prueba t-student para muestras relacionadas -AYG .....	39
<b>Tabla 11.</b> Valores obtenidos para DQO	
<b>Tabla 12.</b> Valores obtenidos para DBO.....	82
<b>Tabla 13.</b> Valores obtenidos para SST	
<b>Tabla 14.</b> Valores obtenidos para aceites y grasas .....	82
<b>Tabla 15.</b> Valores obtenidos para Ph .....	
<b>Tabla 16.</b> Valores obtenidos para T° .....	83
<b>Tabla 17.</b> Resultados tabulados de SSV Y OD- PE	
<b>Tabla 18.</b> Resultados tabulados de SSV Y OD- SE .....	85

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Camal Municipal de Cajamarca ubicado en prolongación Amalia Puga N° 169 Barrio San José. El material biológico utilizado constituyó el agua residual (AR) producto del sacrificio de vacunos, bovinos y caprinos realizados en estas instalaciones. Las componentes de tratamiento fueron: 01 alimentador, 01 reactor biológico y un sedimentador secundario, con un caudal de ingreso al sistema de 9.25 ml/min, con un tiempo constante de retención hidráulica de 3 días.

Se realizaron 7 monitoreos periódicos cada 2 semanas (14 días calendarios). La toma de muestra se realizó en el tanque de alimentación (PMA) y después del sedimentador secundario (PME). Los resultados promedio de los parámetros en estudio fueron, previo al sistema de tratamiento y posterior al sistema de tratamiento, respectivamente: DQO, 7 713.81 mg O<sub>2</sub>/l y 1 211.89 mg O<sub>2</sub>/l, con una eficiencia de remoción en el tratamiento del 84.29 %; DBO, 4 291.50 mg O<sub>2</sub>/l y 288.10 mg O<sub>2</sub>/l, con una eficiencia de remoción de 93.29 %; SST, 1 654,07 mg/l y 338.86 mg/, con una eficiencia de remoción del sistema del 79.51%; finalmente el parámetro grasas y aceites en el afluente 277.90 mg/l y para el efluente 56,10 mg/l, llegando a una eficiencia del sistema de 79,06 %.

## ABSTRACT

The present research work was carried out in the facilities of the Cajamarca Municipal Camal located in the Amalia Puga No. 169 Barrio San José extension. The biological material used constituted the residual water (RA) product of the slaughter of cattle, bovines and goats carried out in these facilities. The treatment units were: 01 feeder, 01 biological reactor and a secondary settler, with an entry flow to the system of 9.25 ml / min, with a constant hydraulic retention time of 3 days.

7 periodic monitoring was carried out every 2 weeks (14 calendar days). The sampling was carried out in the feed tank (PMA) and after the secondary settler (PME). The average results of the parameters under study were, prior to the treatment system and after the treatment system, respectively: COD, 7 713.81 mg O<sub>2</sub> / l and 1 211.89 mg O<sub>2</sub> / l, with a removal efficiency in the treatment of 84.29% ; BOD, 4,291.50 mg O<sub>2</sub> / l and 288.10 mg O<sub>2</sub> / l, with a removal efficiency of 93.29%; SST, 1 654.07 mg / l and 338.86 mg / l, with a removal efficiency of the system of 79.51%; finally, the parameter fats and oils in the effluent 277.90 mg / l and for the effluent 56.10 mg / l, reaching a system efficiency of 79.06%.

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

Quille y Donaires (2013) señala que, aquellos residuos líquidos provenientes de camales contienen: sangre, estiércol, grasas, pelos y altas cargas orgánicas contaminantes, cuyos valores sobrepasan los límites máximos permisibles (LMP), establecidos por las normas técnicas. Los residuos líquidos al mismo son vertidos directamente a la red de alcantarillado en las zonas urbanas o a un cuerpo receptor en zonas rurales, sin ningún tipo de tratamiento; convirtiéndose en una problemática ambiental local, regional y mundial.

En el Perú debido a las deficiencias que presentan en cuanto a su infraestructura y condiciones para hacer un sacrificio correcto, se tiene más de 200 camales no autorizados por el SENASA, que vienen operando sin cumplir las condiciones básicas, lo cual advierte de una problemática pública (Gonzales y Apanu 2016:7).

El camal de la Municipalidad Provincial de Cajamarca ubicado en prolongación Amalia Puga N° 169, barrio San José, de la ciudad de Cajamarca; viene operando hace algunos años, donde a diario se sacrifican animales provenientes de zonas aledañas y la Región en general, entre los animales cabe recalcar que a diario se sacrifican un promedio de: vacunos de 30 a 40, bovinos y caprinos de 50 a 60, y porcinos de 60 a 70. Generando un caudal de efluente líquido aproximado de 30 m<sup>3</sup> diarios, desechos líquidos que son vertidos a la red de alcantarillado general, previo paso por trampa de grasa y aceites, y una fosa de separación de la fase sólida coagulada, tratamientos preliminares que no son suficientes para un tratamiento previo del efluente antes de ser vertidos a la red de alcantarillado y cumplir con los valores máximos admisibles (VMA) de los parámetros según nuestra normativa nacional. Monitoreos periódicos realizados por el laboratorio “NKAP laboratorios”, evidencian que no se cumple con los valores máximos admisibles de los parámetros y que exceden estos valores en grandes rangos.

Hoy en día los lodos activados es el proceso más utilizado y conocido en tratamiento biológico de aguas; de acuerdo a Chocce y Galarza (2012:24), “su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos capaces de estabilizar un residuo por vía aerobia”

Ante la situación de problema presentada líneas arriba nos hemos planteado la siguiente interrogante ¿Cuál es la eficiencia de lodos activados a escala de laboratorio en la disminución de demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), sólidos suspendidos totales (SST), aceites y grasas; del efluente del Camal Municipal de Cajamarca?

El sistema para el presente trabajo de investigación cuenta con 02 unidades de tratamiento, reactor biológico y sedimentador secundario o decantador, puesto en funcionamiento en las instalaciones del Camal Municipal Cajamarca. Se consideró un tiempo de aclimatación de lodos de 20 días para las dos etapas de funcionamiento del sistema; inicialmente planteada una sola etapa, pero a raíz de la emergencia sanitaria se dividió en 2 etapas. Que, mediante Decreto Supremo N° 044-2020-PCM ampliado temporalmente mediante los Decretos Supremos posteriores, se declara el Estado de Emergencia Nacional y se dispuso el aislamiento social obligatorio (cuarentena), por las graves circunstancias que afectan la vida de la Nación a consecuencia del brote de COVID-19; disponiéndose asimismo una serie de medidas para el ejercicio del derecho a la libertad de tránsito durante la vigencia del Estado de Emergencia Nacional, la misma que interrumpió cumplir con el cronograma establecido en la metodología de trabajo para esta presente investigación, llevándose así en dos etapas que se presentara líneas abajo (ver tabla 6. Evaluaciones a realizar y frecuencia de monitoreo).

Se realizaron pruebas previas de funcionamiento y de condiciones óptimas, de los siguientes parámetros in situ: OD y SSV en el reactor biológico durante la etapa de aclimatación. Pasado ese intervalo de tiempo considerado se procedió a realizar los respectivos análisis del agua residual, afluyente y efluente al sistema de lodos activados a escala de laboratorio de los siguientes parámetros: demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), sólidos suspendidos totales (SST), aceites y grasas.

Cumpliendo con las dos etapas de monitoreo en función a los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

- Evaluar la eficiencia de los lodos activados a escala de laboratorio en la disminución de demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), sólidos suspendidos totales (SST), aceites y grasas; del efluente del Camal Municipal de Cajamarca.

### **Objetivos específicos**

- Conocer los valores de los parámetros monitoreados: demanda química de oxígeno (BQO); demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>); sólidos suspendidos totales (SST); aceites y grasas (A y G); antes del tratamiento.
- Conocer los valores de parámetros monitoreados: demanda química de oxígeno (BQO); demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>); sólidos suspendidos totales (SST); aceites y grasas (A y G); después del tratamiento.
- Comparar los valores de los parámetros analizados después del tratamiento, con los VMA de acuerdo a la norma actual vigente.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 Antecedentes

En el estudio realizado por Alpírez et al. (2017), denominado “Evaluación de un Sistema Biológico de lodos activados a escala de laboratorio” de la Universidad Tecnológica de Panamá, se evaluó el funcionamiento y la eficiencia de un sistema de lodos activados, a partir de un reactor a escala de laboratorio completamente mezclado, en aguas residuales municipales. El sistema fue diseñado con un caudal promedio de 9.77 ml/min y un tiempo de retención hidráulico de 29.3 horas (1.2 días), se realizaron mediciones en un período aproximado de tres meses, en los cuales se obtuvo como resultado una eficiencia en la remoción de DQO de 54 %, de sólidos suspendidos de 70 % y de DBO de 83 %, lo que indica que es un sistema apto para la reducción de materia orgánica.

Rubio y Padilla (2009) trataron 30l/día de agua residual proveniente de beneficio camal mediante el proceso de lodos activado a escala de laboratorio. Durante 8 semanas de monitoreo, el agua residual es captada en la caja de registro luego fue llevado a un tanque de homogenización de 60 l. En el cual se daba vueltas manualmente con ayuda de una paleta, luego pasaba a un tanque sedimentador primario de volumen 40 l definido un tiempo de retención de 18 h. Posteriormente el agua residual proveniente del sedimentador primario fue pasado a un reactor biológico, con un tiempo de retención hidráulica de 4 horas; luego el agua tratada pasa a un sedimentador secundario con un periodo de retención de 1 hora. Finalmente, el sistema logro remover el 53.59 % de DBO<sub>5</sub>, 48.72 % de DQO eficiencia en SST de 53.04 % y SSV 93.30 %, aceites y grasas entre 0.00 % y 57.14 %, coliformes totales entre 99.30 % y 27.27 % y coliformes fecales entre 93.30 % y 27.27 %.

En un estudio realizado por Sánchez y Villaverde (2020), en la ciudad de Trujillo- La Libertad- Perú, tuvo como objetivo determinar la influencia del sistema de lodos activados en la calidad de los efluentes del camal de El Porvenir, tomándose muestras simples de los efluentes del camal, del efluente del pretratamiento y del efluente del sistema de lodos activados durante 12 días diferentes y se analizó la demanda biológica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, la demanda química de oxígeno DQO, sólidos suspendidos totales – SST y aceites y grasas AyG. La evaluación del sistema se realizó a partir del cálculo de

la eficacia de remoción del sistema para los parámetros la DBO<sub>5</sub>, DQO, SST y AyG. Como resultados se obtuvo que la eficacia para DBO<sub>5</sub> es 93.52 %, para DQO es 92 %, para SST es 91.54 % y para AyG es de 2.96 % sistema. Finalmente se concluye que el sistema de lodos activados influye significativamente en la calidad de efluentes del camal de El Porvenir, ya que estadísticamente el porcentaje de remoción de contaminantes es significativo.

Nieto y Huamán (2019) trataron las aguas residuales provenientes de un camal de porcinos en la ciudad de Lima, mediante el proceso de oxidación avanzada O<sub>3</sub>/UV; inicialmente realizando un análisis fisicoquímico de caracterización del efluente obteniendo como respuestas: DBO<sub>5</sub> (625.9 mg/L), DQO (1965 mg/L), SST (978.3 mg/L) y aceites y grasas (354 mg/L). Previamente se hizo un tratamiento preliminar coagulación-floculación para separar partículas de mayor tamaño, luego el proceso de oxidación avanzada O<sub>3</sub>/UV. Logrando un porcentaje de remoción al 83% en promedio de la materia orgánica (DQO) y 96% de remoción en sólidos suspendidos totales (SST). Con las condiciones óptimas trabajadas experimentalmente se caracterizó el agua residual después del tratamiento obteniendo como respuestas: DBO<sub>5</sub> (185.6 mg/L), DQO (324 mg/L), SST (38 mg/L) y aceites y grasas (9.8 mg/L), permitiendo así la disposición final de las aguas tratadas cumpliendo con los valores máximos admisibles según la normativa vigente, como el Decreto Supremo N°010-2019-VIVIENDA, anexo 01.

En consideración al Decreto Supremo que aprueba los Valores Máximos Admisibles (VMA), DECRETO SUPREMO N° 010-2019-VIVIENDA, para descargas de aguas residuales no domésticas, en el sistema de alcantarillado, establece la prohibición de descargar en las redes de alcantarillado sanitario, sustancias o elementos extraños que contravengan las normas vigentes sobre la calidad de los efluentes, para ellos los usuarios del servicio de alcantarillado sanitario tienen prohibido descargar al sistema de alcantarillado sanitario, aguas residuales no domésticas que excedan los Valores Máximos Admisibles (VMA) de los parámetros que considere el ente rector, para el sector de sacrificio de camales considerado los parámetros considerados en el Anexo 1. Del Decreto Supremo en mención, Según MVCS (2019).

Dentro de la Norma Técnica Nacional, en consideración a la Norma Técnica Peruana OS 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones, recomienda que para el diseño de nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales se debe realizar plantas a escala de laboratorio con una capacidad de 40 l/d o plantas a escala piloto con una capacidad de



alrededor de 40 – 60 m<sup>3</sup>/d, con la finalidad de determinar las constantes cinéticas y parámetros de diseño, según MVCS (2005).

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Aguas residuales**

De acuerdo con Rodríguez y Duran, citado por Romero (2009), “Las aguas residuales se definen como aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas”

Quiroz et. al. (1992) señala que, el tratamiento de las aguas residuales antes de los años 60 se realizaba de tres tipos: procesos físicos, procesos químicos y por último procesos biológicos.; este último indicando que se lleva a cabo gracias acción metabólica de microorganismos aerobios y anaerobios. Además, indica que del año 60 en adelante se han buscado nuevas opciones que no demanden de grandes costos, entre ellas el trabajo que realiza en tratamiento biológico a través de uso de plantas vasculares.

Floramis et. al (2016) nos detalla que el tratamiento de las aguas residuales lleva a cabo en tres etapas denominadas: la primera referida al tratamiento primario donde los sólidos pesados pueden asentarse, mientras que los elementos más ligeros como el aceite y grasas flotan en la superficie. El tratamiento secundario por su parte consiste en eliminar la materia disuelta en suspensión biológica; finalmente el tratamiento terciario donde el agua se desinfecta antes de una descarga a una corriente, río o laguna.

#### **2.2.1.1 Aguas residuales industriales**

Para García Roman, R (2010) las residuales industriales presentan algunas características especiales entre ellas: elevada carga orgánica, presencia de componentes tóxicos para los microorganismos, además de presencia de sustancias no biodegradables o difícilmente biodegradables.

De acuerdo a Rodríguez, A. et al. (2006), “el adecuado tratamiento de aguas residuales industriales y su posterior reutilización para múltiples usos contribuye a un consumo sostenible del agua y a la regeneración ambiental del dominio público hidráulico y marítimo y de sus ecosistemas”. Sin embargo, según Quiroz et. al. (1992), las industrias

aún no han implementado un diseño adecuado para el tratamiento de sus aguas residuales, bien porque aún se desconoce o por los elevados costos que demanda.

### **2.2.1.2 Aguas residuales provenientes de camales**

Para Muñoz (2005) las aguas que proviene de camales presentan contaminantes lo constituyen: sólidos en suspensión, materia orgánica biodegradable, patógenos, nutrientes, contaminantes prioritarios, materia orgánica refractaria, metales pesados y sólidos inorgánicos disuelto, al mismo nos indica el volumen o cantidad generada de agua residual depende del número de animales sacrificados, por lo que para estimar un tratamiento se debe tener en consideración este aspecto.

### **2.2.2 Tratamiento secundario o biológico de aguas residuales**

Según indican Laura y Lebrato (2000), “como su nombre indica, los tratamientos biológicos de aguas residuales se basan en el empleo de microorganismos, fundamentalmente bacterias, para la depuración de las mismas”, para Rodríguez et al. (2006), “constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes”. Para López (s.f), “el tratamiento biológico consiste en la estabilización de la materia contaminante aun presente en el agua residual después del tratamiento primario, mediante la acción de la biomasa, especialmente bacterias; que actúan a través de procesos mediante absorción biológica, que permite utilizar los sólidos disueltos como fuente de energía”. Rodríguez et al. (2006), “El tratamiento biológico consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P)”.

Rodríguez et al. (2006), “el tratamiento biológico no solo es utilizado en el caso de aguas residuales urbanas, sino en buena parte de las aguas industriales”; ya que se puede llevar a cabo de forma aerobia o anaerobia y la biomasa puede estar suspendida o adherida a algún medio, para aquellas plantas de tratamiento con capacidades menores a 220 l/s es recomendable la digestión anaeróbica ya que implica un elevado costo de operación, ya que requiere suministro de aire, por lo tanto mayor consumo de energía y por consiguiente también se producirá mayor producción de lodos; aunque las grandes ventajas sería que nos permite obtener una mejor calidad de agua tratada, en cuanto a la operación es mucho

más fácil , y por ultimo remueven nitrógeno y fósforo además de la materia orgánica (Limón 2013).

En el proceso de tratamiento biológico, se presenta varios tipos, siendo el más común el de lodos activados, en este tipo de proceso los microorganismos se encuentran suspendidos o flotando libremente en el agua y se separan por medio de sedimentación (Limón, 2013), además se tiene una corriente de recirculación de lodo de los sedimentadores secundarios hacia el reactor biológico para mantener una concentración deseada de biomasa (Limón 2013).

Según Rodríguez et al. (2006) dentro de estos procesos utilizados existe algunas variaciones o modificaciones según la forma de operar, así tendremos: aireación prolongada, contacto-estabilización, reactor discontinuo secuencial

### **2.2.3 Lodos activados o lodos activos**

Este tratamiento consiste en someter a aireación el agua residual de cualquier fuente (municipal o industrial) a algún tipo de aireación, durante un lapso o periodo de tiempo, reduciéndose el contenido de materia orgánica, formándose a la vez un lodo flocculento (Rodríguez et al. 2006). En este proceso, los microorganismos se encuentran en suspensión en las aguas residuales, la aireación del agua residual en el tanque de aireación suministra oxígeno a los microorganismos aerobios y como resultado del metabolismo se agrupan en flóculos, que constituyen el llamado lodo activado (Ramírez et al. 2017:31). Y para separar los flóculos del agua, se ha de llevar a cabo una sedimentación, donde se realiza una recirculación de parte de los fangos, para mantener una elevada concentración de microorganismos en el interior de reactor (Rodríguez et al. 2006).

El proceso de lodos activados incluye su crecimiento y desarrollo en el tanque de aireación, su posterior paso al tanque de sedimentación y su recirculación al tanque de aireación, proceso cíclico, que se repite hasta el momento que estos son purgados y eliminados del sistema (Díaz et al. 2014:2).

Para Limón (2013), “La etapa más importante del tratamiento de lodos es la estabilización, durante la cual se reduce la masa y volumen y se reducen los organismos patógenos, olores y la atracción de vectores”. El nitrógeno amoniacal se consume en el proceso de crecimiento por su incorporación en las células mientras que cambia también la alcalinidad, se consume el O<sub>2</sub>, y la contribución en la formación de lodo es pequeña debido que la tasa de crecimiento de los autótrofos es muy baja (CYTED S.f).

Rodríguez et al. (2006) nos indica que la cantidad de oxígeno suministrado al sistema y la edad celular de los fangos, como parámetros de importancia para el correcto funcionamiento del sistema. Lo primero, la solubilidad del oxígeno en el agua es pequeña (en torno a 8-9 mgO<sub>2</sub>/l ), por lo que será necesario asegurar el suministro a los microorganismos, utilizando aireadores superficiales, capaces de suministrar 1 kgO<sub>2</sub>/kW·h, o bien difusores, para ello el mismo autor nos indica que valor mínimo de operación aconsejable de concentración de oxígeno disuelto es de 2 mg/l, su aplicación a aguas residuales puede estar muy condicionada por la baja solubilidad del oxígeno en el agua .El otro parámetro referido a la denominada “edad celular” que hace referencia al tiempo medio que permanecen los fangos (flóculos, microorganismos) en el interior del sistema, para esto Rodríguez et al. (2006) nos recomienda mantener entre 5-8 días en condiciones convencionales de operación.

#### **2.2.3.1 Componentes del sistema de lodos activados**

El proceso de lodos activos consta principalmente de: un tanque de aireación (reactor) en el cual los microorganismos se mantienen en suspensión y aireados; de un sistema de separación de sólidos (normalmente un tanque de sedimentación) y de un sistema de recirculación para devolver la biomasa sedimentada (microorganismos y sólidos inertes) al reactor (Buitron s.f).

Para Chocce y Galarza (2012) el diagrama físico de un sistema de lodos activos de tipo mezcla completa consta de tres unidades principales las cuales son: un clarificador primario, el reactor y un clarificador secundario.

#### **2.2.3.2 Etapas de funcionamiento del sistema de lodos activados**

El efluente crudo es introducido a un depósito que cumple la función de clarificador que tiene por finalidad separar las partículas de mayor tamaño, el agua proveniente de este clarificador ingresa al reactor biológico, donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión; la mezcla líquida contenida en el reactor se conoce como líquido mezcla o licor mixto. En el reactor el cultivo bacteriano lleva a cabo la conversión de la materia orgánica en CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, nuevas células y energía. Para crear el ambiente aeróbico adecuado se emplea difusores o de aireadores mecánicos, que también sirven para mantener el líquido mezcla en estado de mezcla completa. Al cabo de un periodo determinado de tiempo, la mezcla de las nuevas células con las viejas se conduce hasta un el clarificador secundario (decantador secundario) para su separación del efluente final, generándose finalmente un efluente tratado (Ramírez et al. 2017).

### **Etapa de aireación**

Se podría afirmar que es la etapa principal del proceso de tratamiento de aguas residuales mediante esta tecnología (lodos activados), ya que en esta etapa los microorganismos presentes en el licor de mezcla degradan la materia orgánica contenida en el agua residual, con ello disminuyendo el contenido de DBO<sub>5</sub> (Ramírez et al. 2017:90). Durante esta etapa se debe tener en cuenta que se forman espumas, cual se debe retirar en forma constante para así evitar que el tratamiento sufra algún cambio desfavorable para el tratamiento (Ramírez et al. 2017:35), al mismo que se debe mantenerse las condiciones ambientales para permitir el desarrollo óptimo de la biocenosis. Según sea el tipo de compuesto a eliminar, podemos distinguir tratamientos biológicos que eliminan compuestos carbonados, compuestos nitrogenados o fósforo, (Laura y Lebrato 2000).

Según Ramírez et al. (2017:90), “En esta etapa la concentración de DBO<sub>5</sub> debería disminuir entre un 90,0 % a 95,0 %. El objetivo en esta etapa es disminuir la mayor cantidad posible la concentración de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, fósforo, nitrógeno total para poder cumplir con la norma ambiental”, en cuanto a la concentración de microorganismos en el efluente del proceso biológico, es despreciable en comparación con la concentración de microorganismos dentro del proceso biológico de tratamiento. En el proceso biológico de depuración (oxidación, síntesis y endogénesis) solamente ocurre en la cuba de aireación y no en el decantador, aunque también puede presentarse que ocurran algunos procesos biológicos en el decantador en algunos sistemas (Chocce y Galarza 2012).

### **Etapa de sedimentación secundaria**

Esta etapa cumple principalmente la función de sedimentación del efluente tratado en la etapa anterior (reactor biológico), para poder eliminar ciertas sustancias sólidas aun presentes en el agua residual, para lo cual es recomendable utilizar reactores y/o sedimentadores con forma cónica, según Ramírez et al. (2017:90).

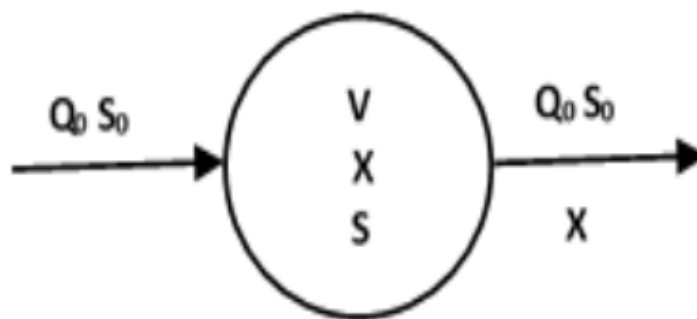
#### **2.2.3.3 Modificaciones del proceso básico de lodos activados**

Para este tipo de variaciones o modificaciones del proceso básico de lodos activados o fangos activados, normalmente se suele trabajar con relaciones A/M más pequeñas (mayores tiempos de residencia), consiguiendo mayor rendimiento en la degradación de materia orgánica, interesante su utilización, además, cuando se pretendan eliminar

compuestos con nitrógeno simultáneamente con la materia orgánica; únicamente se diferencian en la forma de operar, según Rodríguez et al. (2006).

Gracias a estas variaciones se realiza el proceso sin la necesidad de recirculación de lodos, se evitan de esta forma los posibles problemas en la sedimentación y recirculación de fangos, frecuente en los procesos clásicos de fangos activados. Sin embargo, el aporte de oxígeno será un factor importante, se requiere de una aireación prolongada para conseguir una buena distribución del líquido (Rodríguez et al. 2006).

Metcalf y Edy, citado por Chávez (2018), indica que en este tipo de reactor el agua a procesar entra directamente al digestor (fig. N° 1) en donde se tiene las condiciones adecuadas para el crecimiento microbiano como son: pH, temperatura, nutrientes, entre otros, además del oxígeno necesario para que la ruta de descomposición del material orgánico sea la aerobia. El sustrato contenido en el agua residual es convertido a gases y nuevas células por los microorganismos presentes en el medio, después de un cierto tiempo, la cantidad de biomasa (sólidos volátiles suspendidos) se incrementa a expensas de la DBO o sustrato que disminuye, en el módulo sin recirculación de lodos, la edad de los lodos es igual al tiempo de retención hidráulica (Condori y Ruelas 2017).



**Figura 1.** Esquema de reactor aeróbico de flujo continuo sin recirculación de lodo (Ramón et al. 2016).

#### 2.2.3.4 Lodos

Durante el tratamiento secundario o biológico, se genera una fracción de lodo, según Díaz et al. (2014) este lodo está compuesto principalmente por microorganismos, y una parte por materia sólida y pueden presentar un color marrón o marrón oscuro, si es muy oscuro puede estar próximo a volverse séptico, si es más claro de lo normal puede estar poco aireado. Para Chocce y Galarza (2012) los microorganismos que están presentes en los lodos son principalmente bacterias unicelulares, hongos, algas, protozoos y rotíferos, de

estos las bacterias son las más importantes, que van cambiando continuamente en función de las variaciones de composición de las aguas residuales y de las condiciones ambientales brindadas.

En cuanto a la edad de lodos Calderón (s.f) menciona que un lodo joven presenta una demanda elevada de alimento ( $DBO_5$ ) y oxígeno, pero destinan la mayor parte de la energía obtenida al crecimiento de las células, sin embargo, no es fácil que las células se aglutinen y formen flóculos lo suficientemente pesados como para sedimentar y como resultado, el efluente presentará incrementos en la  $DBO_5$  y en los sólidos suspendidos; y en el sedimentador se manifiesta a través de “nubes” emergentes de partículas y espuma blanca emergente. Un lodo viejo, por su parte, presenta una sintomatología diferente, ya que el nivel de actividad es bajo, la demanda tanto de oxígeno como de alimento tiende a decrecer y el lodo sedimenta muy rápido. En cuanto a la cantidad producida depende de varios factores: eficiencia del tratamiento primario, relación de SST a  $DBO_5$ , cantidad de sustrato soluble, remoción de nutrientes y criterios de diseño del tratamiento, según Limón (2013).

#### **A. Lodos primarios**

Este tipo de lodos se caracterizan por ser residuos pesados debido a que el porcentaje de materia orgánica fluctúa entre el 60% al 70%, esto debido a su tamaño de asimilación microbiana lenta; estos lodos no sufren un tratamiento biológico, no se han descompuesto en su totalidad por lo que son altamente inestables, contienen sólidos fecales y otros tipos de desechos; y cuyo contenido de humedad es del 95% aproximadamente además de provocar fuertes olores, su color es gris (Ramírez et al. 2017:32).

#### **B. Lodos secundarios**

Los lodos secundarios son aquellos sólidos que proceden del reactor biológico y son separados en el clarificador secundario, en algunos casos son recirculados para mantener una población microbiana adecuada en el tanque de aireación y por otra parte es eliminada constituyendo lo que se llama "lodos en exceso", en cuanto a sus características presenta coloración marrón oscuro, cuya humedad esta entre 98% al 99,5%, también ocupan un volumen importante y son de difícil manipulación (Ramírez et al. 2017:32).

#### **2.2.4 Oxígeno disuelto**

Cortes (2015) define el oxígeno disuelto (OD) como la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto en el agua, y la concentración del mismo se establece como la concentración actual en (mg/l), o como cantidad de oxígeno que puede tener el agua a una temperatura determinada, además se le conoce también como el porcentaje de saturación la unidad mg/l se refiere a miligramos por litro. Para el tratamiento biológico del agua residual las bacterias aerobias requieren de oxígeno para consumir la materia orgánica degradable, cantidad consumida de oxígeno, se mide en la diferencia entre el oxígeno al principio y final de la prueba; además existe una relación entre la concentración del oxígeno disuelto en el agua (OD) y su grado de contaminación, ya que mayor cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, más cantidad de oxígeno necesitan los microorganismos para oxidarla o degradarla (Raffo y Ruiz 2014:75).

Grandes cantidades de oxígeno son consumidas por descomposición de bacterias (cuando haya grandes cantidades de materia muerta para descomponerse, habrá un número significativo de bacterias) Rodríguez, A. et al. 2006). El agua contiene menos oxígeno en los lugares altos, cuando la salinidad aumenta, el oxígeno disuelto disminuye; cuando los contenidos minerales aumentan, el oxígeno disuelto disminuye. Al aumentar la temperatura, disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua (Rodríguez, A. et al. 2006).

#### **2.2.5 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Para Pramparo (2016). La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Además, asociada del proceso de oxidación de amoníaco a nitrato.

La DBO constituye de gran importancia como indicador del proceso es la concentración, sobre todo en el afluente al tanque de aireación y el efluente del sedimentador secundario. La DBO proporciona al operador la información relativa al funcionamiento de la planta, como es la eficiencia de remoción de la materia orgánica (alimento), remociones por arriba del 90 por ciento de DBO indican que la planta funciona bien; y por debajo del 80 por ciento denota que existen problemas de operación (Ruiz, s.f).

Ruiz (s.f) indica que, si la carga de DBO se incrementa significativamente, habrá demasiado alimento para los microorganismos del sistema. Este exceso podrá incrementar la tasa de reproducción y producir un lodo activado joven caracterizado por



un crecimiento disperso de la población, lo que se traduce en una sedimentación secundaria pobre. Pero también, se incrementaría el consumo de oxígeno, por el contrario, si no se tiene la cantidad adecuada de microorganismos y oxígeno requerido, no toda la DBO (alimento) será utilizada por los microorganismos, y una parte pasará directamente al sedimentador secundario y al efluente de la planta, lo que provocará que la eficiencia de tratamiento disminuya; si, por el contrario, la carga orgánica (DBO) decrece, no habrá suficiente alimento para los microorganismos y disminuirán su tasa de crecimiento por lo que la población microbiológica del sistema se reducirá; el efecto será un efluente con incremento en la concentración de sólidos suspendidos al formarse un flóculo de rápida sedimentación que no ayuda al arrastre de partículas finas y coloidales.

#### **2.2.6 Demanda química de oxígeno (DQO)**

Romero et al (2009), señala que la DQO es una medida aproximada del contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable de una muestra de agua; y para determinar la cantidad de DQO se acelera artificialmente la biodegradación que realizan los microorganismos, mediante un proceso de oxidación forzada, utilizando oxidantes químicos y métodos debidamente estandarizados. Romero et al (2009) en su trabajo realizado denominado “tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica”, indica que la capacidad de remoción se debe a los efectos combinados entre el tiempo de retención hidráulica, la acción filtrante del sustrato para retener sólidos suspendidos del agua y la actividad biológica del sistema.

La DQO es un importante indicador analítico en plantas de lodos activados, además de ser un índice de descargas industriales; mediante el análisis de DQO se determina el equivalente de oxígeno de la materia orgánica que pueda oxidar un oxidante químico energético; esta será mayor que la DBO<sub>5</sub>, ya que hay compuesto susceptible de oxidarse más química que biológicamente (Ruiz s.f).

#### **2.2.7 Sólidos suspendidos totales**

De acuerdo a Orellana (2019), “los SST o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural, residual industrial o doméstica, es la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C, hasta peso constante”.

### 2.2.8 Grasas y aceites

Gonzales (2013) define a las grasas y aceites como todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que, al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas; las mismas que entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual; dentro de sus principales características es que las grasas son el componente de las aguas residuales que tiene una mayor tendencia a oxidarse provocando que al momento de llegar a los reactores biológicos, fijen rápidamente el oxígeno disuelto disponible, pudiendo ocasionar situaciones de anoxia puntuales que podrían propiciar la proliferación de microorganismos filamentosos. De acuerdo con TEQMA (2018), “las grasas y aceites tienen tendencia a flotar, debido a que su densidad es inferior a la del agua, lo que genera capas en la superficie de los reactores biológicos, dificultando la transferencia de oxígeno”.

Romalho, citado por Condori y Ruelas (2016), indica las grasas y aceites presentes en el agua residual son muy estables y difíciles de descomponer por las bacterias, por lo tanto, deben ser removidos antes del tratamiento o traerán problemas en la descomposición de la MO, además de que interfieren en la transferencia de materia orgánica soluble a través de la pared celular de los microorganismos al envolverlos, por lo cual mueren por falta de alimento. Según Ruiz (s.f) indica que, si las cantidades de grasas y aceites son mayores a 100 mg/l empujarán a los flóculos a la superficie de los clarificadores secundarios, pero si son mayores de 150 mg/l los problemas de aglomeración de flóculos se dará desde el reactor biológico lo que puede ocasionar una pérdida importante de SSV en el sistema y por lo tanto una baja eficiencia en la remoción de materia.

## **2.3 Definición de términos**

- **Lodos activados**

Según Choce y Galarza (2012), define como “el proceso más utilizado y conocido en tratamiento biológico de aguas es el proceso de lodos activos. su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos capaces de estabilizar un residuo por vía aerobia”.

- **Escala de laboratorio**

Dentro de la basta Normativa Nacional, en consideración la Norma Técnica Peruana OS 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones, recomienda que para el diseño de nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales se debe realizar plantas a escala de laboratorio con una capacidad de 40 l, con la finalidad de determinar las constantes cinéticas y parámetros de diseño MVCS (2005).

- **Valores Máximos Admisibles (VMA)**

Según MVCS (2019) define los Valores Máximos Admisibles como “la concentración de los parámetros contenidos en las descargas de las aguas residuales no domésticas a descargar en los sistemas de alcantarillado sanitario y que puede influenciar negativamente en los procesos de tratamiento de las aguas residuales, al exceder dichos valores”.

## CAPITULO III

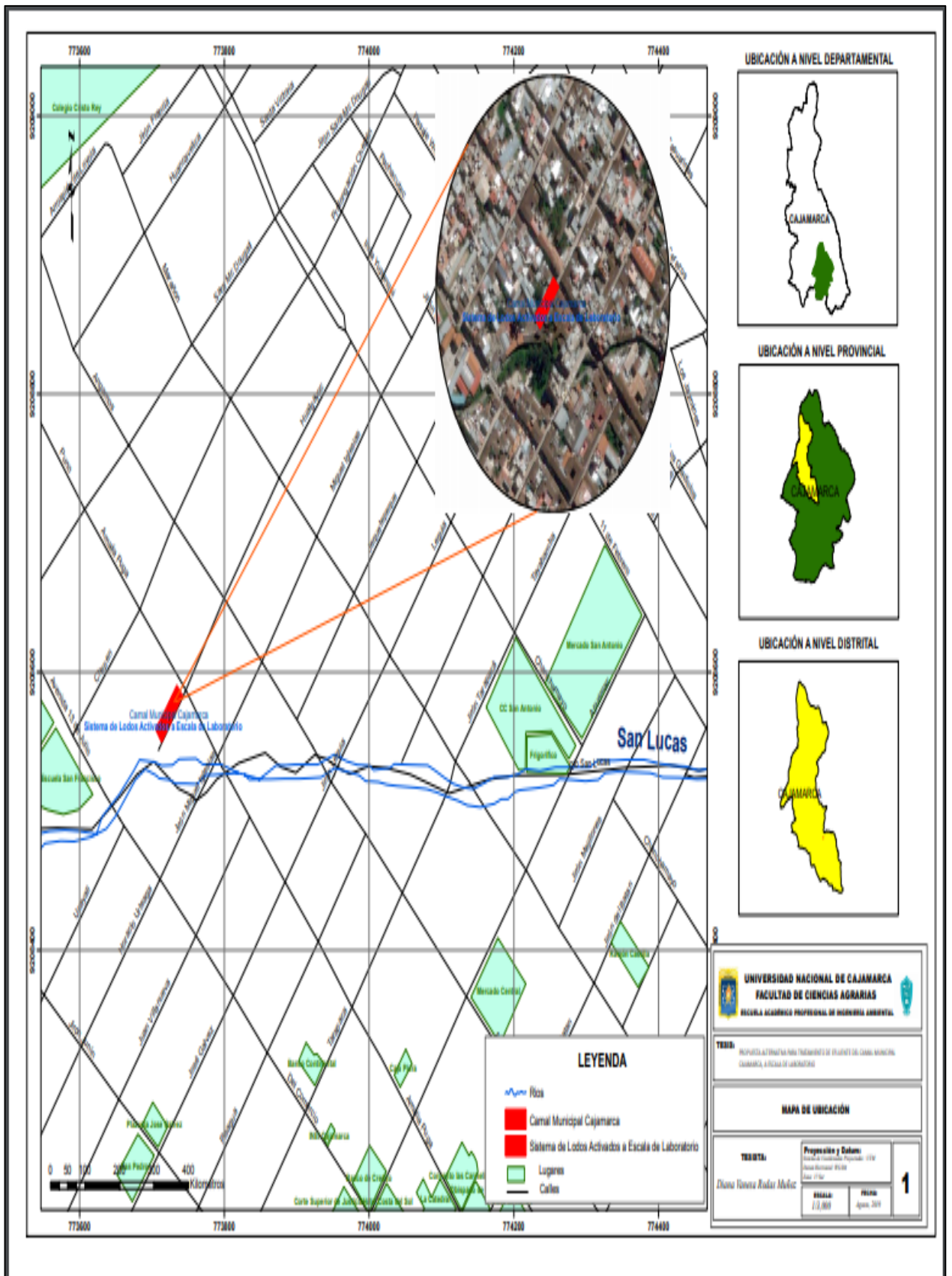
### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Camal Municipal Cajamarca ubicado en prolongación Amalia Puga N° 169 Barrio San José.

*Tabla 1. Localización de la investigación*

<b>CATEGORÍA</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>
<b>PAÍS</b>	Perú
<b>REGIÓN</b>	Cajamarca
<b>PROVINCIA</b>	Cajamarca
<b>DISTRITO</b>	Cajamarca



*Figura 2. Mapa de ubicación de lodos activados a escala de laboratorio en el Camal Municipal Cajamarca*

### **3.2 Vías de acceso**

El camal Municipal de Cajamarca se encuentra ubicado dentro del área urbana de la ciudad de Cajamarca, prolongación Amalia Puga N° 169, Barrio San José. El ingreso a la calle prolongación Amalia Puga es a través de todos los medios de transporte terrestre autorizados por la autoridad vial.

### **3.3 Características meteorológicas**

La ciudad de Cajamarca presenta un clima del tipo semiseco, templado y semifrío, con ausencia de lluvias en las estaciones de otoño, invierno y primavera. En el valle de Cajamarca, durante los meses de junio a octubre y excepcionalmente en noviembre, las noches son muy claras como en luna llena y durante el día el sol brilla desde la mañana hasta el atardecer. Cuando ocurren estos fenómenos se puede presentar escarcha sobre la vegetación o fenómenos de heladas en las madrugadas (Sánchez R, A y Vásquez P, C 2010).

Las temperaturas máximas promedio son aproximadamente constantes durante el año y fluctúan alrededor de los 22 0C, 21 0C y 16 0C respectivamente. La constancia de las temperaturas máximas promedio se debe a la considerable cobertura nubosa presente entre los meses de febrero – marzo y octubre – noviembre, y la época de variación anual de radiación solar incidente. Las temperaturas mínimas promedio son más variables que las máximas, y las más bajas ocurren en los meses de julio y agosto (Sánchez R, A y Vásquez P, C 2010).

Las lluvias se producen durante todo el año, pero son más frecuentes en los meses que van de enero a abril. Una característica particular de las lluvias es que presentan dos máximas, una en octubre y otra en marzo, acumulando más de 1 000 l/m<sup>2</sup> al año (Sánchez R, A y Vásquez P, C 2010).

### **3.4 Unidad de análisis, universo y muestra**

#### **Población y muestra**

La población y la muestra para este presente trabajo lo constituyen el reactor biológico y el sedimentador secundario a escala de laboratorio, diseñados para tratar las aguas residuales provenientes del Camal Municipal de Cajamarca.

### **Unidad de análisis**

La unidad de Análisis lo representa el agua residual del Camal Municipal de Cajamarca en proceso de tratamiento, contenidos en las unidades de tratamiento a escala de laboratorio.

### **Unidad de observación**

La unidad de observación corresponde a los volúmenes de agua residual provenientes del Camal Municipal de Cajamarca en proceso de tratamiento, tomados en los 2 puntos de monitoreo que fueron evaluados en el Laboratorio Regional del Agua. Los volúmenes tomados de acuerdo al parámetro en estudio oscilan entre 300 ml y 1 000 ml.

## **3.5 Materiales**

### **3.5.1 Material experimental**

- El material biológico utilizado en el presente estudio fue el agua residual del Camal Municipal de Cajamarca, muestreado en 2 puntos identificados: punto de monitoreo afluente (PMA) y punto de monitoreo efluente (PME).
- Las 02 unidades de tratamiento del sistema de tratamiento a escala de laboratorio.

### **Accesorios y materiales de instalación**

- Andamio o soporte
- Tanque de vidrio de forma rectangular (reactor biológico)
- Tanque cónico (sedimentador secundario)
- Tanque de plástico de 60l. (alimentador de AR)
- Tanque de plástico de 20l. (contenedor del efluente del sistema).
- Aireadores o difusores triangulares de piedra pómez de 30 cm. (9 unidades).
- Bombas de aire Rs electrical Rs 083 1.6l/h (9 unidades).
- Grifo de media para regulación de caudal.
- Manguera transparente de ½” para el paso del agua por rebose de las unidades.
- Silicona
- Mangueras de aireación para los difusores
- Tamizador de partículas grandes

### **3.5.2 Materiales y equipos**

A continuación, se detalla los materiales y la indumentaria básica actividades de funcionamiento y de monitoreo del sistema de lodos activados a escala de laboratorio:

#### **Materiales**

Fichas de registro de campo

- Cadena de custodia
- Plumón indeleble
- Reloj
- Frascos de plástico de 1l.
- Frascos de 750 ml.
- Frascos de vidrio oscuro de 300 ml.
- Frascos winkler para OD de 300 ml
- Etiquetas de identificación de muestra

#### **Equipos**

- Multi parámetro

#### **Reactivos**

- $H_2SO_4$

Redox  $x_1$   $x_2$

#### **Indumentaria**

- Botas o zapatos de seguridad
- Guantes de jebe antideslizantes con cubierta de brazo
- Guantes de látex descartables
- Mascarilla descartable
- Guardapolvo o mandil

### **3.6 Diseño de investigación**

Hernández, S, R. et al; citado por Chávez (2018), El diseño es pre-experimental porque no existe la posibilidad de comparación de grupos. Por lo cual este tipo de diseño consiste en administrar un tratamiento o estímulo en la modalidad de sólo postprueba.

Consiste en llevar a cabo un tratamiento “X”, a un grupo “G”, realizando 7 mediciones u observaciones O1, O2, O3 ...O7 en diferentes intervalos de tiempo.

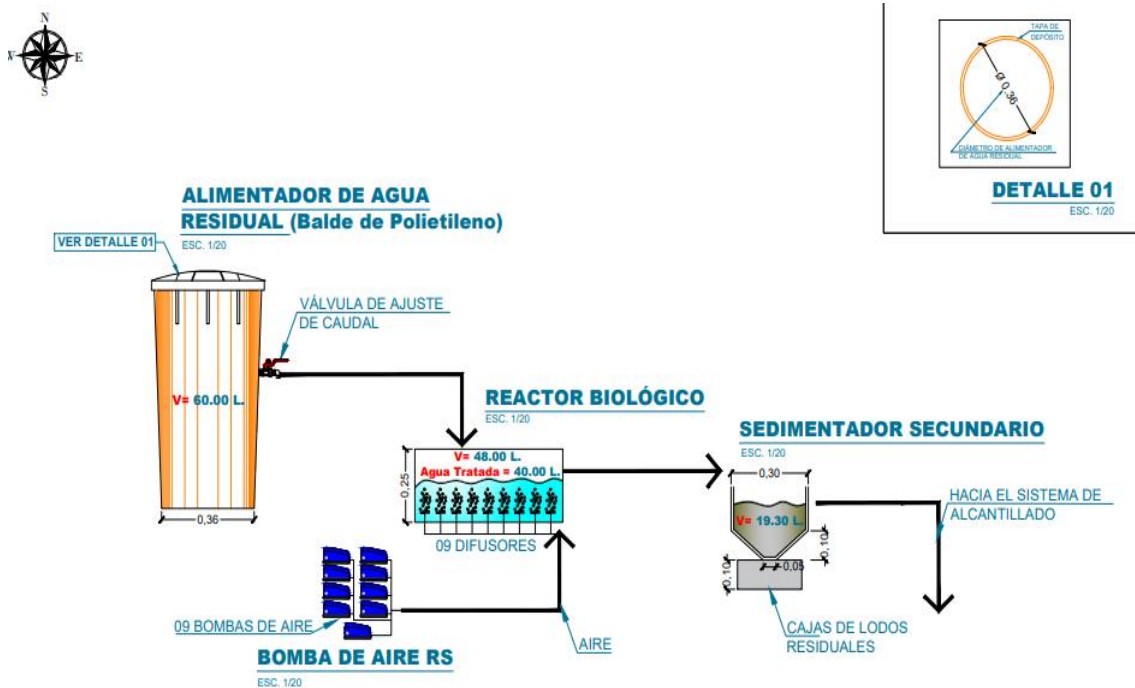


**Tabla 2.** Simbología utilizada en el diseño de investigación

Símbolo	Significado
G	Grupo de sujetos (G: el residual proveniente del Camal Municipal de Cajamarca en proceso de tratamiento a escala de laboratorio)
X	Tratamiento, estímulo o condición experimental: Es el tratamiento que se le da al agua residual proveniente del camal Municipal Cajamarca, a través del sistema de lodos a escala de laboratorio.
O	Medición de sujetos del grupo (post prueba, consistió en medir las variables).

### 3.7 Descripción del sistema de lodos activados a escala de laboratorio

El sistema constó con 02 unidades de tratamiento, un reactor biológico y sedimentador secundario o decantador, e implementos detallados. Lo cual se presenta en la figura N° 3 Y anexo N° 1.



**Figura 3.** Vista en planta de unidades de tratamiento del sistema de lodos activados a escala de laboratorio.

- **Tamizador**

Constituido por estructuras de madera de 60\*50 cm. Revestido por malla fina y tela como tamizador de partículas y pelos, ubicado en la parte superior del alimentador de agua residual.

- **Alimentador de aguas residuales**

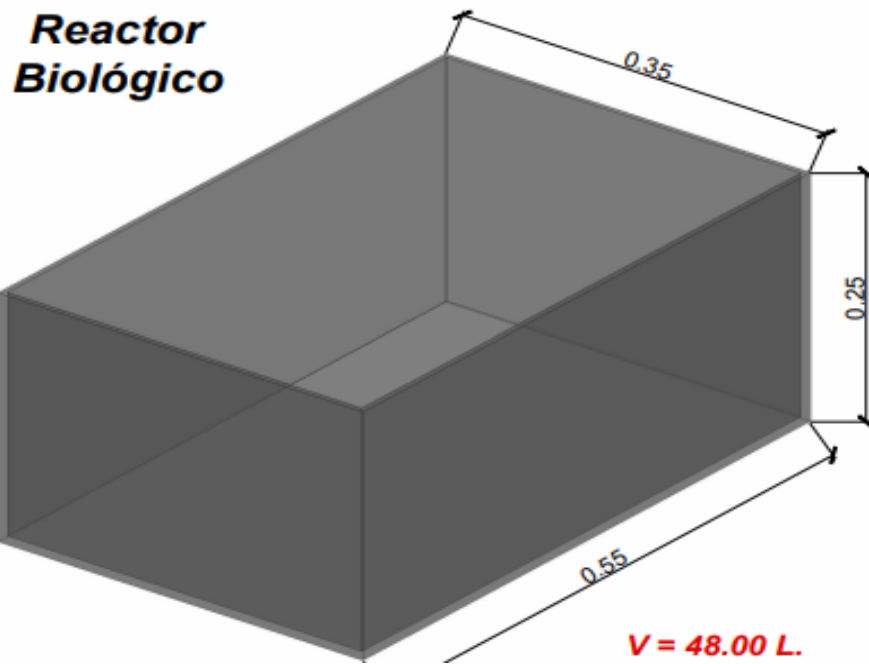
Depósito de plástico (polietileno), de capacidad 60 l. Contenedor que alimentó al tanque de aireación de agua residual proveniente de las unidades de tratamiento preliminar (trampa de grasas y aceites y fosa de sedimentación). El depósito se conectó a un grifo de 1/2" para regulación del caudal de ingreso al tanque de aireación.

- **Reactor biológico**

Tanque de forma rectangular, con capacidad efectiva de 40 l, dotado de un sistema de difusión de aire, cuyas dimensiones se presentan a continuación.

*Tabla 3. Dimensiones del reactor biológico*

<b>Denominación</b>	<b>Largo(m)</b>	<b>Ancho(m)</b>	<b>Altura(m)</b>	<b>volumen(L)</b>
Tanque de aireación	0.55	0.35	0.25	48



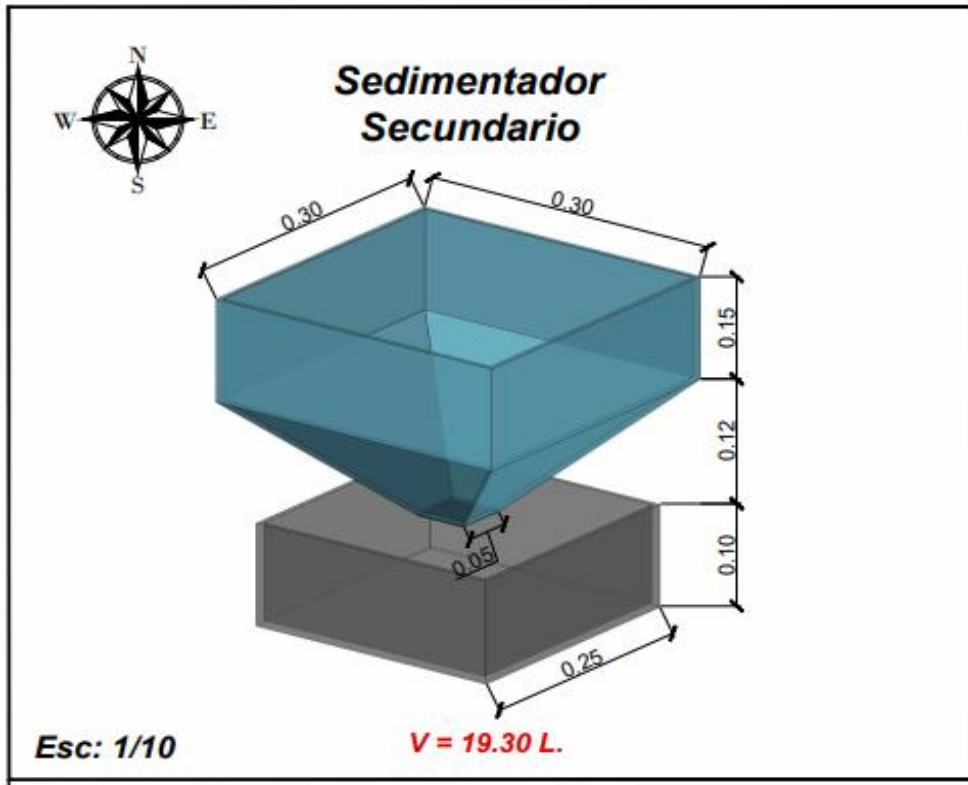
*Figura 4. Dimensiones del reactor biológico*

- **Sedimentador secundario**

También denominado tanque de decantación, de forma cónica, conectado al contenedor de lodos residuales, con un volumen total de 19.3 l. Cuyas dimensiones se presenta a continuación:

*Tabla 4. Dimensiones especificadas del taque de aireación*

Denominación	Largo(m) / *B	Ancho(m)/	Altura(m)	* B.M	Vol
Parte rectangular	0.30	0.30	0.15		13
Parte cónica	0.30	0.30	0.12	0.5	6.3



*Figura 5. Dimensiones del sedimentador secundario*

- **Sistema de difusión de aire**

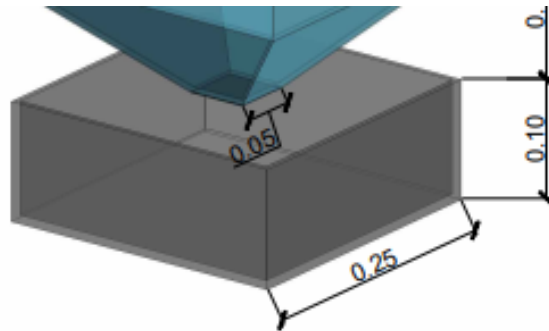
Se emplearon 9 varillas de piedra de aire burbujeador, con 30 cm de longitud, usados para peceras y tratamiento de agua residual. Conectados a aire generado por motores pequeños individuales denominados en el mercado como bomba de aire Rs electrical Rs 083 1.6l/h. El caudal de aire inyectado por varilla es de 13,86 l/min, haciendo un caudal total de aire inyectado al reactor biológico de 124 l/min.

- **Caja de lodos residuales**

Constituyó un complemento continuo del sedimentador secundario (decantador), conectado y regulado por una válvula para regulación y control de descargas de lodo, las dimensiones especificadas a continuación.

*Tabla 5. Dimensiones especificadas de la caja de lodos residuales*

Denominación	Largo(m)	Ancho(m)	Altura(m)	Volumen $m^3$
Contenedor de lodo residual	0.15	0.15	0.10	0.00225



*Figura 6. Dimensiones de la caja de lodos residuales*

- **Soporte**

Constituye el soporte o andamio para todas las unidades de tratamiento de lodos activados, de aluminio



**Soporte Metálico**  
VISTA 3D

*Figura 7. Soporte metálico que sostiene las unidades de tratamiento*

### **3.8 Operación del sistema de lodos activados a escala de laboratorio**

Para la obtención de datos de la presente investigación se inició con la instalación del sistema en el área especificada, se consideró las siguientes especificaciones:

- El proceso de tratamiento es aeróbico, sin recirculación de lodos, con mezcla completa
- El caudal de ingreso al sistema constituyó únicamente del efluente líquido del beneficio de animales del Camal Municipal Cajamarca.
- El llenado de las unidades de tratamiento se realizó de la siguiente manera: el alimentador de agua residual fue llenado manualmente de manera periódica. El reactor biológico llenado como consecuencia de goteo de forma periódica con un caudal de ingreso de 9.25 ml/min, de acuerdo a la escala de laboratorio; Con un tiempo constante de retención hidráulica de 3 días. El caudal de entrada (afluente), es igual al caudal de salida (efluente); en todas las unidades de tratamiento, despreciando las pérdidas por evaporación, debido al corto período de retención hidráulica, además del material de los sistemas y protección de las inclemencias del clima (bajo techo).
- El alimentador funcionó al mismo tiempo como sedimentador primario; donde se ubica además el punto de monitoreo (afluente), donde se tomó la muestra, con código PMA.
- El reactor biológico se abasteció del aire comprimido atmosférico por medio del funcionamiento de los difusores de aire, abastecidos las 24 horas del día. Difundiéndose en forma de micro-burbuja a través de los difusores de aire.
- Las micro-burbujas de aire generaron el movimiento del líquido en el sistema provocando una mezcla completa de los constituyentes y biomasa contenida.

#### **3.8.1 Trabajo de campo**

El sistema de lodos activados (mini-planta) fue instalado en diciembre del 2019, para tratar el efluente líquido del Camal municipal Cajamarca, generado por consecuencia de actividades propias de beneficio de animales, de acuerdo a coordinaciones previas con responsables de dicha entidad.

### **3.8.2 Trabajo de laboratorio**

En el presente trabajo de investigación se realizó el análisis de muestras de agua residual de tipo industrial, de acuerdo al método de ensayo del Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca.

- Considerado un tiempo de aclimatación de lodos de 20 días, en el cual se realizó pruebas previas de funcionamiento y de condiciones óptimas, de los siguientes parámetros: OD y SSV. En el reactor biológico para ambas etapas de funcionamiento.
- Análisis del agua residual, afluente y efluente al sistema de lodos activados a escala de laboratorio de los siguientes parámetros: de demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), sólidos suspendidos totales (SST), aceites y grasas.
- Además, para tener datos complementarios se realizaron análisis de parámetros de pH, T, OD Y SSV, en el afluente y efluente al sistema de lodos activados.

### **3.9 Programa de monitoreo para la obtención de datos**

Para la toma de muestras e inicio del monitoreo, se consideró un periodo de 20 días de aclimatación y formación de lodos (ni muy viejos ni muy jóvenes) de acuerdo a la literatura citada. Se realizaron en total 7 monitoreos periódicos cada 2 semanas (14 días calendarios), de los cuales 4 monitoreos corresponden a la primera etapa y 3 monitoreos en la segunda etapa, inicialmente planteada una sola etapa, pero a raíz de la emergencia sanitaria se dividió en 2 etapas. Que, mediante Decreto Supremo N° 044-2020-PCM ampliado temporalmente mediante los Decretos Supremos posteriores, se declara el Estado de Emergencia Nacional y se dispuso el aislamiento social obligatorio (cuarentena).

**Tabla 6.** Evaluaciones realizadas y frecuencia de monitoreo

Parámetros de muestreo y frecuencia de muestreo en los puntos: PMA Y PME									
Ítem	Parámetro	Expresión de resultados	Frecuencia de monitoreo						
			Primera etapa				Segunda etapa		
			Día 20	Día 34	Día 48	Día 62	Día 20	Día 34	Día 48
1	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg /l	X	X	X	X	X	X	X
2	Demanda química de oxígeno (DQO)	mg /l	X	X	X	X	X	X	X
3	Sólidos suspendidos totales	mg /l	X	X	X	X	X	X	X
4	Aceites y grasas	mg/l	X	X	X	X	X	X	X

### 3.10 Técnicas de Recopilación de información

El presente trabajo realizado consistió en medir los parámetros en estudio del agua industrial proveniente del Camal Municipal de Cajamarca, en dos puntos de monitoreo: PMA (punto de monitoreo afluente al sistema de tratamiento) y el PME (punto de monitoreo efluente del sistema de tratamiento); de acuerdo al método de ensayo del Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca.

### 3.11 Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

La obtención de la eficiencia en la disminución se realizó a través de la obtención de los siguientes aspectos:

- Constituyó el análisis y procesamiento de datos obtenidos, mediante obtención de la media aritmética. Para comparación con los VMA indicados en la norma.
- Haciendo uso de la siguiente fórmula pre establecida de eficiencia:

$$E\% = \frac{V_{Crudo} - V_{tratado}}{V_{Crudo}} * 100$$



Donde:

$V_{crudo}$  : Valor del parámetro en crudo (antes de ser tratada).

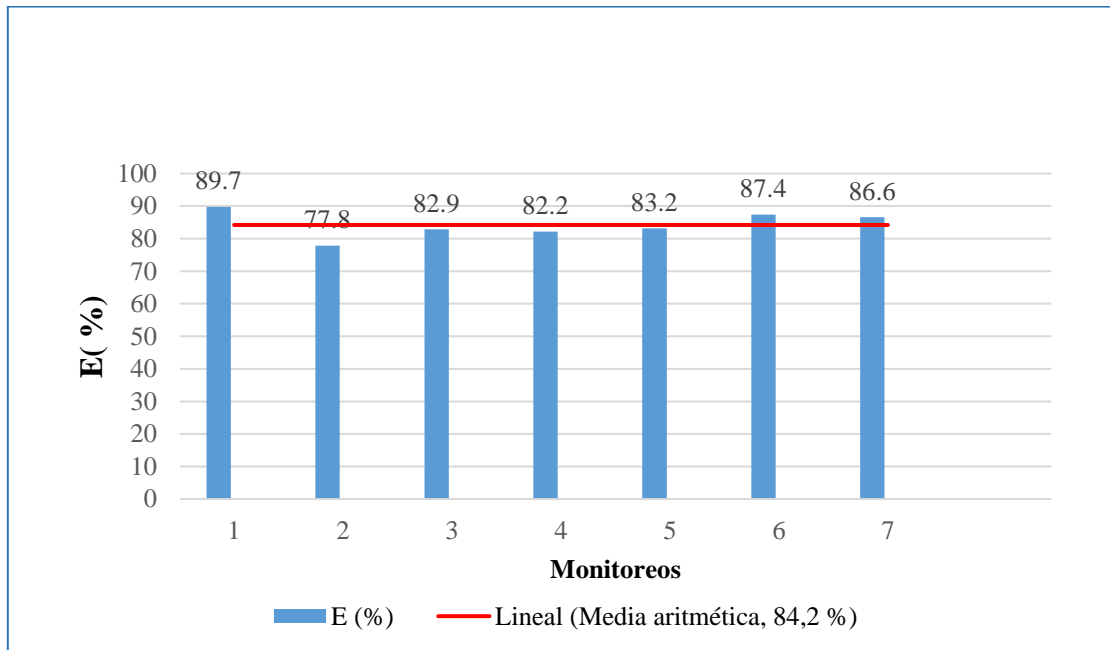
$V_{tratado}$  : Valor del parámetro tratado (después del tratamiento).

- Uso de gráficos para mejor representación de datos obtenidos como se muestra en el capítulo de resultados.

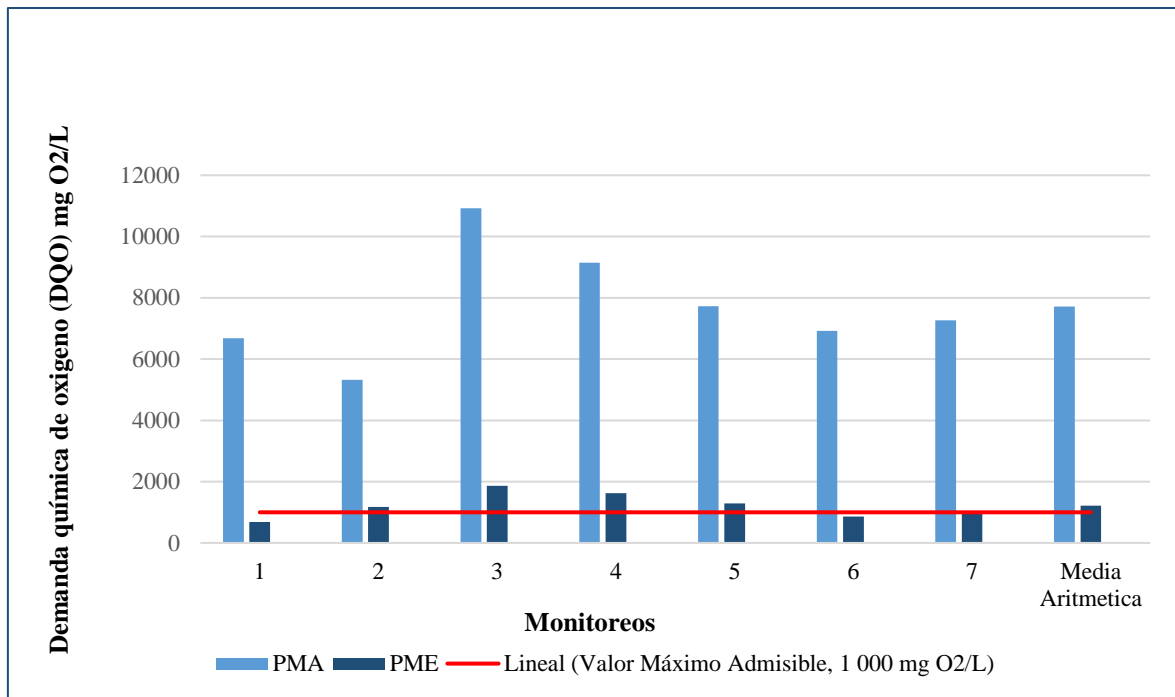
## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1.1 Demanda química de oxígeno



*Figura 8. Eficiencia de remoción del sistema de lodos activados para DQO*



**Figura 9.** DQO registrado Vs. VMA

Ruiz, B (s.f) señala que, “la DQO es un importante indicador analítico en plantas de lodos activados, además de ser un índice de descargas industriales. Mediante el análisis de DQO se determina el equivalente de oxígeno de la materia orgánica que pueda oxidar un oxidante químico energético”.

Romero et al (2009) indica que la capacidad de remoción se debe a los efectos combinados entre el tiempo de retención hidráulica, la acción filtrante del sustrato para retener sólidos suspendidos del agua y la actividad biológica del sistema. Para Varila y Díaz (2008) el porcentaje de remoción de la DQO aumenta a medida que incrementan los tiempos de retención hidráulica del sistema, llegando a un 90% para tiempos mayores a 14 horas. Para el sistema de lodos activados se tuvo un tiempo constante de retención hidráulica de 3 días, y eficiencia de remoción de 84.20 %.

Los Valores Máximos Admisibles establecidos para descargas de aguas residuales no domésticas, en el sistema de alcantarillado, para DQO no deberá exceder 1 000 mg O<sub>2</sub>/L, presentándose valores promedio antes del sistema de tratamiento de 7 713.81 mg O<sub>2</sub>/L; y valores promedio obtenidos después del tratamiento de 1 211.89 mg O<sub>2</sub>/L.

**Resultados de la prueba t –Student para DQO en el pre tratamiento y post tratamiento:**

**Hipótesis nula:** No existe diferencia entre los resultados en el pre tratamiento y post tratamiento para las DQO (sig. (bilateral) < 0.05).

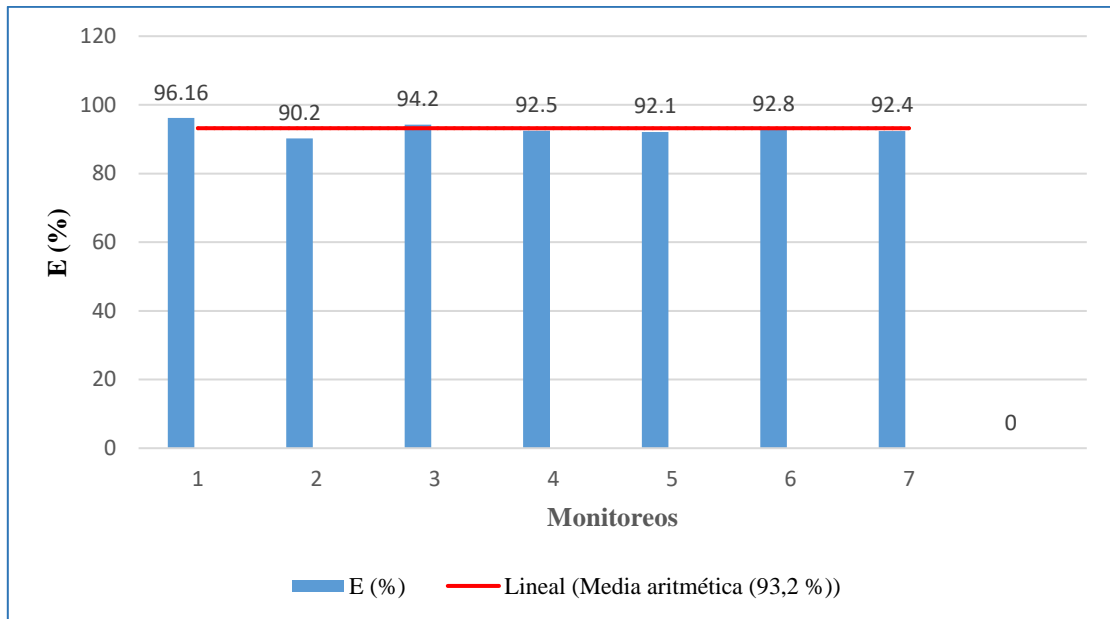
**Hipótesis alterna:** Existe diferencia significativa entre los resultados en el pre tratamiento y post tratamiento para las concentraciones de DQO. (sig. (bilateral) < 0.05).

**Tabla 7. Reporte de la prueba t-student para muestras relacionadas-DQO**

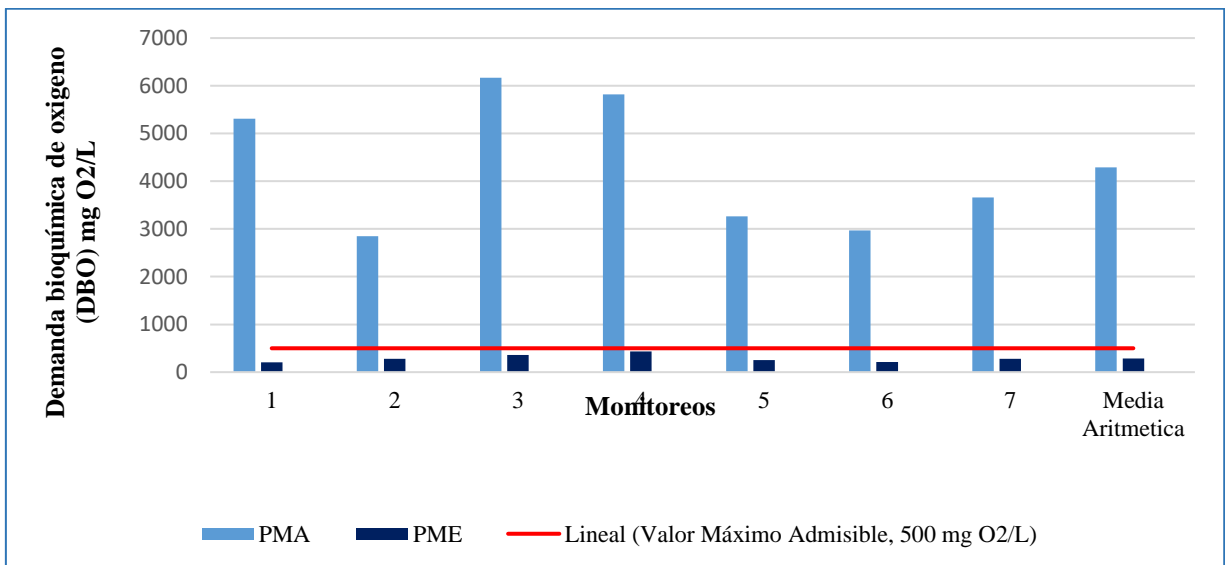
Medición DQO	Diferencias emparejadas							
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
PMA - PME	65,019,286	15,099,660	5,707,135	51,054,429	78,984,142	11,393	6	,000

Nota: En la Tabla 7 se puede observar que sig. (Bilateral) < 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, y esto quiere decir que estadísticamente existe diferencia significativa entre la media de resultados de las concentraciones de DQO entre los resultados en el pre tratamiento y post tratamiento Los resultados de esta tabla fueron generados por el programa estadístico IBM-SPSS (Statistical Package for Social Science).

#### 4.1.2 Demanda bioquímica de Oxígeno a 5 días



*Figura 10. Eficiencia de remoción del sistema de lodos activados para demanda bioquímica de oxígeno a 5 días*



*Figura 11. Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días registrado Vs. VMA*

Pramparo (2016) señala que, “La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica”. Ruiz (s.f) señala que, “remociones por encima del 90% de DBO indican que la planta funciona bien; y por debajo del 80 por ciento denota que existen problemas de operación en la planta”. Para el sistema de lodos activados a escala del laboratorio se presentó una eficiencia promedio de remoción del 93,20 %.”.

Los Valores Máximos Admisibles establecidos para descargas de aguas residuales no domésticas, en el sistema de alcantarillado, para  $DBO_5$  no deberá exceder 500 mg  $O_2/L$ , presentándose valores promedio antes del sistema de tratamiento de 4 291.50 mg  $O_2/L$ ; y valores promedio obtenidos después del tratamiento de 288.10 mg  $O_2/L$ .

**Resultados de la prueba t –Student para DBO5 en el pre tratamiento y post tratamiento:**

**Hipótesis nula:** No existe diferencia entre los resultados en el pre tratamiento y post tratamiento para las DBO5 (sig. (bilateral) < 0.05).

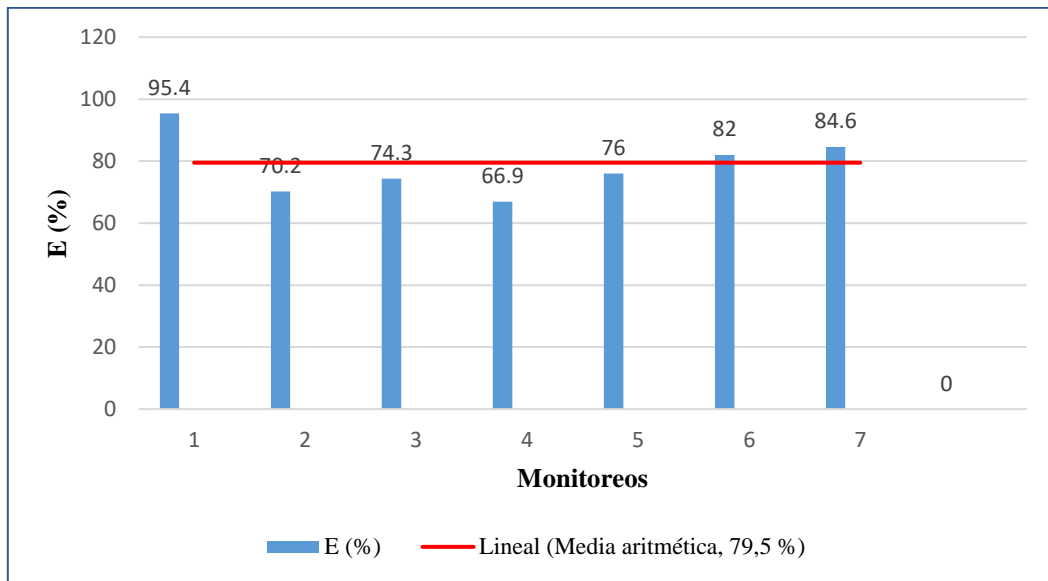
**Hipótesis alterna:** Existe diferencia significativa entre los resultados en el pre tratamiento y post tratamiento para las concentraciones de DB05. (sig. (bilateral) < 0.05).

**Tabla 8.** Reporte de la prueba t-student para muestras relacionadas-DBO5

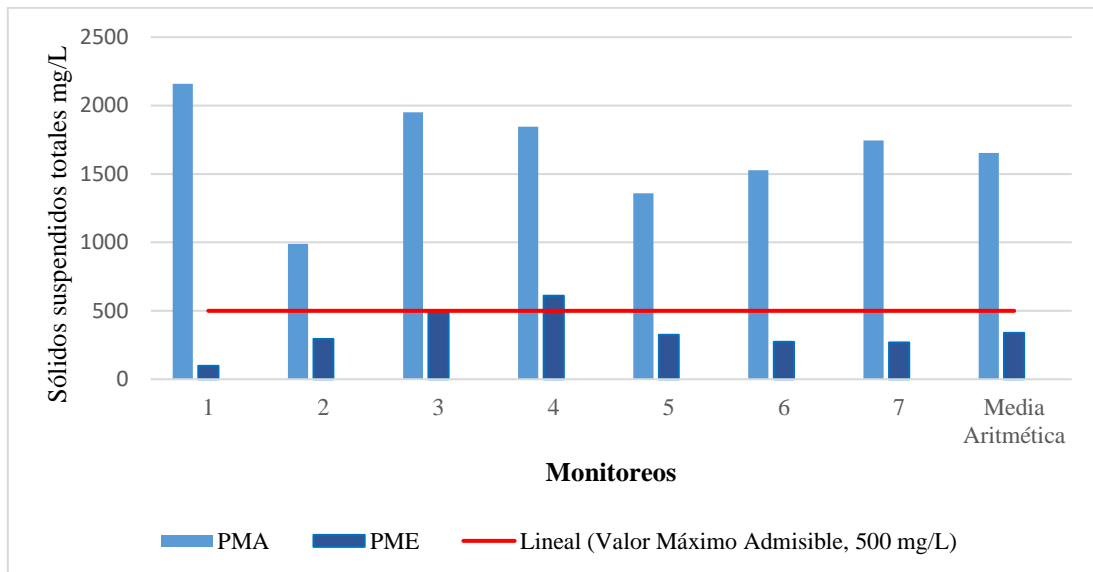
Medición DBO5	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
				PMA - PME	40,034,000			

Nota: En la Tabla 8, se puede observar que sig. (Bilateral) < 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, y esto quiere decir que estadísticamente existe diferencia significativa entre la media de resultados de las concentraciones de DBO5 entre los resultados en el pre tratamiento y post tratamiento Los resultados de esta tabla fueron generados por el programa estadístico IBM-SPSS (Statistical Package for Social Science).

### 4.1.3 Sólidos suspendidos totales (SST)



**Figura 12.** Eficiencia de remoción del sistema de lodos activados para SST



**Figura 13.** SST registrado Vs. VMA

Los sólidos suspendidos totales (SST) corresponde a la cantidad de material (sólidos) que es retenido después de realizar la filtración de un volumen de agua. Los SST o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C, hasta peso constante (Orellana 2019). Para el sistema de lodos

activados a escala del laboratorio se presentó una eficiencia promedio de remoción de 79.5 %.

Los Valores Máximos Admisibles establecidos para descargas de aguas residuales no domésticas, en el sistema de alcantarillado, para SST no deberá exceder 500 mg /L, presentándose valores promedio antes del sistema de tratamiento de 1 654,07 mg/L; y valores promedio obtenidos después del tratamiento de 338.86 mg/L.

**Resultados de la prueba t –Student para SST en el pre tratamiento y post tratamiento:**

**Hipótesis nula:** No existe diferencia entre los resultados en el pre tratamiento y post tratamiento para las SST (sig. (bilateral) < 0.05).

**Hipótesis alterna:** Existe diferencia significativa entre los resultados en el pre tratamiento y post tratamiento para las concentraciones de SST. (sig. (bilateral) < 0.05).

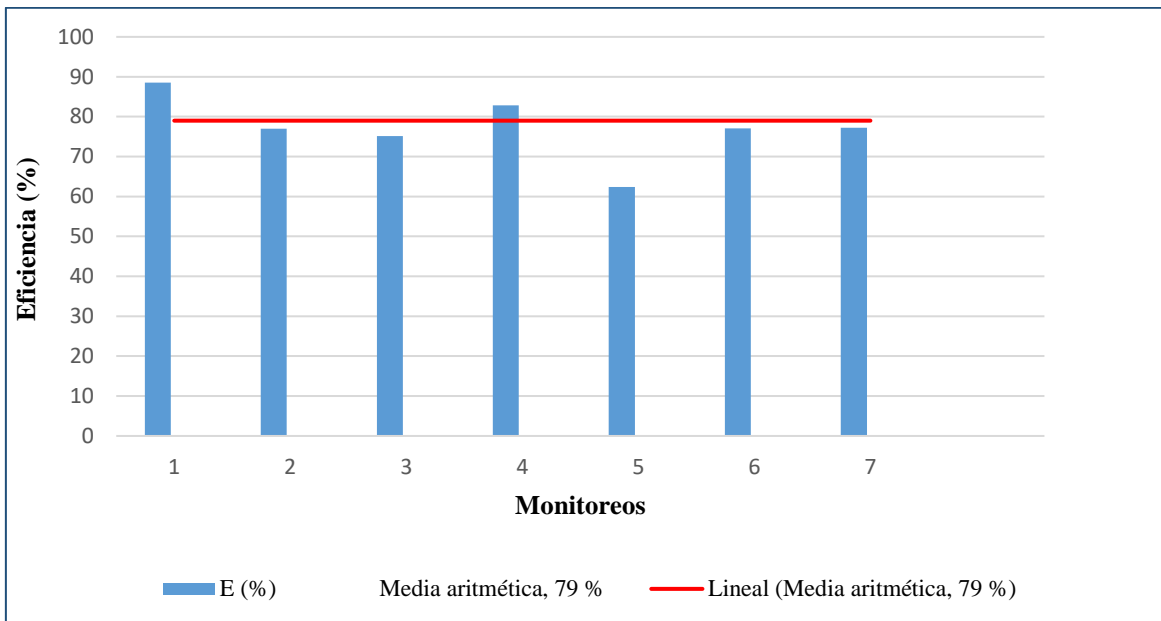
*Tabla 9. Reporte de la prueba t-student para muestras relacionadas-SST*

Medición SST	Diferencias emparejadas							
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
PMA - PME	13,152,143	4,235,000	1,600,680	9,235,421	17,068,865	7,692	6	,000

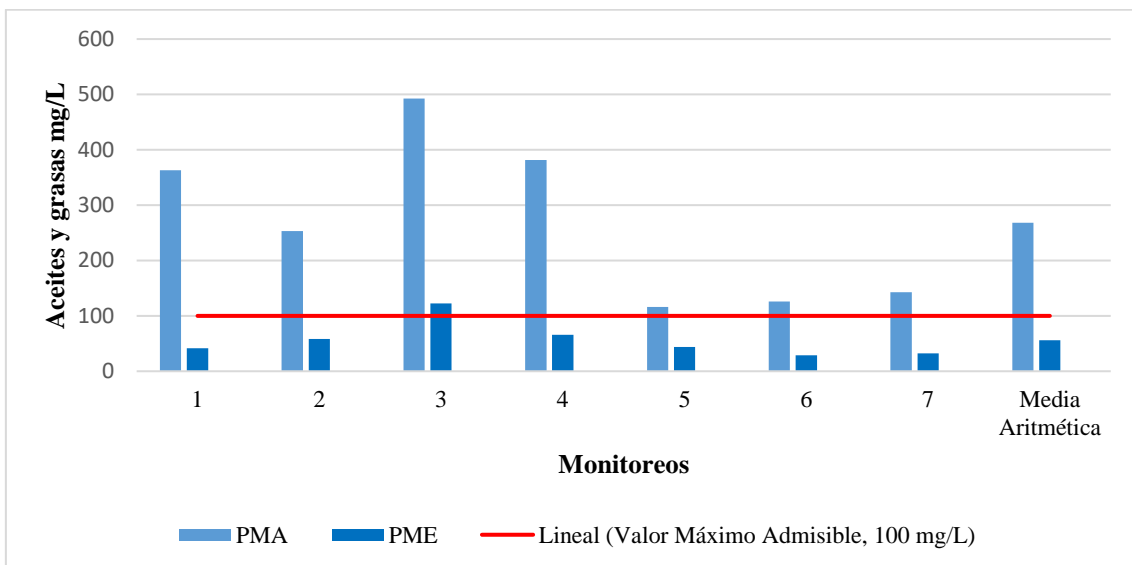
Nota: En la Tabla 9 se puede observar que sig. (Bilateral) < 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, y esto quiere decir que estadísticamente existe diferencia significativa entre la media de resultados de las concentraciones de SST entre los resultados en el pre tratamiento y post tratamiento Los resultados de esta tabla fueron generados por el programa estadístico IBM-SPSS (Statistical Package for Social Science).



#### 4.1.4 Aceites y grasas



*Figura 14. Eficiencia de remoción del sistema de lodos activados para aceites y grasas*



*Figura 15. Aceites y grasas registrado Vs. VMA*

Según Ruiz (S.f) las grasas y aceites interfieren en la transferencia de materia orgánica soluble a través de la pared celular de los microorganismos al envolverlos, por lo cual mueren por falta de alimento, además que cabe indicar que según este mismo autor si los valores de aceites y grasas son mayores de 150 mg/L los problemas de aglomeración de

flóculos se dará desde el rector biológico lo que puede ocasionar una pérdida importante de SSV. Esto es causa de explicación para la formación de flóculos en el reactor biológico para los lodos activados a escala de laboratorio, aunque cabe recalcar que no se midió Ay G en el reactor biológico. Además, se observó una película blanquecina en la superficie del sedimentador secundario. Los valores promedio obtenidos para grasas y aceites antes y después del tratamiento para lodos activados a escala de laboratorios son: 267.90 mg/L y 56,10 mg/L, respectivamente y una eficiencia de remoción de 79,0 %.

Los Valores Máximos Admisibles establecidos para descargas de aguas residuales no domésticas, en el sistema de alcantarillado, para grasas y aceites no deberá exceder 100 mg /L, presentándose valores promedio antes del sistema de tratamiento de 267.90 mg/L; y valores promedio obtenidos después del tratamiento de 56,10 mg/L.

**Resultados de la prueba t –Student para AYG en el pre tratamiento y post tratamiento:**

**Hipótesis nula:** No existe diferencia entre los resultados en el pre tratamiento y post tratamiento para las AyG (sig. (bilateral) < 0.05).

**Hipótesis alterna:** Existe diferencia significativa entre los resultados en el pre tratamiento y post tratamiento para las concentraciones de AyG. (sig. (bilateral) < 0.05).

**Tabla 10.** Reporte prueba t-student para muestras relacionadas -AYG

Medición AYG	Diferencias emparejadas							
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
PMA - PME	2,118,000	1,231,938	465,629	978,647	3,257,353	4,549	6	,004

Nota: En la Tabla 10 se puede observar que sig. (Bilateral) < 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, y esto quiere decir que estadísticamente existe diferencia significativa entre la media de resultados de las concentraciones de AYG entre los resultados en el pre tratamiento y post tratamiento Los resultados de esta tabla fueron generados por el programa estadístico IBM-SPSS (Statistical Package for Social Science).

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

- Se determinó las eficiencias de remoción de lodos activados a escala de laboratorio instalado para tratar el efluente del Camal Municipal de Cajamarca, para los parámetros en estudio fueron: para DQO 82,20 %; DBO<sub>5</sub> de 93.20 %; SST de 79,51 % y; grasas y aceites de 79,06 %.
- Se determinó los valores promedios o medias aritméticas de los monitoreos realizados antes del sistema de tratamiento son: DQO un valor de 7 713.81 mg O<sub>2</sub>/l, DBO<sub>5</sub> se obtuvo un valor de 4 291.50 mg O<sub>2</sub>/l, para SST representó 1 654,07 mg/l; finalmente el parámetro grasas y aceites el valor de 277.90 mg/l. Valores sobre cargados en materia orgánica.
- Se determinó los valores promedios o medias aritméticas de los monitoreos realizados después del sistema de tratamiento son: DQO 1 211.89 mg O<sub>2</sub>/l, DBO<sub>5</sub> un valor de 288.10 mg O<sub>2</sub>/l, para SST 338.86 mg/l; finalmente el parámetro grasas y aceites un valor de 56,10 mg/l. Se observa en algunos parámetros de estudio valores reducidos hasta en un 90%.
- Se determinó los Valores Máximos Admisibles indicados en el Anexo N° 1 del DS.010-2019 MVCS. Comparados a nuestros valores de monitoreo después del sistema de tratamiento se tiene parámetros que cumplen con la normativa: DBO<sub>5</sub> representa un valor de 288.10 mg O<sub>2</sub>/l (500 mg O<sub>2</sub>/l, VMA); SST, 338.86 mg/l (500 mg/L, VMA), aceites y grasas un valor de 56,10 mg/l (50 mg/L, VMA). Parámetros que no cumplen con la normativa (VMA): DQO, 1 211.89 mg O<sub>2</sub>/l (1 000 mg O<sub>2</sub>/l, VMA). Lo que implicaría que pudo a verse empleado adicionalmente un proceso químico para cumplir con las exigencias de la normativa peruana en la reducción de materia orgánica.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda seguir realizando trabajos de investigación, semejantes a realizados en este presente trabajo.
- Se recomienda realizar investigaciones con variaciones en el tiempo de retención hidráulica y hacer comparaciones en la eficiencia de remoción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- J; Avilés, K; Castillo, H; Pinzón, I; Mary Poveda, R; Vallester, E. 2017. Evaluación de un sistema biológico de lodos activados a escala de laboratorio (en línea). Vol. 3 Núm. 1 (2017): Revista de Iniciación Científica. Consultado 20 jul. 2019. Disponible en <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1697>  
[http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3618/Ramirez%20Trejo%20y%20Quispe%20Castillo\\_titulo%20quimico\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3618/Ramirez%20Trejo%20y%20Quispe%20Castillo_titulo%20quimico_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Amador - Díaz, A; Veliz - Lorenzo, E; Bataller - Venta, M.2014. Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones: lodos provenientes de tratamientos biológicos. Revista CENIC, Facultad de Ciencias Químicas, vol. 46, 2015, pp. 1-10 Centro Nacional de Investigaciones Científicas La Habana, Cuba. Consultado el 04 de feb. 2020. [Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/1816/181642434003.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/1816/181642434003.pdf)
- Buitron M, G. s.f. Manual técnico sobre tecnologías biológicas aeróbicas aplicadas al tratamiento de aguas residuales industriales (en línea). Consultado 30 jul.2019. Disponible en [http://www.cytcd.org/sites/default/files/tratamiento\\_aerobio\\_de\\_aguas\\_residuales.pdf](http://www.cytcd.org/sites/default/files/tratamiento_aerobio_de_aguas_residuales.pdf)
- Calderón, C s.f. Operación de planta de lodos activados (en línea). Consultado 24 jul.2019. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/7OperaciondeplantasdelodosactivadosCesarCalderon.pdf>
- Chocce, R y Galarza, R. 2012.Determinacion de los coeficientes cinéticos del proceso de degradación aeróbica en el tratamiento biológico del efluente doméstico “Agua de la Vírgenes” del Tambo-Huancayo (en línea). Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Huancayo-Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú. 61 p. Consultado el 03 de jun.2020. Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3700/Chocce%20Curo-Galarza%20Soto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Condori Mamani, M y Ruelas Yanque, J .2017. Instalación y evaluación de un sistema de reactores para tratamiento de aguas residuales urbanas por proceso de lodos activados (en línea). Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Puno-Perú. Universidad Nacional del Altiplano. 125 p. Consultado el 27 de jul. 2019. Disponible en [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5302/Condori\\_Mamani\\_Meyner\\_Uriel\\_Ruelas\\_Yanque\\_Julio.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5302/Condori_Mamani_Meyner_Uriel_Ruelas_Yanque_Julio.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cortes, L (2015). Folleto informativo de oxígeno disuelto (OD) (en línea). Resumen. Consultado el 15 de nov. Del 2020. Disponible en <https://docplayer.es/135770-Folleto-informativo-oxigeno-disuelto-od.html>

CYTED (Ciencia y tecnología para el Desarrollo). S.f. Agua potable para comunidades rurales, reusó y tratamiento avanzado de aguas residuales domesticas: modelación matemática de plantas de tratamiento de lodos activados (en línea). Consultado el 30 jul 2019. Disponible en [http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo\\_22.pdf](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_22.pdf)

DECRETO SUPREMO N° 010-2019-VIVIENDA,2019. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de “Valores Máximos Admisibles (VMA), para descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario”. Diario Oficial el peruano. Perú. 11 mar.

EPS SEDACAJ S.A. (Empresa Prestadora de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Cajamarca). S.f. Reseña Histórica. (en línea). Consultado el 02 agost. 2019. Disponible en : <http://www.sedacaj.com.pe/nuestra-empresa/historia.html>

Floramis,P; De los Angeles Armenteros, T; Hernadez, JP. 2016. Sistema de tratamiento para las aguas residuales en la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Villa Clara (en línea). Revista Scielo *versión On-line* ISSN 2223-4861. Consultado el 22 de Mar. 2020. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612016000200007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612016000200007)

- García Román, R. 2010. Tratamiento de Aguas Residuales Industriales. Curso 2009-2010 Bloque III: Tratamientos específicos de vertidos industriales. Ingeniería Química, Facultad de Ciencias, UGR. Consultado el 29 de Mar. 2020. Disponible en <https://www.ugr.es/~mgroman/archivos/TARI/teari-1.pdf>
- Gonzales, F y Apanu, J. 2016. “situación sanitaria, técnica y administrativa de los camales del departamento de Lambayeque, periodo 2016” (en línea). Tesis para optar el título de Médico Veterinario. Lambayeque-Perú. Universidad Pedro Ruiz Gallo. 95 p. Consultado el 20 de dic.2020. Disponible en [https://minio2.123dok.com/dt02pdf/123dok\\_es/pdf/2020/07\\_14/r3df7k1594720546.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-](https://minio2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/pdf/2020/07_14/r3df7k1594720546.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-)
- Gonzales P, G. 2013. Evaluación del contenido de grasas y aceites en descargas de agua residual porcícola con diferentes fuentes energéticas en la dieta alimenticia (en línea). Consultado el 13 de nov.2020. disponible en <https://www.porcicultura.com/destacado/Evaluaci%C3%B3n-del-contenido-de-grasas-y-aceites-en-descargas-de-agua-residual-porc%C3%ADcola-con-diferentes-fuentes-energ%C3%A9ticas-en-la-dieta-alimenticia>
- Hernandez S, R. et al. Chávez H, G. 2018. Estudio de tratabilidad biológica de aguas residuales domesticas en biorreactores aeróbicos a escala piloto en el distrito de Celendín (en línea). Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias. Celendín-Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. 134 p. Consultado el 26 de oct. 2021. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2371>
- Laura I, C y Lebrato, J. 2000. Tratamiento Biológico de Aguas Residuales (en línea). Consultado 10 agost.2019. Disponible en: [http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/Tratamiento\\_biologico\\_edar.pdf](http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/Tratamiento_biologico_edar.pdf)
- Limón, JG. 2013. Los lodos de las plantas de tratamiento de las plantas de tratamiento, ¿problema recurso?: producción de lodos en el tratamiento de aguas residuales (en línea). Guadalajara, Jalisco. 45p. Consultado el 05 de feb. 2020. Disponible en

[http://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc\\_ingreso\\_gualberto\\_limon\\_trabajo\\_de\\_ingreso.pdf](http://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc_ingreso_gualberto_limon_trabajo_de_ingreso.pdf)

Mejía, F y Pérez, K. 2016. “eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un biodigestor prefabricado en la subestación eléctrica Cotaruse - Apurímac” (en línea). Para optar el Título de Ingeniero Agrónomo e Ingeniero Ambiental Respectivamente. Lima, Perú. Consultado el 17 de Nov. Disponible en [http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2591/P10\\_M43-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2591/P10_M43-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Metcalf y Edy, Chávez H, G. 2018. Estudio de tratabilidad biológica de aguas residuales domesticas en biorreactores aeróbicos a escala piloto en el distrito de Celendín (en línea). Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias. Celendín-Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. 134 p. Consultado el 20 de sept. 2019. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2371>

Muñoz M, D .2005. Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una población menor a 2000 habitantes. (en línea). Consultado 9 agost.2019. Disponible en: [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:K\\_ugSwVTThYJ:http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6117975.pdf+&cd=1&hl=qu&ct=clnk&gl=pe](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:K_ugSwVTThYJ:http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6117975.pdf+&cd=1&hl=qu&ct=clnk&gl=pe)

MVCS (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento).2005. NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN S.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Nieto, R y Human, J. 2019.“Optimización de los parámetros operacionales del proceso de oxidación avanzada en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de un matadero de porcinos” (en línea). Tesis Ing. Químico. Callao, Perú. Consultado el 25 de oct. 2021. Disponible en <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4495/RUBI%20NETO%20UGARTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



- Orellana, M .2019. El analizador TSS portátil HACH permite resultados rápidos y en terreno (en línea). Revista de descontaminación industrial, recursos energéticos y sustentabilidad. Consultado el 15 de nov. Del 2020. Disponible en <https://www.induambiente.com/informe-tecnico/instrumentacion/eficiente-y-portatil>
- Pramparo, L. 2016. Introducción a la problemática de las aguas residuales industriales y su tratamiento (en línea). Universidad Militar Nueva Granada. Montevideo. Consultado el 20 de oct.2020. disponible en <http://triton-cyted.com/wp-content/uploads/2016/03/1-Introducci%C3%B3n.pdf>
- Quille, G; Donaires, T. 2013. Tratamiento de efluentes líquidos y sólidos del camal municipal Ilave (en línea). Rev. Investig. Altoandin. 2013; Vol 15 Nro 1: 65 – 72. Consultado el 02 agost. 2019. Disponible en <http://revistas.unap.edu.pe/rianeu/index.php/ria/article/view/17>
- Raffo, LE; Ruiz, LE. 2014. Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno: indicador de contaminación. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial Universidad Nacional Mayor de San Marcos 17(1): 71-80. Consultado el 28 ene. 2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Ramallo, citado por Condori y Ruelas.2016. Tratamiento secundario: el proceso de lodos activados (en línea). Consultado 13 agost.2019. Disponible en: [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/TRATAMIENTO\\_SECUNDARIO.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/TRATAMIENTO_SECUNDARIO.pdf)
- Ramírez. S.f. Fundamentos del proceso de lodos activados. (en línea). Consultado 25 jul.2019. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/1Fundamentosdelprocesodelodosactivados.pdf>

Rev. Int. Contam. Ambient vol.25 no.3. Consultado el 28 de Mar.2020. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992009000300004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000300004) .Fuente original Rodríguez, M y Durán, C. (2006). Remoción de nitrógeno en un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical a escala de banco. Tecnol. Ciencia Ed. 21, 25–33.

Rodríguez, A; Leton, P; Rosal, R; Dorado, M; Villar, S; Sanz, J. 2006. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales: tratamientos biológicos (en línea). Madrid, España. 137 p. Consultado el 05 de feb. 2020. Disponible en [https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2\\_Tratamientos\\_avanzados\\_de\\_aguas\\_residuales\\_industriales.pdf](https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf)

Rodríguez, A; Leton, P; Rosal, R; Dorado, M; Villar, S; Sanz, J. 2006. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales: tratamientos biológicos (en línea). Madrid, España. 137 p. Consultado el 05 de feb. 2020. Disponible en [https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2\\_Tratamientos\\_avanzados\\_de\\_aguas\\_residuales\\_industriales.pdf](https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf)

Romero, M et.al.2009. Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica (en línea).

Rubio B, J y Padilla M, RA. 2009. Tratamientos de aguas residuales provenientes de un camal, mediante un sistema de lodos activados a escala de laboratorio (en línea). Tesis para optar el título de ingeniero sanitario. Lima-Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.155 p. Consultado el 05 oct. 2020. Disponible en [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_711c07dc982b929772edaeb6b59f7c9c](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_711c07dc982b929772edaeb6b59f7c9c)

Rubio B, J y Padilla M, RA. 2009. Tratamientos de aguas residuales provenientes de un camal, mediante un sistema de lodos activados a escala de laboratorio (en línea). Tesis para optar el título de ingeniero sanitario. Lima-Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.155 p. Consultado el 05 oct. 2020. Disponible en

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_711c07dc982b929772edaeb6b59f7c9c](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_711c07dc982b929772edaeb6b59f7c9c)

Ruiz, B. s.f. Manual de agua potable y alcantarillado sanitario. (en línea). Consultado 17 jul.2019. Disponible en: <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro51.pdf>

Sánchez S, J y Villaverde F, Y .2020. “sistema de lodos activados en la calidad de efluentes del camal municipal de el porvenir” (en línea). Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Trujillo –Perú. Universidad Privada del Norte. 129p. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23958/S%C3%A1nchez%20S%C3%A1nchez%20Jordy%20Nilson%20-%20Villaverde%20Felix%20Yeison%20Makeck.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TEQMA (Tecnologías y equipos para el medio ambiente, ES).2018. La importancia de la separación de aceites y grasas en el tratamiento del agua residual urbana (en línea). Consultado el 10 de nov. Del 2010. Disponible en <https://www.iagua.es/noticias/teqma/importancia-separacion-aceites-y-grasas-tratamiento-agua-residual-urbana>

Sánchez R, A y Vásquez P, C 2010. Mapa Climático Departamento de Cajamarca (en línea). Consultado el 02 agost. 2019. Disponible en: <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/MapaClimatico.pdf>

## **ANEXOS**

## **ANEXO N° 1**

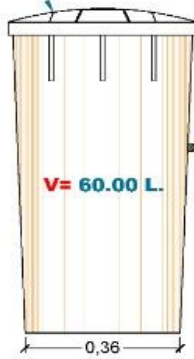
Planos del sistema de lodos activados y puntos de monitoreo a escala de laboratorio



**ALIMENTADOR DE AGUA RESIDUAL (Balde de Polietileno)**

ESC. 1/20

VER DETALLE 01



VÁLVULA DE AJUSTE DE CAUDAL

**REACTOR BIOLÓGICO**

ESC. 1/20



09 DIFUSORES

09 BOMBAS DE AIRE

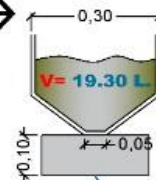
**BOMBA DE AIRE RS**

ESC. 1/20

AIRE

**SEDIMENTADOR SECUNDARIO**

ESC. 1/20



CAJAS DE LODOS RESIDUALES





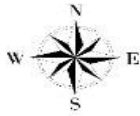
**DETALLE 01**

ESC. 1/20

HACIA EL SISTEMA DE ALCANTILLADO

Esc. 1:20

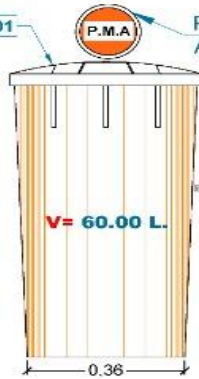
 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> 			
ASESOR	Ing. Msc. Diaz Mori, Darwin	TESISTA	Fodas Muñoz, Diana Vanesa
"PLANO DE LA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS A ESCALA DE LABORATORIO"			
REGION	PROVINCIA	DISTRITO	DIRECCION
Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Jr. Amalia Puga N° 169 - Barrio San José
ELABORADO POR:	FORMATO	ESCALA:	FECHA:
J.R.E.J	A2	1/20	Octubre 2021



### ALIMENTADOR DE AGUA RESIDUAL (Balde de Polietileno)

ESC. 1/20

VER DETALLE 01  
P.M.A. PUNTO DE MUESTREO AFLUENTE



### REACTOR BIOLÓGICO

ESC. 1/20



09 BOMBAS DE AIRE

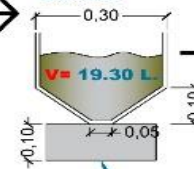
### BOMBA DE AIRE RS

ESC. 1/20

AIRE

### SEDIMENTADOR SECUNDARIO

ESC. 1/20



### DETALLE 01

ESC. 1/20

PUNTO DE MUESTREO EFLUENTE

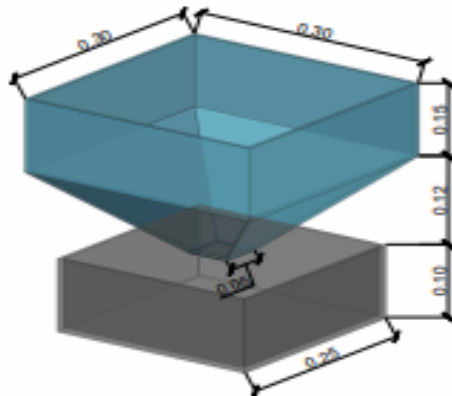
HACIA EL SISTEMA DE ALCANTILLADO

Esc. 1:20

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
ASESOR	ing. Msc. Díaz Mon, Darwin	TESISTA	Ríodes Muñoz, Diane Vanesa
"PLANO DE LA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS A ESCALA DE LABORATORIO"			
REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO	DIRECCIÓN
Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Jr. Amalia Puga N°159 - Barrio San José
ELABORADO POR:	FORMATO	ESCALA:	FECHA:
J.R.E.J	A2	1/20	Octubre 2021



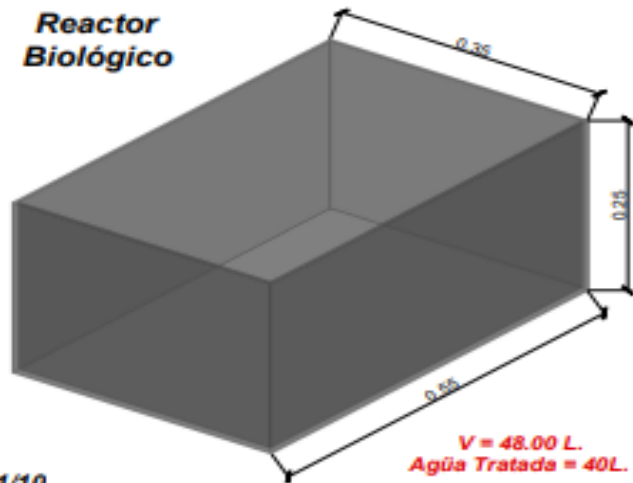
**Sedimentador Secundario**



Esc: 1/10

V = 19.30 L.

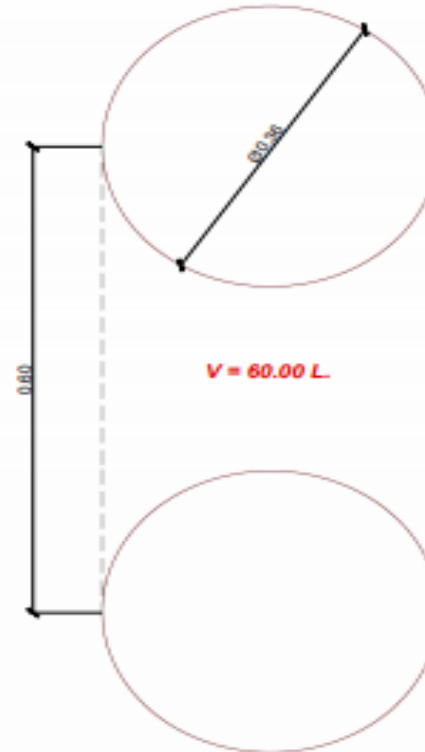
**Reactor Biológico**



Esc: 1/10

V = 48.00 L.  
Agua Tratada = 40L.

**Alimentador Agua Residual -  
Balde de Polietileno**



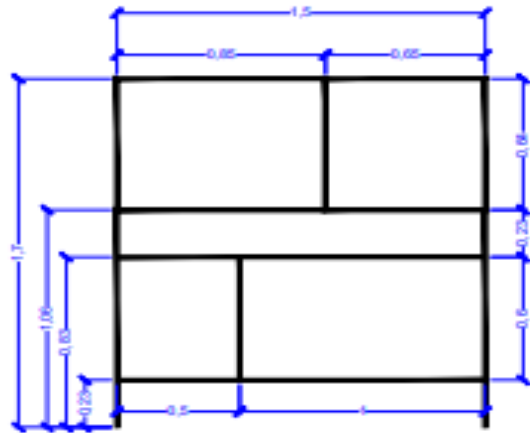
V = 60.00 L.



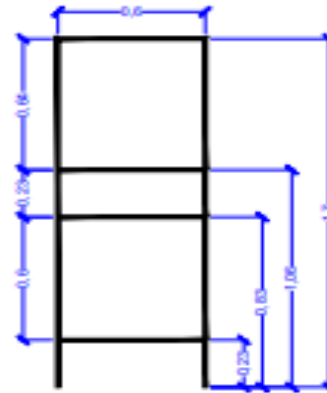
Esc: 1/10

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>			
AREAGA	Ing. Abel Cruz San. Corchi	TRAYATA	Teresa Muñoz, Clara Yanesa
"PLANO DE UNIDADES DE TRATAMIENTO"			
REGIÓN	PROVINCIA	DISTRICTO	DIRECCIÓN
Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Jr. Amalia Puga N°169 Barrio San José
ELABORADO POR:	FORMATO	ESCALA	FECHA
J.P.E.J.	43	1/10	Abril 2020

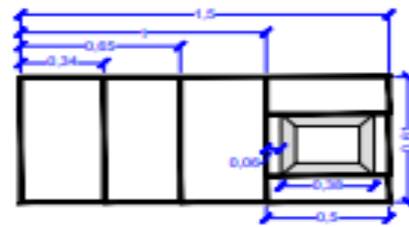




**Soporte Metálico**  
VISTA FRONTAL



**Soporte Metálico**  
VISTA LATERAL



**Soporte Metálico**  
VISTA EN PLANTA

Esc: 1/10



**Soporte Metálico**  
VISTA 3D



Esc: 1/10

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
AREEDA	Ing. Mar. César Marín Durán	TESISTA	Rodrigo Muñoz, César Valencia
"PLANO DEL SOPORTE METÁLICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO"			
REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO	DIRECCIÓN
Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Jr. Amalia Puga N°100 -Barrio San José
ELABORADO POR:	FORMATO	ESCALA	FECHA
J.R.R.J	42	1/10	Ago 2020

**ANEXO N° 2**

Panel Fotográfico

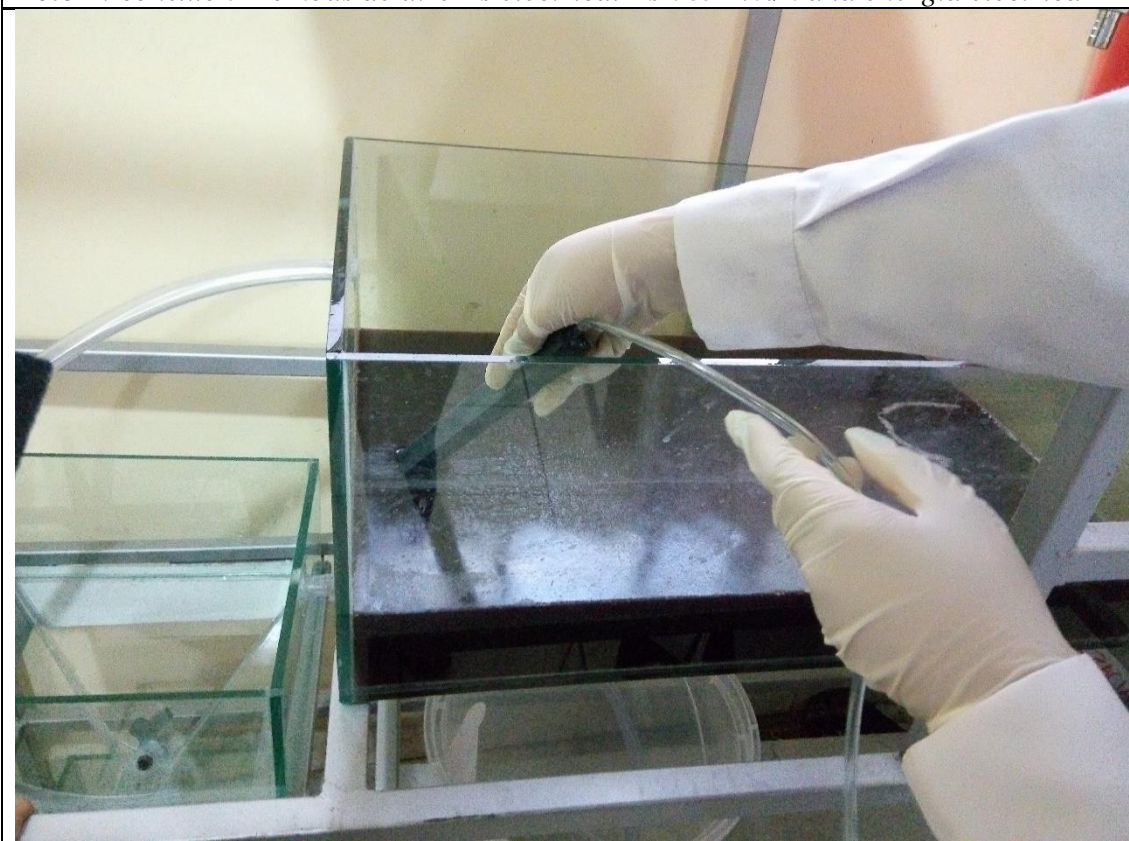
## 1. Instalación y pruebas de funcionamiento del sistema



*Foto 1: Bombas de aire Rs electrical Rs 083 1.6l/h*



**Foto 2:** conexión Bombas de aire Rs electrical Rs 083 1.6l/h a la energía eléctrica



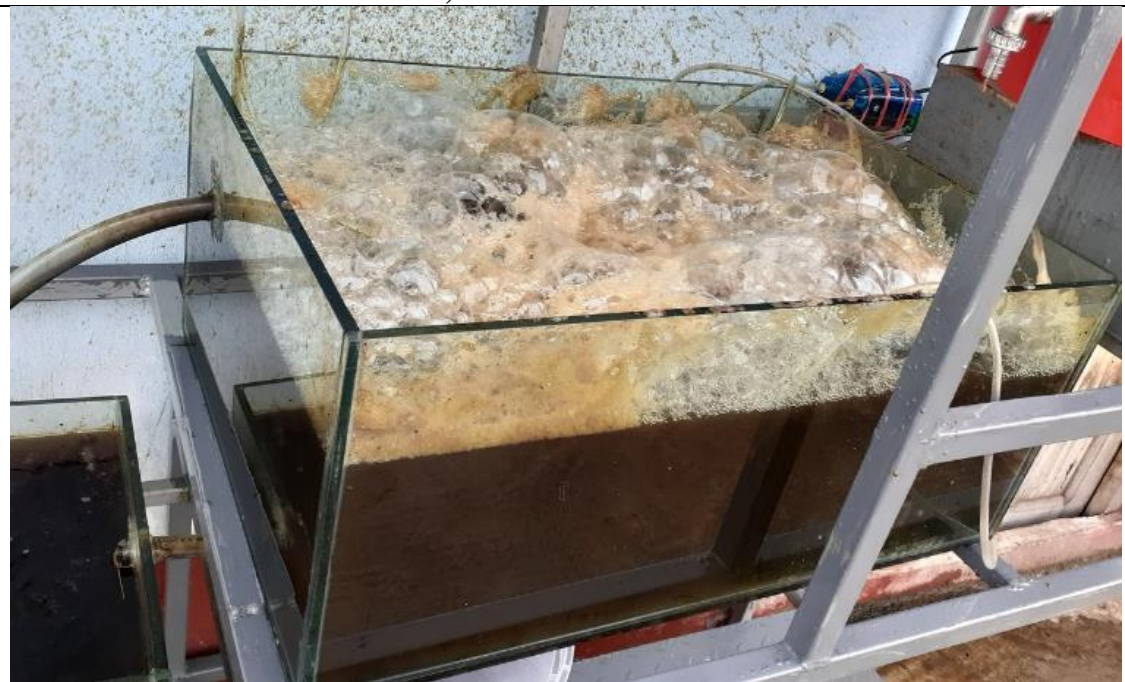
**Foto 3:** Introducción de difusores al tanque de aireación

## 2. Monitoreo constante de parámetros de campo en el tanque de aireación



*Foto 4: Monitoreo de OD en campo- Pruebas de funcionamiento*

## 3. Unidades de tratamiento, durante el funcionamiento



**Foto 5:** Formación de espuma y flóculos en la parte superior del tanque de aireación

#### 4. Etapa de monitoreo del afluente (PMA)



Foto 6: Monitoreo programado en el PMA



Foto 7: Toma de muestra en el PMA para DQO



**Foto 8:** Adición del conservante  $H_2SO_4$  para preservación de muestra para DQO



**Foto 9:** Toma de muestra de Aceites y grasas en el PMA - frasco de vidrio oscuro



**Foto 10:** Adición de reactivos redóx ( $x_1 x_2$ ) a la muestra de OD para conservación  
**5. Etapa de monitoreo del efluente (PME)**



**Foto 11:** Rotulado de frasco para toma de muestra en PME





**Foto 12:** Sellado de envase, de muestra para DBO



**Foto 13:** Toma de muestra para DQO, en el PME



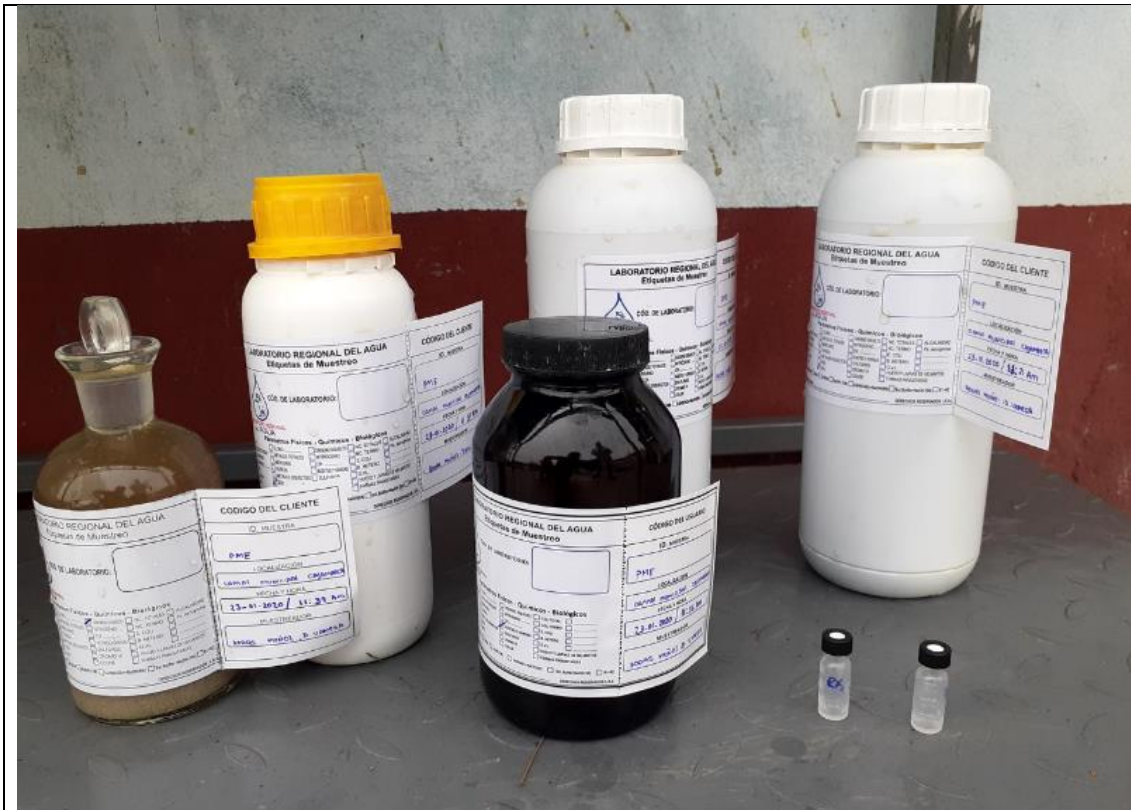
**Foto 14:** Adición  $H_2SO_4$  de a la muestra de DQO para conservación



**Foto 15:** Toma de muestra para OD



**Foto 16:** Adición de redox para muestra de OD (PME)



**Foto 17:** frascos cerrados con muestras tomadas en PME



**Foto 18:** Finalización del monitoreo

### **ANEXO N° 3**

Informes de resultados de análisis emitidos por el Laboratorio Regional del Agua –  
Cajamarca.

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

IE 01200043A

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre VANESA RODAS MUÑOZ  
Dirección -  
Persona de contacto - Correo electrónico -

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo 23.01.20 Hora de Muestreo 11:28 a 11:36  
Responsable de la toma de muestra Cliente Plan de muestreo N° -  
Procedimiento de Muestreo -  
Tipo de Muestreo Puntual  
Número de puntos de muestreo 62  
Ensayos solicitados Físicoquímicos  
Breve descripción del estado de la muestra Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación  
Referencia de la Muestra: CAMAL MUNICIPAL CAJAMARCA

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato - Cadena de Custodia CC - 043 - 20  
Fecha y Hora de Recepción 23.01.20 12:42 Inicio de Ensayo 23.01.20 14:45  
Reporte Resultado 03.02.20 17:00

Edder Nayra Jaico  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

Freddy López León  
Especialista de Química  
CIP: 198264

Cajamarca, 03 de Febrero de 2020.

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

**IE 01200043A**

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra			PMA	PME	-	-	-	-
Código Laboratorio			01200043A-01	01200043A-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Industrial	Industrial	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Camal Municipal Cajamarca	Camal Municipal Cajamarca	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	6.90	8.10	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	2160.0	98.0	-	-	-	-
(*)Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	534.2	117.8	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	5312.5	204.0	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	6684.6	685.1	-	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	362.8	41.5	-	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5	<LCM	<LCM	-	-	-	-
(*)Temperatura (T°)	°C	N.A.	19.6	19.1	-	-	-	-

Leyenda: LCM Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (traza)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017: Solids, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	ISO 15705:2015 Water - Determination of Petroleum Extractable Material (PEM), Oil and Grease and Total Oil Extractable Material (TOEM) by Extraction with n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved), Azide Modification
Temperatura	°C	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017: Temperature - Laboratory and Field Methods

**NOTAS FINALES**

(\*) Los métodos y/o matriz indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ 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.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

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

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev.01 Fecha : 02/01/2020

Cajamarca, 03 de Febrero de 2020.

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-034**

**INFORME DE ENSAYO**

**IE 0220067**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre	<b>YANESA RODAS MUÑOZ</b>		
Dirección	-		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	<a href="mailto:drodas14@unc.edu.pe">drodas14@unc.edu.pe</a>

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo	<b>06.02.20</b>	Hora de Muestreo	<b>11:30 a 12:00</b>
Responsable de la toma de muestra	<b>Cliente</b>	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	<b>Puntual</b>		
Número de puntos de muestreo	<b>02</b>		
Ensayos solicitados	<b>Fisicoquímicos</b>		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	<b>CAMAL MUNICIPAL CAJAMARCA</b>		

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato	-	Cadena de Custodia	<b>CC - 087A - 20</b>	
Fecha y Hora de Recepción	<b>06.02.20</b>	<b>12:34</b>	Inicio de Ensayo	<b>06.02.20 14:45</b>
Reporte Resultado	<b>17.02.20</b>	<b>10:00</b>		

  
**Edder Neyra Jaico**  
 Responsable de Laboratorio  
 CIP: 147028

  
**Freddy López León**  
 Especialista de Química  
 CIP: 198284

**Cajamarca, 17 de Febrero de 2020.**



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

**INFORME DE ENSAYO IE 0220067**

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra			PMA	PME	-	-	-	-
Código Laboratorio			067A-01	067A-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Industrial	Industrial	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Canal Municipal Cajamarca	Canal Municipal Cajamarca	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	6.54	7.94	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	990.0	295.0	-	-	-	-
(*)Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	2582.0	884.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.0	2850.0	277.0	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	5320.5	1180.0	-	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	253.1	58.2	-	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5	<LCM	<LCM	-	-	-	-
(*)Temperatura (T°)	°C	N.A.	19.5	18.9	-	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (traza)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	ISO/IEC-APHA-AWWA-WEF Part 450-H & 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrode Method.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	ISO/IEC-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A, D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	ISO/IEC-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017: Solids. Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	ISO/IEC-APHA-AWWA-WEF Part 5210 G, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	ISO/IEC-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. 8. 2016: n-Hexane Extractable Material (HEM), Oil and Grease and Total Oil Treated n-Hexane Extractable Material (TOT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	ISO/IEC-APHA-AWWA-WEF Part 4500-C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.
Temperatura	°C	ISO/IEC-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017: Temperature - Laboratory and Field Methods.

**NOTAS FINALES**

- (\*) Los métodos y/o matriz: indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ 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 emendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de preservabilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-001 Rev: N°01 Fecha : 02/01/2020

Cajamarca, 17 de Febrero de 2020.

**INFORME DE ENSAYO**

**IE 02200076A**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **VANESA RODAS MUÑOZ**  
Dirección -  
Persona de contacto - Correo electrónico [drodasm14@unc.edu.pe](mailto:drodasm14@unc.edu.pe)

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **20.02.20** Hora de Muestreo **10:00 a 11:00 am**  
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -  
Procedimiento de Muestreo -  
Tipo de Muestreo **Puntual**  
Número de puntos de muestreo **02**  
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**  
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**  
Referencia de la Muestra: **CAMAL MUNICIPAL CAJAMARCA**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato - Cadena de Custodia **CC - 076A - 20**  
Fecha y Hora de Recepción **20.02.20 12:25** Inicio de Ensayo **20.02.20 14:50**  
Reporte Resultado **02.03.20 09:00**



**Edder Neyra Jaico**  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028



**Freddy López León**  
Especialista de Química  
CIP: 198264

**Cajamarca, 02 de Marzo de 2020.**

**INFORME DE ENSAYO IE 02200076A**

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra	PMA	PME	-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	067A-01	067A-02	-	-	-	-	-	-
Matriz	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-	-	-
Descripción	Industrial	Industrial	-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Canal Municipal Cajamarca	Canal Municipal Cajamarca	-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	6.74	8.16	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	1950.0	500.0	-	-	-	-
(*)Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	5928.0	1266.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	6168.8	356.5	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	10925.3	1862.9	-	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	492.7	122.4	-	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5	<LCM	<LCM	-	-	-	-
(*)Temperatura (T°)	°C	N.A.	19.8	19.5	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMERW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrode Method.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed. 2017: Solids: Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017: Solids: Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM), Oil and Grease and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM: Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved): Azide Modification.
Temperatura	°C	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017: Temperature - Laboratory and Field Methods

**NOTAS FINALES**

(\*) Los métodos y/o matriz indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ 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.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

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

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev/N°01 Fecha : 02/01/2020

Cajamarca, 02 de Marzo de 2020.

**INFORME DE ENSAYO**

**IE 0320144A**

**DATOS DEL CLIENTE**


Razon Social/Nombre	<b>VANESA RODAS MUÑOZ</b>		
Dirección	-		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	<a href="mailto:drodasm14@unc.edu.pe">drodasm14@unc.edu.pe</a>

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo	<b>05.03.20</b>	Hora de Muestreo	<b>11:00 a 11:10</b>
Responsable de la toma de muestra	<b>Cliente</b>	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	<b>Puntual</b>		
Número de puntos de muestreo	<b>02</b>		
Ensayos solicitados	<b>Fisicoquímicos</b>		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	<b>CAMAL MUNICIPAL CAJAMARCA</b>		

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato	-	Cadena de Custodia	<b>CC - 144A - 20</b>	
Fecha y Hora de Recepción	<b>05.03.20</b>	<b>12:23</b>	Inicio de Ensayo	<b>05.03.20 15:00</b>
Reporte Resultado	<b>16.03.20</b>	<b>09:00</b>		



**Edder Neyra Jaico**  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028



**Freddy López León**  
Especialista de Química  
CIP: 198264

**Cajamarca, 16 de Marzo de 2020.**



**INFORME DE ENSAYO**

**IE 0320144A**

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra			PMA	PME	-	-	-	-
Código Laboratorio			144A-01	144A-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Industrial	Industrial	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Carnal Municipal Cajamarca	Carnal Municipal Cajamarca	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	6.28	8.04	-	-	-	-
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5	1846.0	611.0	-	-	-	-
(*)Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	4391.0	1029.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	5817.5	433.2	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	9152.8	1626.3	-	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	381.6	65.6	-	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.3	<LCM	<LCM	-	-	-	-
(*)Temperatura (T°)	°C	N.A.	19.4	18.7	-	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (traza)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrode Method.
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids. Dried at 103 - 105°C
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017: Solids. Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 5200 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2016: n-Hexane Extractable Material (HEM), Oil and Grease and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.
Temperatura	°C	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017: Temperature - Laboratory and Field Methods

**NOTAS FINALES**

(\*) Los métodos y/o matriz indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ 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.

✓ Las muestras sobre las que se realizan los ensayos se conservan en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de preservabilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

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

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:001 Fecha : 02/04/2020

Cajamarca, 16 de Marzo de 2020.

**INFORME DE ENSAYO**

**IE 0320144A**

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra			PMA	PME	-	-	-	-
Código Laboratorio			144A-01	144A-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Industrial	Industrial	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Censal Municipal Cajamarca	Censal Municipal Cajamarca	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	6.28	8.04	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	1846.0	611.0	-	-	-	-
(*)Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	4391.0	1029.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	5817.5	433.2	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	6.3	9152.8	1626.3	-	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	381.6	65.6	-	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5	<LCM	<LCM	-	-	-	-
(*)Temperatura (T°)	°C	N.A.	19.4	18.7	-	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del análisis es mínima (traza)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMCIRW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrode Method.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMCIRW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMCIRW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017. Solids. Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMCIRW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMCIRW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2012. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMCIRW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.
Temperatura	°C	SMCIRW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017. Temperature. Laboratory and Field Methods

**NOTAS FINALES**

(\*) Los métodos y/o matriz indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ 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 emendas.

✓ Las muestras sobre las que se realizan los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

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

"Fila del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:0/01 Fecha : 02/01/2020

**Cajamarca, 16 de Marzo de 2020.**

**INFORME DE ENSAYO**

**IE 0620214A**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **VANESA RODAS MUÑOZ**  
Dirección -  
Persona de contacto - Correo electrónico [drodasm14@unc.edu.pe](mailto:drodasm14@unc.edu.pe)

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **26.06.20** Hora de Muestreo **11:20 a 11:25**  
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -  
Procedimiento de Muestreo -  
Tipo de Muestreo **Puntual**  
Número de puntos de muestreo **02**  
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**  
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**  
Referencia de la Muestra: **CAMAL MUNICIPAL CAJAMARCA**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato - Cadena de Custodia **CC - 214A - 20**  
Fecha y Hora de Recepción **26.06.20 12:07** Inicio de Ensayo **26.06.20 13:40**  
Reporte Resultado **07.07.20 10:00**



**Edder Neyra Jaico**  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028



**Freddy López León**  
Especialista de Química  
CIP: 198264

**Cajamarca, 24 de Junio de 2020.**



INFORME DE ENSAYO IE 0620214A

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra	PMA	PME	-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	214A-01	214A-02	-	-	-	-	-	-
Matriz	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal	Municipal	-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Canal Municipal Cajamarca	Canal Municipal Cajamarca	-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	6.45	8.17	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	1526.8	274.1	-	-	-	-
(*)Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	7482.0	511.4	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	2971.0	213.3	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	6923.4	866.1	-	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	126.5	28.8	-	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5	<LCM	3.0	-	-	-	-
(*)Temperatura (T°)	°C	N.A.	19.8	20.4	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMCWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMCWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed. 2017: Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMCWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017: Solids, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMCWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMCWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM), Oil and Grease and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMCWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved), Azide Modification.
Temperatura	°C	SMCWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017: Temperature - Laboratory and Field Methods

NOTAS FINALES

- (\*) Los métodos y/o matriz indicados no han sido acreditados por el INACAL- DA.
- (\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
  - ✓ 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.
  - ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
  - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°01 Fecha : 02/01/2020

Cajamarca, 24 de Junio de 2020.

**INFORME DE ENSAYO**

**IE 0720243A**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre	<b>VANESA RODAS MUÑOZ</b>		
Dirección	-		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	<a href="mailto:drodasm14@unc.edu.pe">drodasm14@unc.edu.pe</a>

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo	<b>10.07.20</b>	Hora de Muestreo	<b>11:10 a 11:20</b>
Responsable de la toma de muestra	<b>Cliente</b>	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	<b>Puntual</b>		
Número de puntos de muestreo	<b>02</b>		
Ensayos solicitados	<b>Físicoquímicos</b>		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	<b>CAMAL MUNICIPAL CAJAMARCA</b>		

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato	-	Cadena de Custodia	<b>CC - 243A - 20</b>	
Fecha y Hora de Recepción	<b>10.07.20</b>	<b>12:00</b>	Inicio de Ensayo	<b>10.07.20 12:30</b>
Reporte Resultado	<b>20.07.20</b>	<b>10:00</b>		



**Edder Mayra Jaico**  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028



**Freddy López León**  
Especialista de Química  
CIP: 198264

**Cajamarca, 20 de Julio de 2020.**

**INFORME DE ENSAYO IE 0720243A**

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra			PMA	PME	-	-	-	-
Código Laboratorio			243A-01	243A-02	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Carnal Municipal Cajamarca	Carnal Municipal Cajamarca	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LOM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	6.56	8.09	-	-	-	-
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5	1746.2	268.7	-	-	-	-
(*)Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	5284.5	466.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	3658.4	277.9	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	7266.0	971.3	-	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	142.7	32.5	-	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5	<LOM	2.8	-	-	-	-
(*)Temperatura (T°)	°C	N.A.	19.7	19.6	-	-	-	-

Legenda: LOM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LOM significa que la concentración del analito es mínima (traza)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H-B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A-D, 23rd Ed. 2017. Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017. Solids, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved), Azide Modification.
Temperatura	°C	SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017. Temperature - Laboratory and Field Methods

**NOTAS FINALES**

(\*) Los métodos y/o matriz indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realice el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ 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.

✓ Las muestras sobre las que se realizan los ensayos se conservan en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perechibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

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

"Fin del documento"

## **ANEXO N° 4**

Resultados de parámetros de parámetros en estudio

**Tabla 11.** Valores obtenidos para DQO

Monitoreos	PMA	PME	E (%)
1	6684,6	685,1	89,7
2	5320,5	1180	77,8
3	10925,3	1862,9	82,9
4	9152,8	1626,3	82,2
5	7724,1	1291,5	83,2
6	6923,4	866,1	87,4
7	7266	971,3	86,6
<b>Media aritmética</b>	<b>7713,8</b>	<b>1211,8</b>	<b>84,2</b>

**Tabla 12.** Valores obtenidos para DBO

Monitoreos	PMA	PME	E (%)
1	5312,5	204	96,1
2	2850	277	90,2
3	6168,8	356,5	94,2
4	5817,5	433,2	92,5
5	3262,3	254,8	92,1
6	2971	213,3	92,8
7	3658,4	277,9	92,4
<b>Media aritmética</b>	<b>4.291,50</b>	<b>288,10</b>	<b>93,2</b>

**Tabla 13.** Valores obtenidos para SST grasas

Monitoreos	PMA	PME	E (%)
1	2160	98	95,4
2	990	295	70,2
3	1950	500	74,3
4	1846	611	66,9
5	1359,5	325,2	76,0
6	1526,8	274,1	82,0
7	1746,2	268,7	84,6
<b>Media aritmética</b>	<b>1654,07</b>	<b>338,85</b>	<b>79,51</b>

**Tabla 14.** Valores obtenidos para aceites y

Monitoreo	PMA	PME	E (%)
1	362,8	41,5	88,5
2	253,1	58,2	77,0
3	492,7	122,4	75,1
4	381,6	65,6	82,8
5	116,4	43,7	62,4
6	126	28,8	77,1
7	142,7	32,5	77,2
<b>Media aritmética</b>	<b>267,90</b>	<b>56,10</b>	<b>79,0</b>

*Tabla 15. Valores obtenidos para Ph*

Monitoreos	PMA	PME
1	6,9	8,1
2	6,54	7,94
3	6,74	8,16
4	6,28	8,04
5	6,33	7,95
6	6,45	8,17
7	6,56	8,09
<b>Media aritmética</b>	<b>6,54</b>	<b>8,06</b>

*Tabla 16. Valores obtenidos para T°*

Monitoreos	PMA	PME
1	19,6	19,1
2	19,5	18,9
3	19,8	19,5
4	19,4	18,7
5	19,7	19,3
6	19,8	20,4
7	19,7	19,6
<b>Media aritmética</b>	<b>19,64</b>	<b>19,36</b>

## **ANEXO N° 5**

Resultados de parámetros de pruebas de funcionamiento: OD Y SSV

**Tabla 17. Resultados tabulados de SSV Y OD- PE**

DÍAS	OD	SSV
1	0,22	335,6
2	0,3	380,7
3	0,21	469,3
4	0,22	399,6
5	0,29	480,5
6	0,28	489,7
7	0,28	503,2
8	0,19	379,1
9	0,24	365,9
10	0,22	421,3
11	0,31	462,8
12	0,3	483,1
13	0,28	501,5
14	0,27	450,3
15	0,33	501,6
16	0,31	335,7
17	0,29	357,3
18	0,22	389,3
19	0,24	476,2
20	0,24	487,1
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,262</b>	<b>433,49</b>

**Tabla 18. Resultados tabulados de SSV Y OD- SE**

DÍAS	OD	SSV
1	0,25	356,2
2	0,31	349,9
3	0,21	425,7
4	0,22	338,5
5	0,3	397,2
6	0,28	396,3
7	0,21	433,7
8	0,19	457,8
9	0,24	476,2
10	0,27	469,1
11	0,31	379,5
12	0,24	422,6
13	0,28	399,9
14	0,22	422,8
15	0,22	500,3
16	0,31	502,8
17	0,27	483,5
18	0,22	487,8
19	0,3	466,8
20	0,21	455,7
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,253</b>	<b>431,115</b>