

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



**CONSTANTES CINÉTICAS EN FUNCIÓN A LOS PARÁMETROS DE
CONTROL DEL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS A ESCALA DE LABORATORIO
EN EL CAMAL MUNICIPAL DE CAJAMARCA**

T E S I S

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR LA BACHILLER

DIANA ELIZABETH CORTEZ ABANTO

ASESORA:

Ing. M. Sc. GIOVANA ERNESTINA CHÁVEZ HORNA

CAJAMARCA – PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintidós días del mes de julio del año dos mil veintidós, se reunieron en el ambiente 2G - 207 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según Resolución de Consejo de Facultad N° 122-2022-FCA-UNC, de fecha 26 de abril del 2022, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "CONSTANTES CINÉTICAS EN FUNCIÓN A LOS PARÁMETROS DE CONTROL DEL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS A ESCALA DE LABORATORIO EN EL CAMAL MUNICIPAL DE CAJAMARCA", realizada por la Bachiller DIANA ELIZABETH CORTEZ ABANTO para optar el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

A las doce (12) horas y diez (10) minutos, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

A las trece (13) horas y cinco (05) minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez
SECRETARIO

Ing. M. Sc. Edgar Darwin Díaz Mori
VOCAL

Ing. M. Sc. Giovana Ernestina Chávez Horna
ASESOR

COPYRIGHT © 2022 by
DIANA ELIZABETH CORTEZ ABANTO
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

A Dios, por estar presente en cada día de mi vida, brindándome siempre lo necesario para salir adelante.

A mis padres, Edinson Octavio Cortez Barrantes y Sara Abanto Marín por su infinito apoyo y amor, porque su sacrificio hoy está rindiendo frutos.

A mi pareja Wilson Terrones Aguilar, por su apoyo y comprensión, por estar siempre a nuestro lado impulsándome a cumplir mis metas.

A mis amados hijos, Franco y Rafael, mis motivos para cumplir mis metas, para poder brindarles todo lo que necesitan.

A mis 4 hermanos, que desde donde se encuentran siempre hacen presente sus buenos deseos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi padre, hermano y amigo, por protegerme y brindarme salud, hacer posible lograr mis metas, mantener a mi familia unida y brindarnos cada día un hermoso amanecer.

A mis padres, por ser los pilares de mis logros, por su apoyo incondicional, por su amor infinito y proteger a mis grandes amores que son mis hijos.

A mi pareja, por su amor, cariño, confianza, comprensión y dedicación a nuestra familia, por brindarnos la seguridad de lograr nuestros objetivos planteados y por su infinita paciencia y colaboración en la ejecución de mi proyecto de tesis.

Al Ing. Ruben Chávez Delgado, por su amabilidad y apoyo en el diseño de los planos para esta tesis.

A la Gerencia de Medio Ambiente de la Municipalidad Provincial de Cajamarca por permitir ejecutar el proyecto de tesis en las instalaciones del camal municipal de Cajamarca.

A mi asesora Ing. Giovana Ernestina Chávez Horna, por la paciencia y compromiso, por compartir conocimientos y ser una gran guía para el desarrollo de esta tesis.

Al Ing. Walter Hunberto Rabanal Díaz que en representación del Gobierno Regional de Cajamarca me brindó su apoyo con el servicio de análisis fisicoquímicos para tres monitoreos. A la señora Isabel, por su apoyo en el funcionamiento de la planta piloto de lodos activados en el camal municipal de Cajamarca.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II.....	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Antecedentes de la investigación	3
2.2. Bases teóricas	6
2.2.1. Aguas residuales industriales	6
2.2.2. Aguas residuales de camales.....	7
2.2.3. Tratamiento biológico de aguas residuales	8
2.2.4. Lodos activados	10
2.2.5. Cinética del crecimiento biológico	18
2.2.6. Valores de constantes cinéticas en lodos activados de diferentes autores.....	21
2.3. Definición de términos básicos	22
2.3.1. Lodos activados	22
2.3.2. Procesos de mezcla completa.....	22
2.3.3. Constantes cinéticas	23
2.3.4. Escala de laboratorio.....	23

CAPÍTULO III.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Ubicación geográfica.....	24
3.2. Condiciones climáticas.....	25
3.3. Tipo de investigación	25
3.4. Diseño de la Investigación	26
Población	26
Muestra	27
3.5. Materiales	27
3.5.1. Material experimental	27
3.5.2. Materiales y equipos de laboratorio.....	28
3.5.3. Otros materiales	28
3.6. Descripción del sistema de tratamiento de lodos activados a escala de laboratorio.....	28
3.6.1. Tanque alimentador de aguas residuales.....	29
3.6.2. Tanque de aireación	29
3.6.3. Sedimentador secundario o tanque de decantación	29
3.6.4. Caja de lodos.....	29
3.6.5. Tanque receptor	30
3.6.6. Soporte metálico	30
3.6.7. Sistema de aireación	31
3.7. Descripción de la operación del sistema	31
3.8. Cronograma de monitoreo para la obtención de datos en función a los parámetros de control del sistema	34

3.9. Métodos de recopilación de información	35
CAPÍTULO IV.....	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Parámetros de control.....	38
4.1.1. Caudal y tiempo de retención hidráulica	38
4.1.2. Potencial de hidrógeno (pH) y temperatura (°C)	41
4.1.3. Oxígeno disuelto (OD).....	44
4.1.4. Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	45
4.1.5. Sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos sedimentables (SS).....	47
4.1.6. Demanda bioquímica oxígeno soluble (DBO ₅)	48
4.1.7. Coliformes totales y coliformes termotolerantes	50
4.2. Constantes cinéticas	52
4.2.1. Constante cinética de velocidad de consumo de sustrato, k	53
4.2.2. Constante de afinidad, k_s y velocidad específica máxima de consumo de sustrato, q_{max}	54
4.2.3. Constantes correspondientes a la producción neta de Biomasa Y y k_d ...56	
4.2.4. Velocidad específica de crecimiento de la biomasa μ	57
4.3. Comparación de constantes cinéticas con otros autores.....	57
CAPÍTULO V	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1. Conclusiones	59
5.2. Recomendaciones.....	59
CAPÍTULO VI.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

CAPÍTULO VII	69
ANEXO O APÉNDICE.....	69
Planos del sistema de tratamiento de lodos activados.....	70
Resultados del laboratorio Regional del Agua - Cajamarca	76
Panel fotográfico	117

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de las aguas residuales de camales.....	8
Tabla 2: Valores típicos de constantes cinéticas por los autores Ramalho y Metcalf and Eddy	21
Tabla 3: Valores de constantes cinéticas por diferentes autores.....	22
Tabla 4: Frecuencia de los parámetros monitoreados.....	35
Tabla 5: Método de análisis	36
Tabla 6: Caudal diario y TRH.....	38
Tabla 7: pH y temperatura	42
Tabla 8: Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	45
Tabla 9: Sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos sedimentables (SS).....	47
Tabla 10: DBO ₅ soluble.....	49
Tabla 11: Coliformes totales y termotolerantes.....	51
Tabla 12: Obtención de la constante de velocidad de consumo de sustrato, k.....	53
Tabla 13: Obtención las constantes k_s y q_{max}	54
Tabla 14: Constantes Y y k_d	56
Tabla 15: Constantes cinéticas k, k_s , q_{max} , Y, k_d y μ	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del sistema de lodos activados en relación con la ciudad de Cajamarca (Google Earth 2021).....	24
Figura 2: Plano de ubicación del proyecto del sistema de lodos activados a escala de laboratorio.....	25
Figura 3: Soporte metálico.....	30
Figura 4: Sistema de tratamiento de lodos activados.....	31
Figura 5: Puntos de monitoreo del sistema de lodos activados.....	33
Figura 6: Días muestreados del caudal diario de entrada al sistema de lodos activados.....	39
Figura 7: Tiempo de retención hidráulica en horas (TRH).....	40
Figura 8: Relación entre el caudal y TRH (h).....	41
Figura 9: pH en el punto PM2.....	42
Figura 10: Temperatura (°C) en el punto PM2.....	43
Figura 11: SSV en el punto PM2.....	46
Figura 12: Relación entre SSV y DBO ₅ en PM1.....	46
Figura 13: SST en el punto PM2.....	47
Figura 14: DBO ₅ en los puntos PM1 y PM2.....	50
Figura 15: Coliformes totales en los puntos PM1 y PM2.....	51
Figura 16: Coliformes termotolerantes en los puntos PM1 y PM2.....	52
Figura 17: Constante cinética de velocidad de consumo de sustrato, k.....	53
Figura 18: Constantes k_s y q_{max}	55
Figura 19: Constantes cinéticas Y y k_d	56
Figura 20: Plano del sistema de lodos activados.....	71

Figura 21: Plano de puntos de monitoreo del sistema de lodos activados.....	72
Figura 22: Unidades de tratamiento de lodos activados.....	73
Figura 23: Plano de soporte metálico para unidades de tratamiento de lodos activados (vista frontal, lateral y planta).....	74
Figura 24: Plano isométrico del soporte metálico y el sistema de lodos activados.....	75
Figura 25: Instalación del sistema de lodos activados.....	118
Figura 26: Bombas de aire y piedras difusoras utilizadas en el sistema de lodos activados.....	118
Figura 27: Sistema de lodos activados sin y en funcionamiento.....	118
Figura 28: Ubicación del letrero del proyecto Sistema de lodos activados.....	119
Figura 29: Medición de caudal diario del sistema de lodos activados.....	119
Figura 30: Toma de muestras en los tres puntos de monitoreo (PM1, PM2 y PM3).....	119
Figura 31: Medición del OD por personal del Laboratorio Regional del Agua.....	120
Figura 32: Muestras de laboratorio.....	120
Figura 33: Evacuación del lodo del sedimentador secundario	120

LISTA DE ABREVIACIONES

DBO ₅	: Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días de incubación
E	: eficiencia
k	: constante de velocidad de consumo de sustrato
k _d	: Constante de respiración endógena
k _s	: constante de afinidad
SSVLM	: sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado
MVCS	: ministerio de vivienda construcción y saneamiento
TRH	: tiempo de retención hidráulica
Θ _c	: tiempo de retención celular
OD	: oxígeno disuelto
pH	: potencial de hidrógeno
q _{max}	: Constante de velocidad específica máxima de consumo de sustrato
S _e	: concentración de sustrato en el efluente
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
S _o	: concentración de sustrato en el influente
SS	: sólidos sedimentables
SST	: sólidos suspendidos totales
SSV	: sólidos suspendidos volátiles
UNESCO	: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
X	: concentración de microorganismos en el licor mezclado
Y	: parámetro de producción celular
μ	: velocidad específica de crecimiento de la biomasa

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca proporcionando información experimental obtenida a nivel de pruebas de laboratorio relacionadas a la determinación de las constantes cinéticas. En el tratamiento mediante lodos activados sin recirculación de lodos, del efluente del camal municipal de Cajamarca, se diseñó un sistema de tratamiento que consiste en un reactor aerobio de 40 L y su respectivo sedimentador de 19,3 L, para un caudal de 30,8 L/d. En la investigación después de obtener condiciones estables de los parámetros de control se obtuvieron valores promedios de: potencial de hidrógeno (pH) 8,13; temperatura 20,1 °C, tiempo de retención hidráulica (TRH) 1,33 d, sólidos suspendidos volátiles (SSV) 1554,23 mg/L y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) 4550,62 mg/L en el PM1 y 439,5 mg/L en el PM3; obteniendo un porcentaje promedio de remoción del 90,34% de éste último parámetro. Los valores obtenidos de los parámetros descritos nos permitieron determinar las constantes cinéticas mediante los modelos matemáticos presentados por Ramalho y fueron los siguientes: constante de velocidad de sustrato $k = 0,0002 \text{ d}^{-1}$, constante de afinidad $k_s = 9,387 \text{ mg/l}$, constante de velocidad específica máxima de consumo de sustrato $q_{\max} = 1,8519 \text{ d}^{-1}$, constante de producción celular $Y = 0,1126 \text{ mgSSV/mgDBO}_5$ y coeficiente de respiración endógena $k_d = 0,5118 \text{ d}^{-1}$; éstos valores son más bajos a las obtenidas por Cerna (2014) y Ramirez y Quispe (2017) considerando que las características de las aguas residuales utilizadas tienen diferentes y menores cargas orgánicas a las que se ha utilizado para este proyecto, además se trabajó a diferentes condiciones de operación, climáticas y geográficas.

Palabras clave: Tratamiento de aguas residuales, lodos activados, constantes cinéticas, parámetros de control, escala de laboratorio.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the district, province and department of Cajamarca providing experimental information obtained at the level of laboratory tests related to the determination of kinetic constants. In the treatment by means of activated sludge without sludge recirculation, of the effluent of the Cajamarca municipal slaughterhouse, a treatment system was designed that consists of a 40 L aerobic reactor and its respective 19.3 L settler, for a flow of 30, 8 L/d. In the investigation after obtaining stable conditions of the control parameters, average values were obtained of: hydrogen potential (pH) 8.13; temperature 20.1 °C, hydraulic retention time (HRT) 1.33 d, volatile suspended solids (VSS) 1554.23 mg/L and biochemical oxygen demand (BOD₅) 4550.62 mg/L in PM₁ and 439.5 mg/L in PM₃; obtaining an average percentage of removal of 90.34% of this last parameter. The values obtained from the described parameters allowed us to determine the kinetic constants through the mathematical models presented by Ramalho and were the following: substrate rate constant $k = 0.0002 \text{ d}^{-1}$, affinity constant $k_s = 9.387 \text{ mg/l}$, constant maximum specific rate of substrate consumption $q_{\max} = 1.8519 \text{ d}^{-1}$, cell production constant $Y = 0.1126 \text{ mgSSV/mgBOD}$ and endogenous respiration coefficient $k_d = 0.5118 \text{ d}^{-1}$; these values are lower than those obtained by Cerna (2014) and Ramirez and Quispe (2017) considering that the characteristics of the wastewater used have different and lower organic loads than those used for this project, in addition, they worked at different operating, climatic and geographical conditions.

Keywords: Wastewater treatment, activated sludge, kinetic constants, control parameters, laboratory scale.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los mataderos como casi todas las industrias, utiliza agua durante su proceso, generando así efluentes líquidos de alta carga orgánica con una concentración de sólidos bastante elevados. Éstos componentes al ser vertidos, generalmente a los ríos y al alcantarillado público conlleva a su destrucción, puesto que son fuentes nutritivas para el desarrollo de microorganismos indeseables que afectan a la salud y al medio ambiente (Oré, 2017, pág. 7).

En el camal municipal de Cajamarca, para la obtención de carne, utilizan una gran cantidad de agua, teniendo como efluente aproximado de 30 m³ por día, recibiendo simplemente un tratamiento primario (sedimentación) y siendo luego descargado directamente al alcantarillado. La UNESCO (2017) refiere que, las aguas residuales generadas en las industrias pueden ser tratadas in situ o vertidas a los sistemas municipales, pero deben otorgarse permisos de descarga y respetarse los límites de calidad (pág. 43).

El principal problema del camal es que no cuenta con una planta de tratamiento que certifique el cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Además, en nuestro país no hay registro de valores de constantes cinéticas para el dimensionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales de camales municipales, siendo éstas muy importantes para

su diseño. Ha habido muchos casos de plantas de tratamiento de aguas que han sido sobredimensionadas o sub dimensionadas resultando ser ineficientes porque fueron diseñadas considerando constantes cinéticas obtenidas en otros países cuyas condiciones climáticas y concentración de efluentes son diferentes a las de nuestro país (Cotrado, 2005, pág. 4).

Por tal motivo en la presente investigación se obtuvo las constantes cinéticas k , k_s , q_{max} , k_d , las cuales sólo pueden ser determinadas experimentalmente y ser específicas para cada agua residual, que permitirán ser utilizadas para un adecuado diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales mediante el método de lodos activados sin recirculación de lodos (Condori y Ruelas, 2017, pág. 64); además, para llegar a estos resultados se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Determinar los valores de las constantes cinéticas en función a los parámetros de control del sistema de lodos activados a escala de laboratorio en el camal municipal de Cajamarca

Objetivos específicos

- Evaluar los parámetros de control: oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), sólidos suspendidos volátiles del licor de mezcla (SSVLM), temperatura ($^{\circ}C$), potencial de hidrógeno (pH) y el tiempo de retención hidráulica (TRH) en el sistema de lodos activados a escala de laboratorio en el camal municipal de Cajamarca.
- Comparar las constantes cinéticas obtenidas en función al modelo de primer orden del sistema de lodos activados a escala de laboratorio en el camal municipal de Cajamarca con las constantes obtenidas Cerna (2014) y Ramirez y Quispe (2017)

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Rodríguez et al. (2003), operaron un biorreactor con agua residual de un frigorífico de Bogotá, Colombia, se empleó el proceso de lodos activados de tipo de mezcla completa con flujo continuo, tiempo de retención hidráulica constante de ocho horas y edad de lodos variable (5,10 y 15 días). Los parámetros de control del sistema fueron la determinación del pH, temperatura y la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y los sólidos suspendidos volátiles (SSV) cada tres días. Los valores encontrados determinaron las constantes cinéticas y estequiométricas a partir de la ecuación de Orozco y fueron las siguientes: $k = 0,0009 \text{ d}^{-1}$, $K_d = 0,5732 \text{ d}^{-1}$, $Y = 1,5626 \text{ mgSSV/mgDBO}_5$, $K_s = 0,9764 \text{ d}^{-1}$, $K_m = 1929,7 \text{ mg/l}$, $k_0 = 2,733 \text{ mg/l}$, $K_1 = 0,9203 \text{ d}^{-1}$ y $k_2 = 0,0653 \text{ d}^{-1}$ (pág. 16)

Méndez et al. (2004), diseñaron un módulo compuesto por 6 minirreactores para la determinación de las constantes cinéticas del tratamiento de aguas residuales, empleando las ecuaciones de los procedimientos de Eckenfelder (1970) y Metcalf & Eddy (1998) y utilizando un residual sintética, obtuvieron los siguientes valores: $k: 0,06 \text{ d}^{-1} \text{ l/mg}$ (Constante de velocidad de consumo de sustrato), $k_d: 0,00048 \text{ d}^{-1}$ (Coeficiente de consumo de biomasa por respiración endógena), $Y: 0.0494$ (Coeficiente de producción de biomasa por consumo de

sustrato), a : 0.8763 (Parámetro de utilización de oxígeno para la oxidación de sustrato) y b : 0.0744 (Parámetro de utilización de oxígeno utilizado en la respiración endógena) (pág. 82).

En el trabajo de investigación de Cotrado (2005), titulado “Determinación experimental de los parámetros biocinéticos necesarios para el diseño de reactores de lodos activados”, se diseñó un módulo compuesto por 6 mini reactores, utilizando un sustrato sintético el cual proporcionaría una concentración constante y se trabajaría con menor riesgo a la contaminación. Las ecuaciones empleadas se extrajeron de los procedimientos de Eckenfelder (1970) y Metcalf y Eday (1998). Las constantes cinéticas obtenidas fueron: k : 0,0816 d^{-1} L /mg (Constante de velocidad de consumo de sustrato), k_d : 0.0120 d^{-1} (Coeficiente de consumo de biomasa por respiración endógena), Y : 0,5422 (Coeficiente de producción de biomasa por consumo de sustrato), a : 0,7780 (Parámetro de utilización de oxígeno para la oxidación de sustrato) y b :0,0456 d^{-1} (Parámetro de utilización de oxígeno utilizado en la respiración endógena) (pág. 4).

Varila y Díaz (2008) con el tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala de laboratorio, pusieron en marcha la operación de un biorreactor donde éste fue alimentado por un agua residual sintética de baja carga y composición conocida durante cuatro semanas con tiempos de retención hidráulica (Θ) de 5, 14, 24 y 36 horas y celular (Θ_c) de 7 días. Las ecuaciones que fueron empleadas se dedujeron de los procedimientos de Metcalf & Eddy (1998) y Ramalho (2003) y del modelo propuesto por Reynolds & Richards (2006), obteniendo los siguientes coeficientes cinéticos de crecimiento biológico: $k = 1,5 d^{-1}$; $Y = 0,038 \text{ mgSSVLM/mg DBO}_5$; $k_d = 0,1 d^{-1}$; $a = 0,4612 \text{ mg O}_2/\text{mg DQO}$ y $b = 0,6 d^{-1}$ (pág. 21).

Chocce y Galarza (2012), construyeron un reactor biológico de vidrio a escala de laboratorio donde se inoculó un cultivo de microorganismos y se realizó monitoreos diario de pH, temperatura y oxígeno disuelto. Los valores promedio de los datos son: 7,4; 15,4 °C y 2,4

ppm respectivamente; además según el tiempo de residencia del sistema los cuales fueron de 0,6 día; 1,0 día y 1,3 días se realizó el análisis de la DQO en el afluente y efluente del sistema y los sólidos suspendidos volátiles en el licor de mezcla (SSVLM), obteniéndose los siguientes valores promedios respectivamente: 216 ppm, 224 ppm y 230 ppm. Los coeficientes cinéticos obtenidos experimentalmente son: $k = 5,99 \text{ d}^{-1}$; $k_d = 0,0161 \text{ d}^{-1}$; $Y = 0,4078 \text{ mg SSVLM/mg DQO}$ y $k_s = 226,91 \text{ mg DQO/L}$ (pág. 5).

Cerna (2014), registró un trabajo de investigación como practica Pre profesional; donde se determinaron los parámetros biocinéticos del agua residual del camal municipal Tingo María, mediante un equipo que simuló un sistema de lodos activados a escala de laboratorio, obteniendo como valores $u_{max} = 3,84 \text{ día}^{-1}$, $K_s = 587 \text{ mg/L}$, $Y_{XS} = 1.476 \text{ mgSSV/mgDBO}_5$ y $K_d = 0.96 \text{ día}^{-1}$ (pág. 63).

Ramírez y Quispe (2017), en la provincia de Carhuaz, departamento de Ancash; se realizó el tratamiento del agua residual del camal de Carhuaz mediante lodos activados, donde este proceso se inició con un pretratamiento (test de jarras) continuando con la sedimentación primaria con un tiempo de retención de 9 horas, continuando en el reactor biológico con un tiempo de retención hidráulica de 6 horas, aireando con difusores esféricos y bombas de aire de 5w, 9 w y 15 w, y como último proceso se realizó la sedimentación secundaria en un sedimentador cónico, para luego por rebose obtener el agua tratada. Durante este proceso se determinó las siguientes constantes cinéticas: $k = 0,0216 \text{ d}^{-1}$; $Y = 0,2637 \text{ mg SSVLM/mg DBO}_5$; $k_d = 2,9544 \text{ d}^{-1}$; $a = 0,4054 \text{ Kg O}_2/\text{Kg DBO}_5$ y $b = 5,5368 \text{ d}^{-1}$ (pág. 8).

Aguirre y Yanac (2018), en la Universidad Nacional Antunez de Mayolo, realizaron la determinación de parámetros biocinéticas del agua residual del colector Raymondi, en un sistema de lodos activados a escala de laboratorio en Huaraz-Ancash, diciembre 2015 – mayo 2016”, donde experimentalmente se calcularon los parámetros biocinéticos con los siguientes

valores: $K = 0,0096 \text{ L/mg.d}$; $K_d = 0,01 \text{ kgSSV/d KgSSV}$; $K_s = 150,23 \text{ mg/l}$; $Y = 0,05 \text{ KgSSV/KgDBO}_5\text{r}$; $a = 0,042 \text{ KgO}_2/\text{Kg DBO}_5$ y $b = 0,0312 \text{ KgO}_2/\text{d .KgSSV}$ (pág. 80).

Chávez (2018), en su estudio realizado con las aguas residuales de la unidad básica de saneamiento (UBS) de una familia de 06 habitantes, se evaluó una serie de 04 reactores biológicos aireados operados en forma continua sin recirculación donde se registró la demanda bioquímica de oxígeno DBO_5 , sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado MLVSS; también se evaluó el caudal de ingreso, los tiempos de retención hidráulica; determinando una eficiencia superior 77% en la remoción DBO_5 y mayor a 99% en la remoción de sólidos sedimentables. Para los biorreactores R2, R3 y R4 se obtuvieron los siguientes coeficientes cinéticos: k (0,028; 0,002; 0,004 en d^{-1}), Y (0,0856; en $\text{mg MLVSS producido/mg sustrato consumido}$), k_d (-0.1986; -0.3946; -0.6164 en d^{-1}) (pág. 15).

Torres y Yauri (2019), en la evaluación de parámetros biocinéticas mediante lodos activados a nivel de laboratorio de los efluentes de la Piscigranja de Miraflores para remoción de la carga orgánica, realizando muestreos aleatorios de pH, DQO y OD Los parámetros biocinéticos obtenidos en el biorreactor con lodos activados fueron: $K = 0.036 \text{ d}^{-1}$, $K_d = 0.051 \text{ d}^{-1}$, $K_s = 79.051 \text{ mg/L}$, $Y = 0.0974$ y $\mu_m = 0.0351 \text{ d}^{-1}$ (pág. 10).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas residuales industriales

Son aquellas aguas que han sido empleadas en los diferentes sistemas de producción, fabricación o manejo industrial, las cuales para ser desechadas necesitan ser tratadas previamente, de tal manera que puedan ser apropiadas para su vertido en las diferentes redes de alcantarillado, o depuradoras en sistemas naturales, tales como ríos, lagos, etc. Cuando nos referimos a los tratamientos de aguas residuales industriales, el mejor tratamiento para este tipo de efluente dependerá de una serie de factores

característicos, tales como: la composición, el caudal, y las concentraciones (Mayta y Ñahui, 2010, pág. 23).

2.2.2. Aguas residuales de camales

Para Oré (2017), las aguas residuales de los camales se diferencian en la producción de efluentes y su composición debido al tipo de procesamiento que realizan como: carne de oveja, carne de res, aves de corral, etc. Sus principales fuentes de contaminación son debido a la presencia de sangre, orina, heces, residuos de alimentos, grasas y agua de limpieza; contribuyendo con altas cargas orgánicas, fósforo, grasas, nitrógeno total y principalmente sólidos suspendidos (pág. 12).

Los efluentes de los camales vertidos a cuerpos de agua superficiales o subterráneos generan problemas debido a que los compuestos nitrogenados provocan la eutrofización y crecimientos de algas permitiendo que el oxígeno disuelto disminuya generando zonas anoxicas. El tratamiento biológico debido a su característica biodegradable le permite ser una opción económica y técnica viable. El tratamiento aerobio presenta eficiencias hasta el 90% con un mayor consumo energético debido a la aireación, permitiendo la reducción de nutrientes bajo las configuraciones anoxicas-oxicas, siendo mejor opción que el tratamiento anaerobio que presenta eficiencias entre el 60-90% en la reducción de DBO₅ y un menor consumo energético, además no permite reducir la concentración de nutrientes como el nitrógeno y fósforo (Muñoz, 2005, pág. 96).

2.2.2.1. Características típicas de las aguas residuales de camales

Los valores de las concentraciones en las aguas residuales de camales varían en función al tiempo de lavado, tipo de animales sacrificados, sistemas de filtrado, etc., sin embargo, Stecher y Ruprecht (2003) nos muestra las características típicas de estas aguas residuales tal como se muestra en la tabla 1 (pág.23).

Tabla 1*Características de las aguas residuales de camales*

Parámetro	Concentración	Unidad de medida
Sustancias disueltas	1206	mg/L
Sólidos fijos	272	mg/L
Sólidos volátiles	934	mg/L
sustancias no disueltas	580	mg/L
Sólidos fijos	81	mg/L
Sólidos volátiles	498	mg/L
Sustancias sedimentables	10	mL/L
pH	7	UND pH
Alcalinidad	7	mL ácido / L
Grasa	108	mg/L
Nitrógeno	145	mg/L
Pentóxido de fósforo	19	mg/L
Óxido de potasio	29	mg/L
Óxido de calcio	131	mg/L
Consumo de KMnO ₄	154	mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	838	mg/L

Obtenido de Stecher y Ruprecht (2003)

2.2.3. Tratamiento biológico de aguas residuales

Este tratamiento utiliza la capacidad de asimilar la materia orgánica y los nutrientes disueltos en el agua residual a tratar de determinados microorganismos para su propio crecimiento, llevando a cabo la separación de componentes solubles en el agua. La materia orgánica soluble es asimilada por los microorganismos como fuente de carbono. Debido a esta operación se separa por decantación la biomasa generada del sobrenadante. Para el crecimiento de los microorganismos se necesita, aparte de la materia orgánica, la

presencia de nitrógeno y fósforo en el efluente. La aplicación tradicional consiste en la eliminación de materia carbonosa del agua residual, expresada como DBO₅, carbono orgánico total (COT) o DQO, nitrificación, desnitrificación, eliminación de fósforo y estabilización de lodos. (Metcalf and Eddy, 1995, pág 320).

Para Cotrado (2005), la actividad biológica puede actuar oxidando la materia orgánica mediante los siguientes procesos (pág. 17):

2.2.3.1. Proceso aerobio

Es un proceso del tratamiento biológico en el cual la estabilización de la materia orgánica se realiza en presencia de oxígeno formando subproductos tales como agua, dióxido de carbono, nitrógeno amoniacal o nitratos, ortofosfatos y sulfatos. Las bacterias que pueden sobrevivir en presencia de oxígeno disuelto se conocen como aerobias obligadas (restringidas a una condición específica de vida).

2.2.3.2. Proceso anaerobio

En este proceso la estabilización de la materia orgánica se hace en ausencia de oxígeno. Los productos finales de la degradación anaerobia son gases principalmente dióxido de carbono, metano y pequeñas cantidades de sulfuro de hidrógeno, mercaptanos (RSH) e hidrógeno. En ausencia de oxígeno disuelto pueden sobrevivir solamente las bacterias conocidas anaerobias obligadas.

2.2.3.3. Proceso anóxico

Por medio de éste proceso la masa microbiana es sometida temporalmente a medios sin oxígeno, en estas condiciones existen microorganismos indiferentes a la presencia de oxígeno disuelto como los microorganismos facultativos, capaces extraer el oxígeno de otros compuestos como el nitrato para degradar la materia orgánica. El proceso conocido como desnitrificación, que consiste en la eliminación del nitrógeno en forma de nitrato por conversión a nitrógeno en estado gaseoso es un claro ejemplo

de éste tratamiento. Sin embargo, las principales reacciones bioquímicas que tienen lugar no son anaerobias, sino más bien una modificación de las aerobias.

2.2.4. Lodos activados

Lodos activados, es un proceso de tratamiento de aguas residuales más comúnmente empleado y se desarrolló inicialmente en Inglaterra el año 1914. A pesar de ser un proceso biológico con altos costos de inversión, operación y mantenimiento, sigue siendo uno de los tratamientos de aguas residuales municipales e industriales más utilizados. Es un proceso estable y con altas eficiencias de remoción de materia orgánica (Ramírez, 2006, pág. 47). Según R. S. Ramalho (2010), éste proceso nació de la observación realizada hace mucho tiempo de que si cualquier agua residual, municipal o industrial, se somete a aireación durante un período de tiempo se reduce su contenido de materia orgánica, formándose a la vez un lodo floculento (pág. 280).

El proceso puede describirse en un reactor, donde se alimenta de un cultivo bacteriano en suspensión, el contenido se conoce como líquido mezcla. El ambiente aerobio en el reactor se obtiene mediante el uso de difusores o aireadores mecánicos, que además sirven para mantener el líquido mezcla en estado de mezcla completa. Al cabo de un determinado tiempo, la mezcla de las nuevas células con las viejas se conduce hasta un tanque de sedimentación para su separación del agua residual tratada. Una parte de las células sedimentadas se recircula para mantener en el reactor la concentración de células deseada, mientras que la otra parte se purga del sistema (Sánchez, 2011, pág. 67).

2.2.4.1. Descripción del sistema y proceso de lodos activados tipo mezcla completa

Varila y Díaz (2008), aseguran que la utilización de lodos activados brinda una alternativa eficiente para el tratamiento de aguas residuales dado que tienen una gran variedad de microorganismos capaces de remover materia orgánica, nutrientes

(nitrógeno y fósforo) y patógenos, motivo por el cual resulta un método ideal para tratar aguas residuales domésticas, municipales e industriales.

El esquema de lodos activados de tipo mezcla completa consta de tres unidades principales las cuales son: un tanque alimentador, un tanque de aireación y un sedimentador secundario o decantador.

El sistema se encuentra en estado estacionario, esto indica que las concentraciones y caudales de los flujos del sistema permanecen constantes en el tiempo. La concentración de oxígeno disuelto, microorganismos, DBO_5 , sólidos suspendidos, etc. es la misma en cualquier punto del tanque de aireación, puesto que partimos de que el tipo de reactor es mezcla completa (pág. 24).

El proceso de lodos activados es una técnica de tratamiento en la cual el agua residual cruda y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aireados en un tanque comúnmente llamado tanque de aireación o reactor. A medida que los microorganismos aumentan en número se agrupan formando flóculos y produciendo una masa activa de microorganismos lo que se conoce como lodo biológico. Para mantener el lodo biológico en suspensión y bajo condiciones aerobias, se introduce aire al tanque de aireación mediante difusores que se colocan en el fondo del tanque, de esta manera los microorganismos remueven la materia orgánica con mayor velocidad. La mezcla del lodo biológico y el agua residual cruda en el tanque de aireación es llamada "licor mezclado o licor mixto" el cual pasa del tanque de aireación al sedimentador secundario donde el lodo biológico sedimenta (Cotrado, 2005, pág. 21).

Las actividades metabólicas de otros microorganismos también son importantes en el sistema de lodos activados ya que actúan como depuradores de los efluentes, debido a que consumen cualquier partícula biológica pequeña que no haya

sedimentado, como es el caso de los protozoos y rotíferos (Chocce y Galarza, 2012, pág. 26).

- **Proceso de Aireación Prolongada**

Llamado también proceso de aireación extendida o proceso de oxidación total, es una modificación del proceso de lodos activados y es utilizado en plantas medianas y pequeñas. El tiempo de retención hidráulica varía de 12-36 horas en lugar de 4-8 horas que se usa en el proceso convencional. Este tiempo de aeración permite obtener una alta eficiencia en el proceso y una oxidación en la fase endógena, hasta que el lodo residual presente características de buena decantación, filtrabilidad y ningún olor. Durante esta fase puede presentarse el fenómeno llamado lisis, según el cual los nutrientes que quedan en las células muertas se difunden con objeto de proporcionar alimento a las células existentes, de manera que la masa de lodo tiende a disminuir, mineralizándose, con una DBO₅ residual muy baja, lo que permite que el lodo sea parcialmente digerido dentro del tanque de aeración, para luego ser vertido y dispuesto sin necesidad de una digestión complementaria (Cotrado, 2005, pág. 32).

2.2.4.2. Microbiología en el proceso de lodos activados

Para Arcos (2013), los factores como pH, temperatura y oxígeno disuelto, son los que limitan el crecimiento de los microorganismos presentes en los lodos activados. Las bacterias, por ejemplo, es un grupo dominante de microorganismos que constituye la mayor parte del proceso de lodos activados entre un 90% a 95%, considerando además que existen otros presentes tales como (pág. 121):

- **Bacterias.** Éstas en su mayoría son aerobias Gram negativas, aprovechan la materia orgánica como fuente de carbono (heterótrofas) y quimiolitotrofas capaces de oxidar los nitritos y el amoníaco. Para obtener un efluente final de mejor calidad y más transparente, algunas bacterias se unen unas con otras para

formar los flocs, característica importante en los lodos activados que permiten una alta eficiencia en el proceso de sedimentación secundaria. Durante la sedimentación la presencia moderada de filamentos ayuda a capturar y mantener atrapadas pequeñas partículas durante este proceso. La formación de flocs pequeños y débiles que no sedimentan se da debido al bajo número o la ausencia de las bacterias filamentosas produciendo un efluente turbio. Y el crecimiento excesivo de estas bacterias generan problemas de operación Bulking o aumento en el volumen de los sólidos sedimentados por mala compactación y Foaming o formación de espumas debido a la presencia de microorganismos hidrofóbicos como *Microthrix parvicella* o actinomicetos ramificados Gram positivos del género *Nocardia*.

- **Protozoos.** Son organismos microscópicos, autótrofos, unicelulares, eucariotes, la mayoría heterótrofos y aerobios, se comportan como bioindicadores de las plantas de tratamiento a causa de que son sensibles a la ausencia de oxígeno y a compuestos tóxicos. Se alimentan de las bacterias libres y son los segundos degradadores de materia orgánica soluble e insoluble después de las bacterias. Los flagelados, ciliados libres y pedunculados y amebas son los principales subgrupos presentes en los lodos activados.
- **Rotíferos.** Son metazoos, pluricelulares con estructuras más desarrolladas que los protozoos, metabolizan partículas sólidas, son móviles y se alimentan de bacterias y protozoos. Su presencia se relaciona con una elevada edad de lodos y una buena calidad del efluente.
- **Hongos.** Un sistema de lodos activados no favorece la presencia de hongos, sin embargo, en condiciones de pH bajo y efluentes con deficiencia de nitrógeno se observan algunos filamentos fungales. Se pueden encontrar algunos géneros

como: *Geotrichium*, *Penicillium*, *Cephalosporium*, *Cladosporium*, *Alternaria*.
(Moeller y Tomasini, 2009, pág. 195).

2.2.4.3. Parámetros de control del proceso de lodos activados

a) Potencial de hidrógeno (pH)

La adecuada proliferación y desarrollo de organismos, depende de la calidad del medio, siendo un buen indicador la concentración del ion hidrogeno (H⁺). Los valores de pH deben encontrarse entre 4,0 - 9,5, dado que, éste es el rango tolerado por las bacterias, existiendo un intervalo óptimo de 6,5 - 7,5 (Ramalho, citado por Morales, 2014, pág.20). Con niveles de pH inferiores a 6,5, se produce el crecimiento de hongos filamentosos en lugar de bacterias, mientras que un pH por sobre 9, inhibe la actividad bacteriana. Cambios repentinos del pH en el reactor, tienen como consecuencia, la muerte de microorganismos, afectando de manera indirecta la eficiencia de eliminación de materia orgánica del proceso (Sandberg y Holby, 2008, pág. 337).

b) Temperatura (°C).

Es un parámetro muy importante en el sistema de lodos activados, dado que es el que favorece la velocidad de la actividad enzimática, los mesófilos son los microorganismos más comunes en este sistema debido a que toleran temperaturas entre 20°C y 40°C, demostrado en algunos estudios que la presencia de estos microorganismos aumentan la remoción de DQO, de manera que el rango de temperatura ideal en los procesos de lodos activados es de 20°C a 35°C (Arcos, 2013, pág. 121).

c) Oxígeno disuelto (OD)

Una concentración adecuada de oxígeno disuelto (OD) en el reactor es vital para permitir la respiración de los microorganismos debido a que el sistema de lodos activados es un proceso aeróbico. Este parámetro debe hallarse en concentraciones superiores a $2 \text{ mgO}_2 / \text{L}$, siendo este valor el mínimo necesario para el correcto desarrollo de la biomasa (Chamorro y Vidal, 2015, pág. 13). Ramirez y Quispe (2017), recomiendan controlar en todo momento del proceso el oxígeno disuelto debido a que, debe fluctuar entre 0 a 2 mg/L visto que de ello depende la eficiencia del proceso (pág. 122).

Arcos (2013), describe que el oxígeno disuelto es un factor que determina si la degradación de materia orgánica se lleva a cabo por la presencia de microorganismos aerobios o anaerobios, debido que el crecimiento excesivo de bacterias filamentosas y flóculos abiertos, motivo el cual se presenta una baja sedimentabilidad están relacionados con concentraciones de oxígeno disuelto menores de 2 mg/L (pág. 122).

d) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Es muy importante debido que es un parámetro ambiental que determina el grado de contaminación. Es una prueba analítica que permite determinar el contenido de materia orgánica biodegradable en una muestra de aguas residuales midiendo el consumo de oxígeno por una población microbiana heterogénea (durante 5 días generalmente), a una temperatura de incubación de $20 \text{ }^\circ\text{C}$, se mide en el afluente y efluente del reactor permitiendo calcular la remoción del mismo. (Dávalos y Tuny, 2011, pág. 88).

e) Sólidos suspendidos volátiles del licor mezcla (SSVLM)

La porción orgánica de los sólidos que se encuentran suspendidos en el reactor, está representada por los SSV (Sólidos Suspendidos Volátiles) del tanque de

aireación, llamados también SSVLM (Sólidos Suspendidos Volátiles del Licor de Mezcla), que comprenden los microorganismos vivos, muertos y restos celulares. En un reactor con aireación prolongada, los SSV tienen valores de concentración entre 1500 - 5000 mg/L (Metcalf and Eddy, 1995, pág. 155).

f) Tiempo de retención hidráulica (TRH)

El tiempo de retención hidráulica en el sistema, debe ser suficiente para permitir un contacto adecuado entre la materia orgánica disuelta y los microorganismos. Los sistemas convencionales presentan TRH entre 3-10 h, mientras que los de aireación extendida de 12-36 h (Metcalf and Eddy; Ramalho, citado por Chamorro y Vidal, 2015, pág. 13).

Chocce y Galarza (2012), describe la siguiente ecuación para calcular el tiempo de retención hidráulica para el reactor (pág. 28):

El tiempo de retención hidráulica para el reactor, θ , se define como:

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

Dónde:

V= volumen del reactor biológico.

Q = caudal afluente, volumen / tiempo

θ = tiempo de retención hidráulica en el tanque de aeración.

g) Tiempo de retención celular o edad de lodos (θ_c)

Es el tiempo promedio donde los microorganismos permanecen en el sistema, tiene como función determinar la cantidad de lodo que se ha producido en exceso y además afecta las características de sedimentación del lodo. Según los resultados obtenidos para el proceso convencional de lodos activados, la edad del lodo debe ser del orden de 4 a 15 días. Valores de θ_c menores a 4 días conducen a la formación de

flóculos que no son bastante densos por lo que no tienen una buena decantación (IVL elevado) y θ_c mayores a 15 días a la existencia de flóculos pequeños de difícil sedimentación. La edad del lodo tiene importancia fundamental ya que gobierna la propia sedimentación final de lodo activado y la calidad de efluente tratado (Cotrado, 2005, pág. 48).

$$\theta_c = \frac{V \text{ Reactor}}{Q \text{ Purga}}$$

Donde:

V Reactor = volumen del reactor biológico.

Q Purga = caudal de purga

θ_c = tiempo de retención celular.

h) Relación alimento/microorganismos (A/M)

Para Cotrado (2005), la relación A/M es un parámetro importante que mide la razón entre el alimento presente en el afluente del agua residual y los microorganismos presentes en el tanque de aeración expresado como SSVLM, es también conocido por su terminología de lengua inglesa, F/M (F de "food" y M de "microorganisms") (pág. 47).

- Dada una relación A/M baja (por ejemplo, inferior a $0,3 \text{ d}^{-1}$), la cantidad de alimento (sustrato) presente en el sistema es bajo, dado que los microorganismos se ven obligados a vivir bajo condiciones de respiración endógena. Una célula de bacteria contiene material citoplasmático rico en ácido ribonucleico (ARN) y proteínas, y es la principal porción de la célula que se metaboliza durante el proceso de respiración endógena. Lo que queda de este proceso está constituido principalmente por cápsulas celulares muy ligeras que resisten la sedimentación. También bajo estas condiciones hay poca presencia de bacterias filamentosas que

sirven de estructura a los flóculos. Se puede decir que, a relaciones bajas de A/M se forman flóculos dispersos con características de decantación muy pobres. Este rango de trabajo corresponde a la modalidad de Aeración Prolongada.

- A relaciones de A/M elevadas (por ejemplo, superiores a $0,6 \text{ d}^{-1}$), el medio favorece al predominio de un tipo de microorganismos de naturaleza filamentosa (Sphaerotilus). Este tipo de colonia no sedimenta bien permaneciendo en suspensión casi continuamente. El lodo inflado bajo estas condiciones es el que se denomina "bulking".
- A valores de A/M intermedios (entre $0,3 \text{ d}^{-1}$ y $0,6 \text{ d}^{-1}$). El medio es favorable para la presencia de bacterias formadoras de flóculos (microestructura), en equilibrio con los organismos filamentosos, propiciando la formación de flóculos grandes y resistentes con buenas características de sedimentación. El lodo bajo estas condiciones se denomina floculante y corresponde al proceso Convencional.

i) Índice volumétrico de lodo (IVL)

Se define así al volumen en mililitros que ocupa un gramo de lodo (sólidos suspendidos totales SST), después de una sedimentación de 30 minutos. Se puede establecer que la razón entre el volumen de lodo sedimentado y su concentración en el tanque de aeración.

$$IVL = \frac{\text{lodo sedimentado después de 30 min.} \left(\frac{\text{ml}}{\text{L}}\right) \times 1000}{SSTLM \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)}$$

Se considera que con un IVL de 100 o menos el lodo tiene buena sedimentabilidad. Entre más bajo sea el IVL el lodo es más denso.

2.2.5. Cinética del crecimiento biológico

Al estudiar la cinética del tratamiento biológico aerobio, nos conduce a determinar la velocidad a la cual los microorganismos degradan un residuo específico

y por lo tanto proveen información básica necesaria para definir el tamaño de los reactores biológicos aerobios.

Para determinar las constantes cinéticas en el presente trabajo de investigación, se empleará los modelos matemáticos presentados por Ramalho, las cuales se describen a continuación:

2.2.5.1. Constante de velocidad de consumo de sustrato, k

Para determinar esta constante cinética, se debe emplear el modelo cinético de primer orden, donde primero encontramos la velocidad específica de consumo de sustrato, q; teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$q = \frac{S_o - S_e}{X * TRH} = \frac{\frac{mg}{L} \text{ de DBO soluble}}{\left(\frac{mg}{L} \text{ de SSVLM}\right) * d}$$

Donde:

q: velocidad específica de consumo de sustrato, d⁻¹

X: Concentración de sólidos suspendidos volátiles del licor mezcla SSVLM, mg/L.

S_o: Concentración de la DBO₅ soluble del afluente, mg/L.

S_e: Concentración de la DBO₅ soluble del efluente, mg/L

TRH: Tiempo de residencia hidráulica en el reactor, d.

A través de la pendiente de la recta de la representación gráfica de $\frac{S_o - S_e}{X * TRH}$ en el eje de las ordenadas y la DBO₅ soluble (S_e) en el eje de las abscisas, de determina la constante de velocidad de consumo de sustrato "k"

2.2.5.2. Constante de afinidad, k_s y velocidad específica máxima de consumo de sustrato, q_{max}

La constante "k_s" es la constante de afinidad del sustrato con los microorganismos que intervienen en el tratamiento y sus unidades son mg/L, por otro

lado, la constante cinética “ q_{max} ” es la velocidad específica máxima de consumo de sustrato siendo sus unidades d^{-1} .

Gráficamente podemos determinar el valor de este parámetro, utilizando la siguiente expresión:

$$q = \frac{S_o - S_e}{X * TRH} = q_{max} \frac{S_e}{k_s + S_e} \quad , \quad \frac{X * TRH}{S_o - S_e} = \frac{k_s}{q_{max}} \frac{1}{S_e} + \frac{1}{q_{max}}$$

Donde:

q_{max} : velocidad específica máxima de consumo de sustrato (d^{-1})

q : velocidad específica de consumo de sustrato (d^{-1})

k_s : constante de afinidad (mg/L)

S_e : Concentración de la DBO₅ soluble del efluente, mg/L

Para determinar la constante k_s y q_{max} , graficamos $\frac{X*TRH}{S_o-S_e}$ en el eje de las ordenadas y $\frac{1}{S_e}$ en el eje de las abscisas, obteniendo una ecuación lineal donde la pendiente de recta corresponde a $\frac{1}{q_{max}}$ y el intercepto con el eje de las ordenadas corresponde a $\frac{k_s}{q_{max}}$.

2.2.5.3. Constantes correspondientes a la producción neta de biomasa Y y k_d

La constante Y, representa la producción de lodo biológico por Kg de sustrato total consumido y la constante k_d se define como la fracción de SSVLM por unidad de tiempo oxidada durante el proceso de respiración endógena, expresándose en unidades de tiempo⁻¹

$$Y = \frac{\text{Kg de MLVSS producidos}}{\text{Kg de sustrato total consumido}}$$

$$k_d = \frac{\text{Kg de SSVLM oxidados}}{\text{Kg SSVLM en el reactor}}$$

Para determinar dichas constantes, así como en la anterior se determina a través de una ecuación de forma lineal donde en el eje de las ordenadas se grafica $\frac{1}{TRH}$ y $\frac{S_o - S_e}{X * TRH}$ en el eje de las abscisas. La pendiente de recta corresponde al valor de la constante de producción celular (Y) y el intercepto con el eje de las ordenadas corresponde a la constante de respiración endógena (k_d).

2.2.5.4. Velocidad específica de crecimiento de la biomasa μ

μ , corresponde a la producción de biomasa por unidad de tiempo y por unidad de biomasa presente en el reactor. Para determinarla se emplea la siguiente ecuación:

$$\mu = k * Y$$

2.2.6. Valores de constantes cinéticas en lodos activados de diferentes autores

Tabla 2

Valores típicos de constantes cinéticas por los autores Ramalho y Metcalf and Eddy

CONSTANTES CINÉTICAS	UNIDAD	Ramalho 1993	Metcalf and Eddy 1998
K	d ⁻¹	0,017 – 0,003	2 - 10
k_a	d ⁻¹	0,075	0,04 – 0,075
k_s	mg/L		25 - 100
Y	$\frac{\text{mg SSV}}{\text{mg DBO5}}$	0,73	0,04 – 0,8
A	$\frac{\text{mg } O_2}{\text{mg DBO5}}$	0,52	-

Tabla 3*Valores de constantes cinéticas por diferentes autores*

CONSTANTES CINÉTICAS	UNIDAD	Rodríguez et al. 2003	Méndez et al. 2004	Cotrado 2005	Varila y Díaz 2008	Cerna 2014	Ramirez y Quispe 2017	Aguirre y Yanac 2018	Chávez 2018		
									R1	R2	R3
k	d ⁻¹	0,0009	0,06	0,082	1,5		0,022	0,01	0,028	0,002	0,004
k_d	d ⁻¹	0,5732	0,00048	0,012	0,1	0,96	2,9544	0,01	-0,1986	-0,3946	-0,6164
k_s	mg/L	0,9764				587		150,2			
Y	$\frac{\text{mg SSV}}{\text{mg DBO5}}$	1,5626	0,0494	0,542	0,038	1,476	0,264	0,05	0,0856	2,7718	2,3703
a	$\frac{\text{mg } O_2}{\text{mg DBO5}}$		0,8763	0,778	0,461 2		0,4054	0,042	3,2723	1,6294	0,9343
b	$\frac{\text{mg } O_2}{\text{dia * mg S}}$		0,0744	0,046	0,6		0,2307	0,031	0,4095	0,0801	0,0316

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Lodos activados

Una planta de lodos activados es un sistema de mezcla completa. Su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo en medio aerobio. Este método está provisto de un sistema de recirculación y eliminación de lodos (Méndez et al., 2004, pág. 75).

2.3.2. Procesos de mezcla completa

Desde el punto de vista del Modelo de Flujo en el tanque de Aeración, es una modificación de lodos activados donde la demanda y suministro de oxígeno son iguales a lo largo del tanque de aireación. Es importante recalcar que estos procesos son más insensibles a variaciones de temperatura y carga orgánica puesto que amortiguan el impacto de estas cargas debido a la mezcla inmediata (Cotrado, 2005, pág.34).

2.3.3. Constantes cinéticas

Las constantes cinéticas de crecimiento biológico solo pueden ser determinados experimentalmente y son específicos para cada agua residual, donde se va a evaluar la velocidad a la cual los microorganismos consumen la materia orgánica presente en el efluente que se desea tratar (Cárdenas et al., 2014, pág. 91).

2.3.4. Escala de laboratorio

El laboratorio constituye la unidad primaria de investigación, confirma o rechaza las hipótesis obtenidas del conocimiento previo de la literatura y se obtienen datos que contribuyen a enriquecer la información sistematizada, que constituye la base para el trabajo a escala de banco y/o planta piloto. Además, se obtiene información para la realización de evaluaciones económicas preliminares y se determinan diversas propiedades físico-químicas, necesarias para los cálculos ingenieriles y la formulación y comprobación de modelos matemáticos (Gonzales-Castellanos, 2000, pág 63). El MVCS (2006), con el Decreto Supremo N°011-2006-Vivienda del Reglamento Nacional de Edificaciones, afirma que los estudios de tratabilidad podrán llevarse a cabo en plantas a escala de laboratorio, con una capacidad de alrededor de 40 l/d o plantas a escala piloto con una capacidad de alrededor de 40-60 m³ /d (pág. 79).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

La ejecución del presente trabajo de investigación se realizó en un ambiente del camal Municipal, que se encuentra ubicado en la región, provincia y distrito de Cajamarca, en el centro de la ciudad, a cinco cuadras de la plaza de armas, en el jr. Amalia Puga N° 169 Barrio San José, con coordenadas UTM: Este: 773689.47 m; Norte: 9208560.43 m; Altitud: 2750 m.

Figura 1

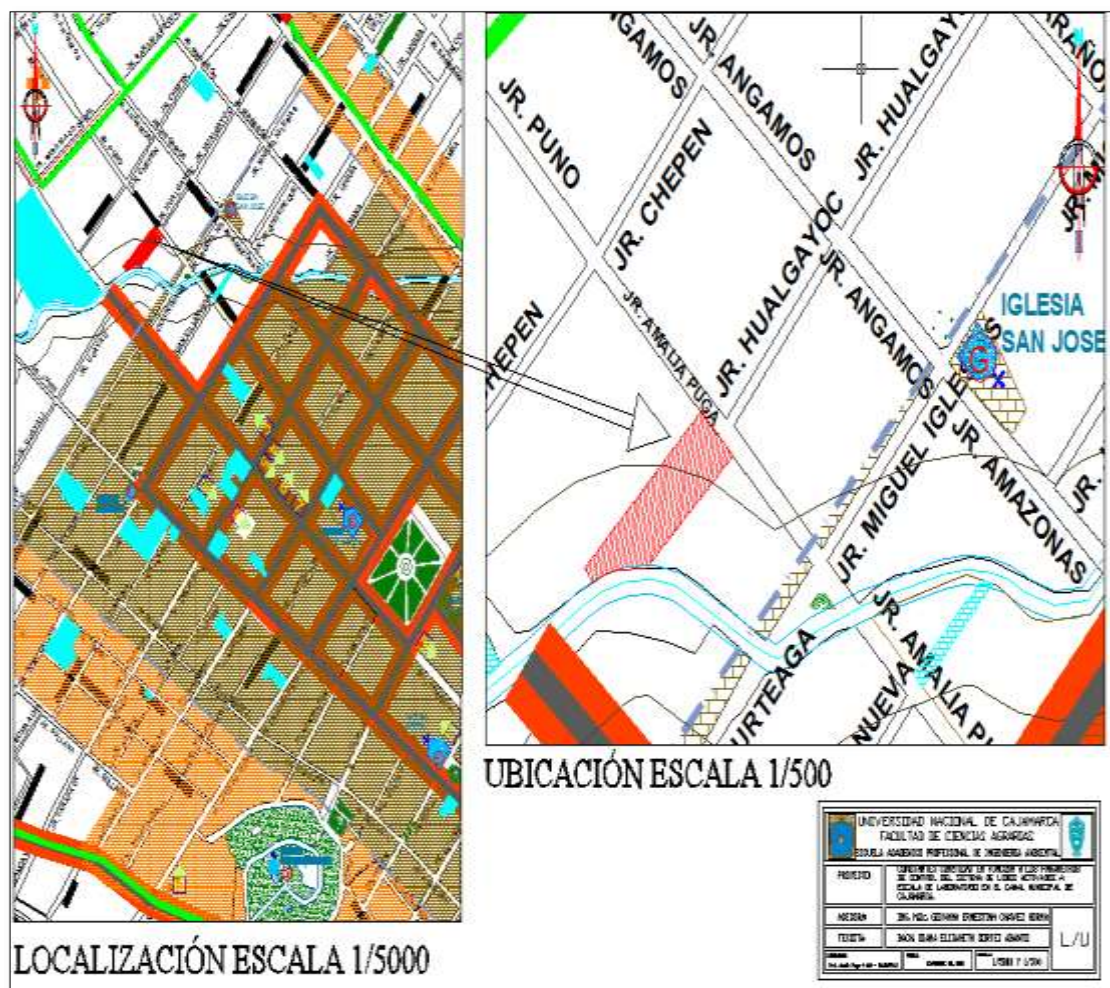
Ubicación del sistema de lodos activados en relación con la ciudad de Cajamarca



Reproducida de Google Earth, 2021.

Figura 2

Plano de ubicación del proyecto del sistema de lodos activados a escala de laboratorio



3.2. Condiciones climáticas

Cajamarca tiene promedios de temperatura normal de 22,2 °C la más alta y 4,9 °C la más baja, siendo el mes de marzo el mes con mayor precipitación con 118.78 mm/mes. (SENAMHI, 2020).

3.3. Tipo de investigación

Según su finalidad: aplicada, dado que, las constantes cinéticas obtenidas como resultado de la presente investigación, nos permite recomendar el tratamiento por lodos activados en el camal municipal de Cajamarca, siendo estas constantes importantes en el diseño de dicha planta.

Por su carácter de medida: cuantitativa, porque los resultados de laboratorio obtenidos son resultados numéricos, los cuales me permitieron determinar las constantes cinéticas según los modelos matemáticos presentados por Ramalho.

Según la definición del alcance: exploratoria, debido a que en la Región Cajamarca no hay registro de información sobre constantes cinéticas para tratamientos de aguas residuales de canales por medio de lodos activados, por lo cual ésta investigación permitió generar nueva información sobre el tema.

3.4. Diseño de la Investigación

El diseño de investigación para el presente trabajo es de tipo pre experimental, donde se realiza el estudio de caso con una sola medición, que consiste en administrar un tratamiento o estímulo a un grupo y luego aplicar una medición a una o más variables para determinar cuál es su nivel (Hernández et al., 2014, pág. 345).

En esta investigación se realizaron 15 mediciones ($O_1, O_2, O_3, \dots, O_{15}$) después de agregar el tratamiento “X” a un grupo “G”, evaluando las variables en 15 intervalos de tiempo.

$G \quad X \quad O_1 \quad O_2 \quad O_4 \quad O_5 \quad O_6 \quad O_7 \quad O_8 \quad O_9 \quad O_{10} \quad O_{11} \quad O_{12} \quad O_{13} \quad O_{14} \quad O_{15}$

Donde:

G : Grupo de sujetos (agua residual del camal municipal de Cajamarca).

X : Tratamiento o estímulo (tratamiento de lodos activados al agua residual del camal municipal de Cajamarca a escala de laboratorio)

O_1, \dots, O_{15} : Medición de los sujetos (medición de variables post prueba)

Población

La población está representada por el efluente del Camal Municipal de Cajamarca, con un volumen generado diariamente de 30 m^3 .

Muestra

La muestra se representó por el volumen de agua residual que se utilizó para el sistema de tratamiento, teniendo en cuenta el tiempo de retención hidráulica promedio de 31.9 h equivalente a 1,3 días, el caudal que se empleó fue gota a gota equivalente a un promedio 3,5 m³ de agua residual del efluente del Camal Municipal de Cajamarca durante los 116 días de tratamiento, en base al dimensionamiento al tanque de aireación y el sedimentador secundario.

3.5. Materiales

3.5.1. Material experimental

- Agua residual del camal municipal de Cajamarca
- Sistema de lodos activados. Para la construcción de dicho sistema se utilizó:
 - 02 tanques plásticos: uno de 60 L y otro de 20 L
 - Separador de residuos de madera, malla y tela fina
 - Un tanque de vidrio
 - Un sedimentador secundario de vidrio
 - Una caja de lodos de vidrio
 - Manguera transparente de 5/8"
 - Andamio de fierro
 - 10 difusores de aire de microburbuja
 - 10 bombas de aire con una salida de 1,6 L/min
 - Válvula de agua
 - Extensiones eléctricas
 - Base de madera

3.5.2. Materiales y equipos de laboratorio

- Kit de muestreo (botellas de un solo uso y frascos estériles, preservantes, cooler e ice pack)
- Probeta de 25 ml
- Multiparámetro calibrado por INACAL
- Cámara de celular Samsung 20S
- Plumón indeleble negro
- Laptop HP Intel Core i3
- Cronómetro

3.5.3. Otros materiales

- Guantes de jebe antideslizantes con cubierta de brazo
- Guantes de látex descartables
- Mascarilla descartable
- Mandil

3.6. Descripción del sistema de tratamiento de lodos activados a escala de laboratorio

El sistema de tratamiento se instaló y operó en los ambientes del camal municipal de Cajamarca, para tratar las aguas residuales provenientes de las unidades de tratamiento preliminar del camal (trampa de grasas y aceites y fosa de sedimentación), equivalente a un efluente líquido aproximado de 30 m^3 diarios producto del sacrificio y limpieza de animales (un promedio de 40 vacunos, 60 bovinos y caprinos y 70 porcinos). Dicho sistema contó con un tanque alimentador, tanque de aireación, sedimentador secundario y una caja de lodos, así como se presenta en la figura 4 y cuyos componentes se detallan a continuación:

3.6.1. Tanque alimentador de aguas residuales

El tanque alimentador consta de un tanque de plástico con capacidad de 60 L, éste alimentó el tanque de aireación con el efluente del camal, sirviendo como afluente del sistema de tratamiento. A 10 cm desde la parte inferior del tanque se colocó una válvula de agua, la cual permitió regular el caudal de entrada al tanque de aireación.

3.6.2. Tanque de aireación

El tanque de aireación se construyó de material de vidrio de 8 líneas de espesor, de forma rectangular, con dimensiones específicas de: largo 0.60 m, ancho 0.40 m y altura 0.25 m; con capacidad de 60 L, de los cuales la capacidad efectiva es el volumen que está ocupado es decir 40L, el resto es borde libre. A una altura de 16,7 cm desde la parte inferior se conectó una manguera transparente de 5/8", siendo la vía conductora del reboce de este tanque al sedimentador secundario.

3.6.3. Sedimentador secundario o tanque de decantación

El sedimentador secundario está constituido por un tanque de vidrio de forma cónica, con un volumen total de 19.3 L. Cuyas dimensiones de la parte rectangular es: largo 0.30 m, ancho 0.30 m y altura de 0.15 m; la parte cónica mide 0,30 m de largo, 0.30 m de ancho y una altura de 0.12 m. En la parte rectangular del tanque se conectó una manguera de 5/8" para el paso del efluente tratado y en la parte inferior de la parte cónica se colocó una llave de paso para la evacuación de lodos producidos.

3.6.4. Caja de lodos

Es un subsistema adicional al sistema de tratamiento, pues sirvió como almacenamiento de los lodos producidos durante la ejecución del proyecto, con dimensiones: largo 0.15 m, ancho 0.15 m y 0.10 de altura.

3.6.5. Tanque receptor

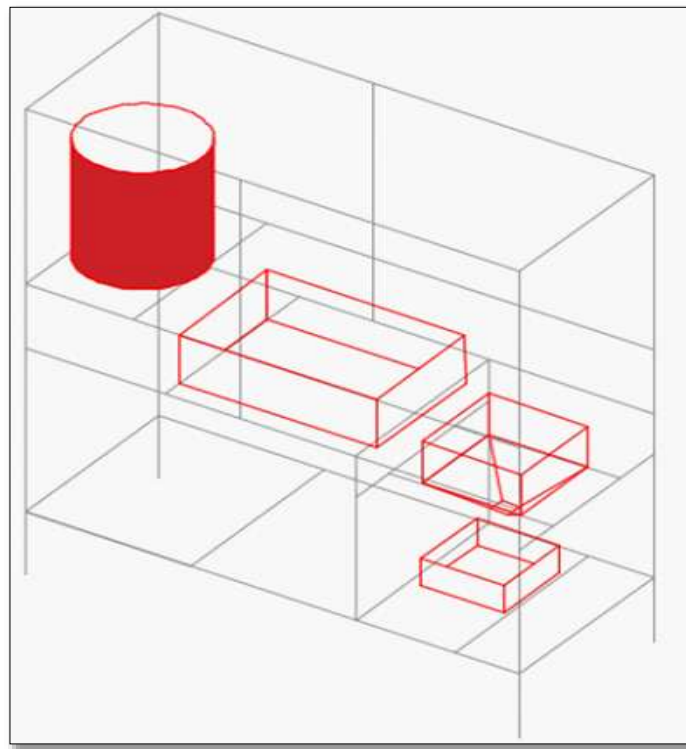
El tanque receptor consiste en un balde de plástico de 20 L, donde se almacenó el agua residual tratada, para su respectivo análisis y luego ser eliminado en la fosa del tratamiento primario.

3.6.6. Soporte metálico

El soporte metálico constituye un soporte de fierro, el cual sirvió como andamio para todos los componentes del sistema de tratamiento de lodos activados, colocando en la parte superior de éste las conexiones eléctricas, evitando así que las mangueras difusoras de aire se llenen de agua y malogren las bombas en caso de cortes de energía eléctrica inesperados; además, facilita su buen funcionamiento evitando ocupar mayor espacio del que se necesita. Sus principales dimensiones son 1.50 m de largo, 0.60 m de ancho y 1,70 m de alto.

Figura 3

Soporte metálico

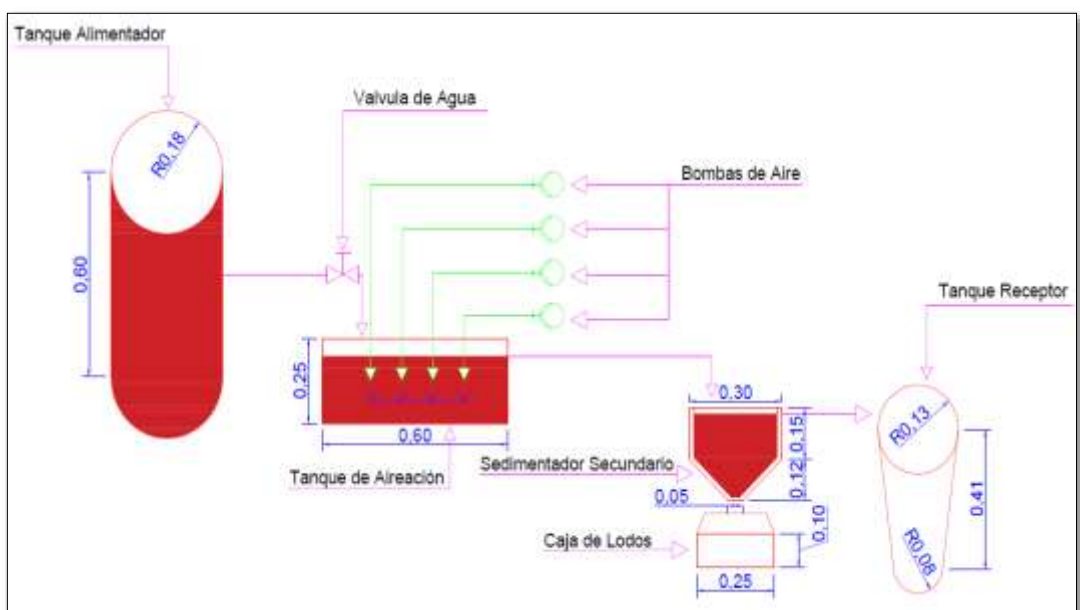


3.6.7. Sistema de aireación

El sistema de aireación consistió inyectar aire atmosférico al tanque de aireación para realizar el tratamiento biológico aerobio y de mezcla completa, este proceso suministró aire con 9 bombas de aire con una salida de 1,6 L/min. Las bombas de aire fueron conectadas a través de mangueras de 4mm de diámetro a 9 piedras difusoras de microburbuja de 30 cm de largo que se encuentran distribuidas (2 en el lateral derecho, 2 en el lateral izquierdo y 5 en la parte central a lo largo del tanque); manteniendo así la oxigenación del agua residual. Las bombas de aire fueron ubicadas en la parte superior y lateral del soporte metálico, cada una de ellas conectadas a una piedra difusora de aire.

Figura 4

Sistema de tratamiento de lodos activados



3.7. Descripción de la operación del sistema

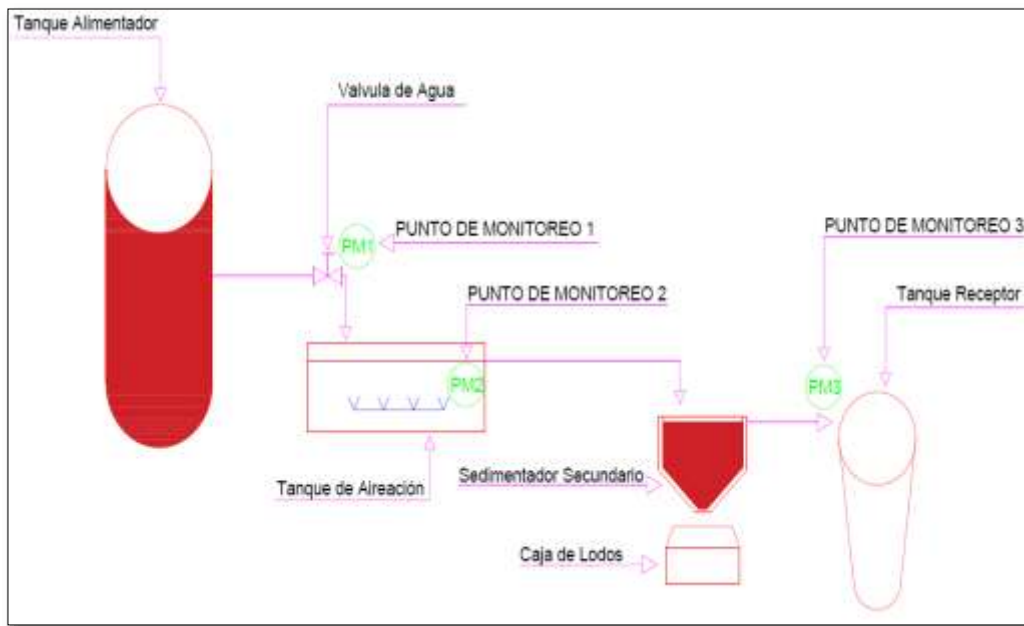
Las condiciones de operación del sistema de tratamiento de lodos activados fueron:

- Un mes de aclimatación hasta obtener valores de los parámetros de operación constantes (Caudal, TRH, pH, temperatura, DBO₅, OD y SSV).

- Proceso netamente aerobio, con mezcla completa, sin recirculación de lodos.
- El caudal alimentador para el sistema de tratamiento proviene del tratamiento preliminar del camal (trampa de grasas y aceites y fosa de sedimentación), extraído con baldes (30 litros diarios aproximadamente), manteniendo así el caudal promedio que ingresa al sistema que es de 21,39 ml/min.
- El tiempo de retención hidráulica en el tanque de aireación es de 1,33 días y en el sedimentador secundario de 0,6 días.
- El tanque alimentador fue llenado diariamente de manera manual, previamente filtrado.
- Ingreso de caudal al reactor biológico (lodo activado), regulado para operar las 24 horas del día (gota a gota).
- Aireación continua y prolongada (24 horas del día).
- Mezcla completa y uniforme, generado por el sistema de difusión de aire, evitando decantación de aire y zonas muertas.
- En forma de rebose pasó el efluente del tanque de aireación al sedimentador secundario por medio de una manguera.
- Extracción de lodos que sedimentaron en la parte inferior del sedimentador secundario.
- La toma y recolección de muestras se realizó de acuerdo al protocolo del laboratorio de análisis de muestras (Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca), con el kit de muestra que fue entregado por esta entidad. Las muestras fueron entregadas al laboratorio minutos después de la recolección de muestras.
- Mediciones constantes (2 veces por semana) de los parámetros: oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos volátiles, pH y temperatura; así como el caudal de ingreso.

Figura 5

Puntos de monitoreo del sistema de lodos activados



❖ Inconvenientes a tener en cuenta en las pruebas de tratabilidad biológica

En el presente trabajo de investigación se encontró con ciertas dificultades e inconvenientes, siendo una de ellas la ejecución del proyecto, donde debido a la pandemia del COVID 19 se tuvo que paralizar el proyecto, retomando nuevamente su funcionamiento 2 meses después, considerando las mismas condiciones que en un inicio del proyecto. Los monitoreos realizados se tomó como continuación de los que se realizó anteriormente.

Durante el funcionamiento del proyecto:

- La válvula de agua se obstruía constantemente debido a que el agua residual que se agregaba al tanque de alimentación era directamente de la fosa del tratamiento primario, por lo que se tuvo que sedimentar el agua residual extraída por un periodo de 6 h e incluir un filtro evitando así el paso de residuos que interfieran en su funcionamiento.

- Se tuvo que calcular un nuevo caudal y TRH debido a las obstrucciones en la válvula de agua.
- La cantidad de aire suministrado no era suficiente en un inicio, por lo que se instaló un total de 9 bombas de aire, cada una con una piedra difusora, obteniendo una mezcla completa en el tanque de aireación.
- Presencia de espuma blanca y consistente durante el mes de climatización del sistema de lodos activados, según Florencia (2003), la presencia de esta espuma se debe a el lodo es joven, encontrándose en plantas nuevas sobrecargadas de materia orgánica, considerando, además que los lodos no son retornados ala tanque de aireación. Éste inconveniente se solucionó durante el funcionamiento del sistema cumpliendo con el mes de climatización y obteniendo parámetros estables.

3.8. Cronograma de monitoreo para la obtención de datos en función a los parámetros de control del sistema

Para la determinación de las constantes cinéticas, es necesario la determinación de las características del agua residual a tratar, detallando en la tabla 4 la frecuencia en la cual se realizó el monitoreo y análisis de cada parámetro en los meses de febrero, marzo y julio del 2020, así como también los puntos de donde se tomaron dichas muestras.

Tabla 4*Frecuencia de los parámetros monitoreados*

N°	Parámetro	Unidad de medida	Frecuencia	N° de repeticiones	PM1	PM2	PM3
1	Potencial de hidrógeno (pH) a 25°C	UND pH	2/semana	15		X	
2	Sólidos suspendidos volátiles	mg/L	2/semana	15		X	
3	Demanda bioquímica de oxígeno soluble (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2/semana	15	X		X
4	Oxígeno disuelto	mg O ₂ /L	2/semana	15		X	
5	Temperatura	°C	2/semana	15		X	
6	Coliformes totales	NMP/100mL	2 veces	2	X		X
7	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2 veces	2	X		X
8	Sólidos sedimentables	mL/L/H	2/semana	8		X	
9	Sólidos suspendidos totales	mg/L	2/semana	8		X	
10	Caudal 1/día	ml/min	3/semana	23	A la entrada del tanque de aireación		

3.9. Métodos de recopilación de información

Se llevó a cabo el registro de todos los datos emitidos por el Laboratorio Regional del Agua de los parámetros solicitados, de acuerdo al método de ensayo que determinó dicha entidad tal como se muestra a continuación en la tabla 5.

Tabla 5*Método de análisis*

N°	Parámetro	Método de análisis
1	Potencial de hidrógeno (pH) a 25°C	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+.B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
2	Sólidos suspendidos volátiles	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23 nd Ed. 2017: Solids. Fixed and Volatile Solids Solids Ignited at 550°C
3	Demanda bioquímica de oxígeno soluble (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
4	Oxígeno disuelto	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23 nd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.
5	Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017: Temperature . Laboratory and Field Methods
6	Coliformes totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
7	Coliformes termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
8	Sólidos sedimentables	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,F, 23rd Ed. 2017: Solids. Settleable Solids.
9	Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C

Obtenido del Laboratorio Regional del Agua, 2020

Posteriormente todos los datos fueron procesados para determinar las constantes cinéticas para el tratamiento de aguas residuales del camal por medio de lodos activados. Para el procesamiento de datos estadísticos se realizó mediante la plataforma de EXCEL, herramienta importante que me permitió analizar dichos datos, realizando gráficos, ecuaciones y comparaciones que me permitieron determinar la aceptación o rechazo de los resultados.

- Para la determinación de las constantes cinéticas (k , k_d , k_s y Y) en el presente trabajo de investigación, se trabajó con los modelos descritos en el numeral 2.2.5, además se trabajó con la plataforma de EXCEL, empleando ecuaciones lineales.
- Para los parámetros: demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y coliformes termotolerantes se determinó la eficiencia de remoción, calculando previamente el valor promedio de los valores del afluente y efluente

$$\bar{X} = \frac{(X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n)}{n}$$

$$E = 100 - \frac{B * 100}{A}$$

Donde:

\bar{X} : Valor promedio de un parámetro determinado

$X_1 \dots X_n$: Valores de un parámetro determinado en los n monitoreos

n : número de monitoreos de un parámetro determinado

E: Eficiencia en la remoción de un parámetro determinado

A: Valor promedio de un parámetro en el afluente del sistema

B: Valor promedio de un parámetro en el efluente del sistema

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros de control

4.1.1. Caudal y tiempo de retención hidráulica

El caudal diario se midió 3 veces por semana, realizando un total de 23 monitoreos, datos necesarios para calcular el TRH siendo 40 L el volumen de agua residual a tratar, tal como se muestra en la tabla 6:

Tabla 6

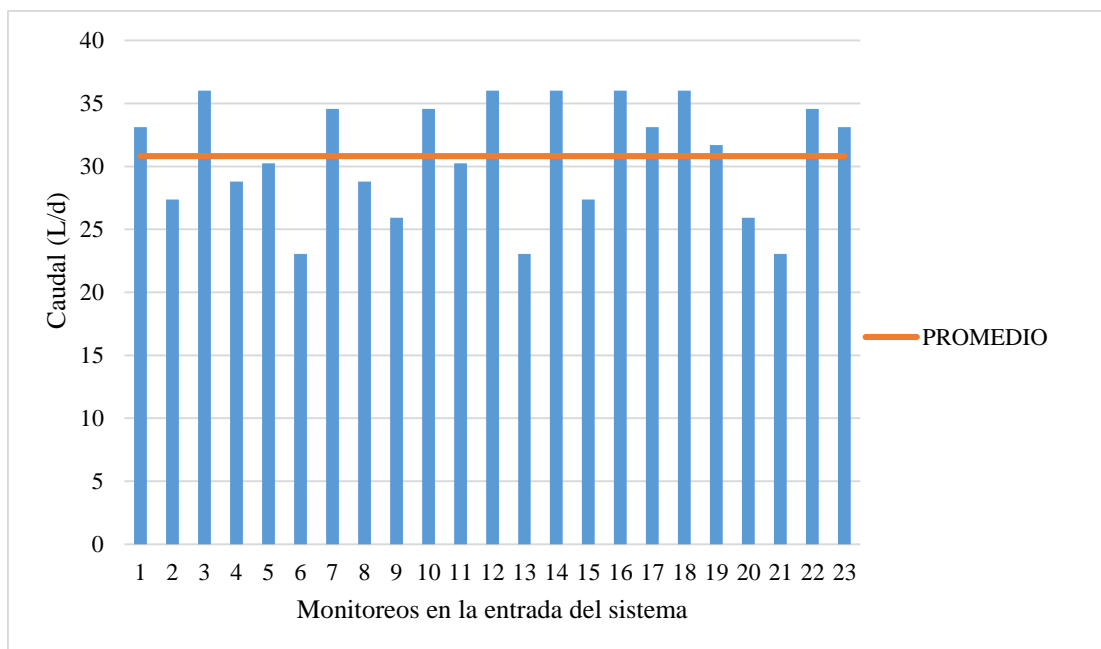
Caudal diario y TRH

Monitoreos	Q (L/d)	TRH (d)
1	33,12	1,21
2	27,36	1,46
3	36,00	1,11
4	28,80	1,39
5	30,24	1,32
6	23,04	1,74
7	34,56	1,16
8	28,80	1,39
9	25,92	1,54
10	34,56	1,16

Monitoreos	Q (L/d)	TRH (d)
11	30,24	1,32
12	36,00	1,11
13	23,04	1,74
14	36,00	1,11
15	27,36	1,46
16	36,00	1,11
17	33,12	1,21
18	36,00	1,11
19	31,68	1,26
20	25,92	1,54
21	23,04	1,74
22	34,56	1,16
23	33,12	1,21
Promedio	30,80	1,33

Figura 6

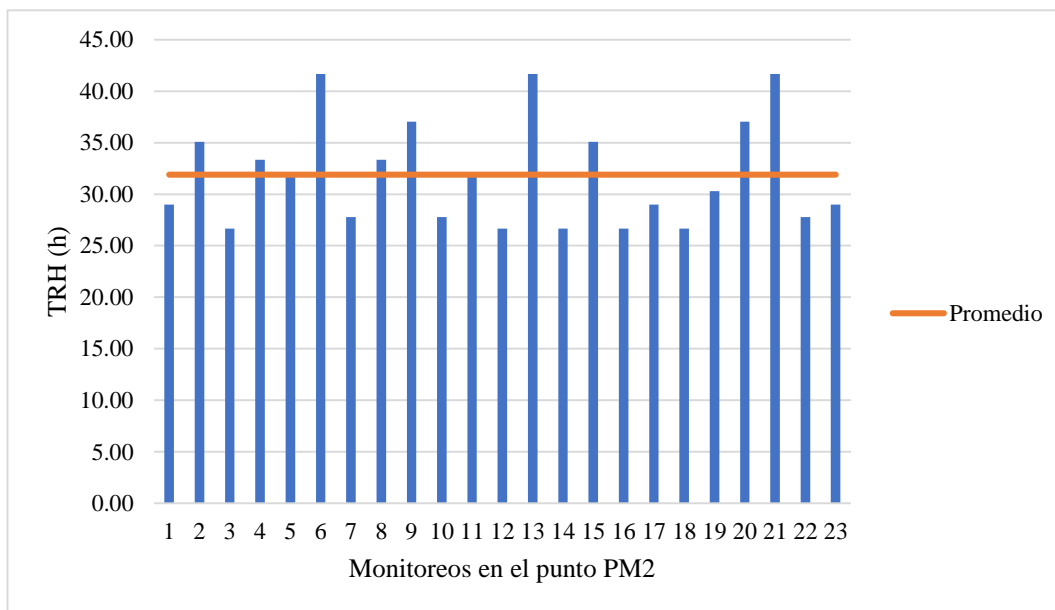
Días muestreados del caudal de entrada al sistema de lodos activados



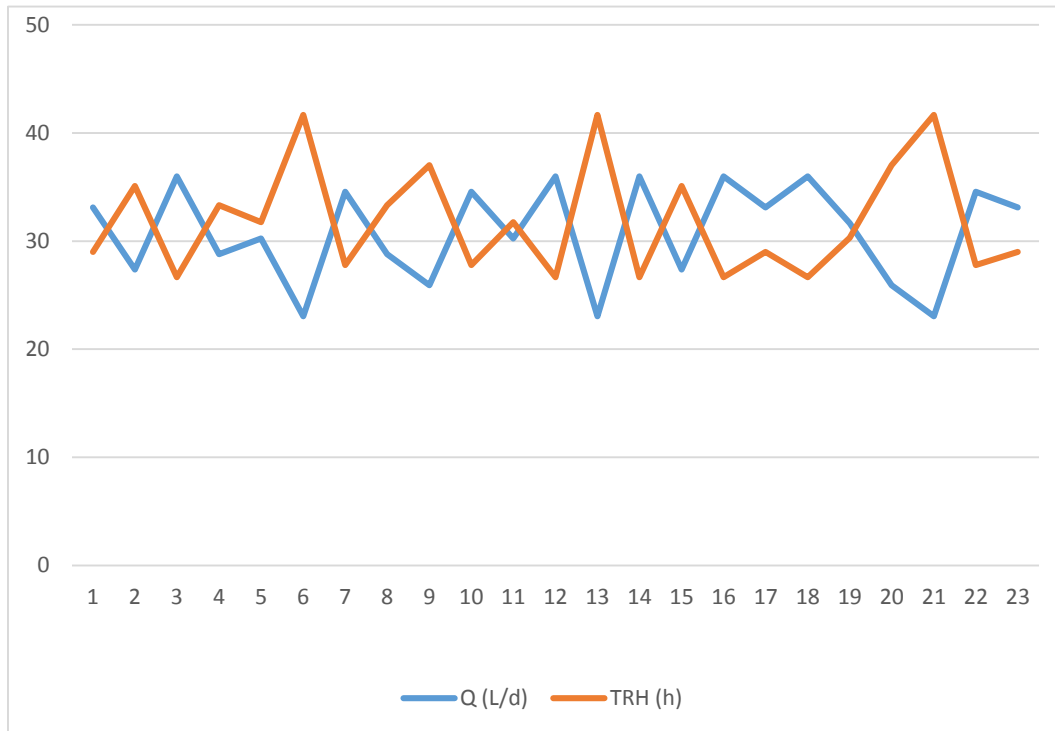
El sistema de lodos activados trabajó con un caudal promedio de 30,80 L/d; siendo su caudal mínimo de 23,04 L/d y un caudal máximo de 36 L/d. Se presenta una alteración en valores debido a la obstrucción de la válvula de agua por el que pasa el caudal de entrada.

Figura 7

Tiempo de retención hidráulica en horas (TRH)



El tiempo de retención hidráulico con el que se trabajó el sistema de lodos activados está entre el rango de 12 – 36 h, rango correspondiente al proceso de aireación extendida o prolongada en lodos activados (Cotrado, 2005, pág. 32). El valor promedio en horas del TRH es 31,89 equivalente a 1,329 d; con un TRH mínimo de 26,67 h y un TRH máximo de 41,67; cuyas variaciones en los valores se presentan debido al caudal de entrada al sistema; mientras disminuía el caudal, aumentaba el TRH y al aumentar el caudal, disminuía el TRH tal como se muestra en la figura 8:

Figura 8*Relación entre el caudal y TRH (h)*

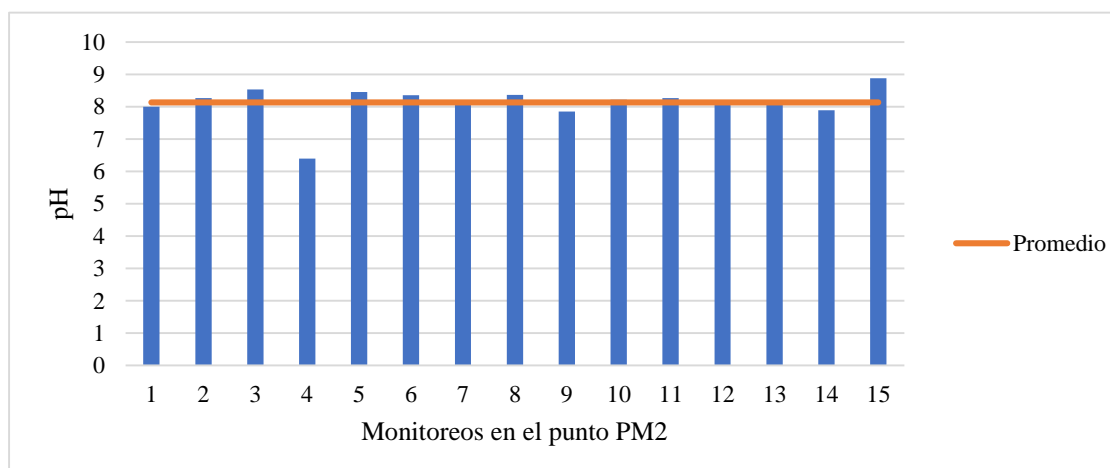
4.1.2. Potencial de hidrógeno (pH) y temperatura (°C)

El potencial de hidrógeno es un parámetro muy importante, se debe tener en consideración que para una mayor eficiencia microbiana se debe mantener un pH neutro entre 6,5 - 7,5 siendo éste un intervalo óptimo. El pH promedio en el PM1 es de 6,54, mientras que por la oxidación y destrucción de ácidos en la descomposición de la materia orgánica el pH aumento a 8,1; Air Liquide (2022) recomienda dos métodos para controlar el pH: Los ácidos fuertes (ácido clorhídrico HCl, ácido sulfúrico H₂SO₄ o ácido nítrico HNO₃) y la inyección de dióxido de carbono (pág.1). A continuación se muestra los valores obtenidos en los 15 monitoreos realizados en la tabla 7:

Tabla 7*pH y temperatura*

Monitoreos	pH	°C	Temperatura Ambiente (°C)
1	8	22,4	23,8
2	8,26	21,4	23
3	8,53	20,9	24,8
4	6,39	20,8	24
5	8,45	21,1	26,6
6	8,35	20,5	23,8
7	8,16	19,4	22,6
8	8,36	19,5	24,8
9	7,85	19,7	20,8
10	8,21	19,6	22,7
11	8,26	19,5	21
12	8,17	19,4	19,8
13	8,13	19,1	21,2
14	7,89	19,2	23,1
15	8,88	19	23,2
Promedio	8,13	20,1	23,01

Temperatura Ambiente obtenido de SENAMHI, 2021.

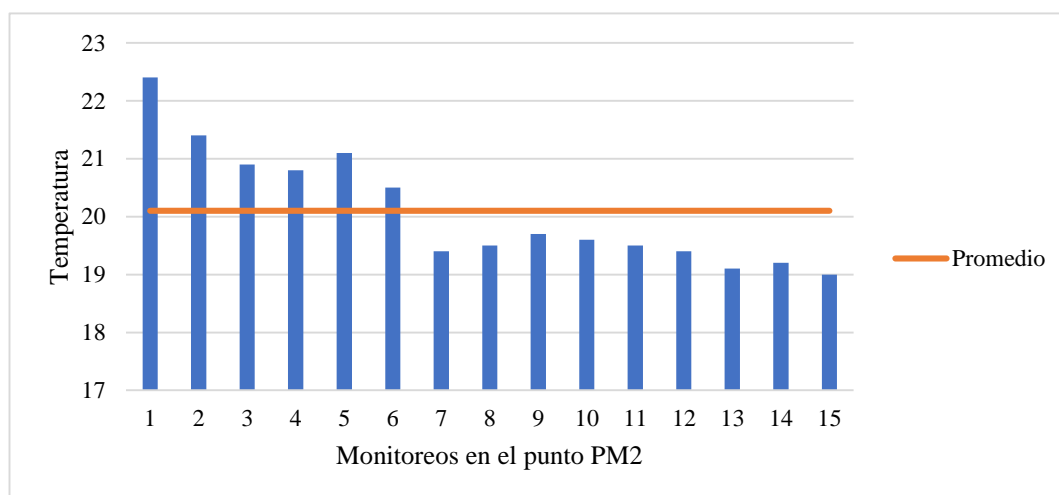
Figura 9*pH en el punto PM2*

El potencial de hidrógeno como parámetro de control del sistema de lodos activados es muy importante, de tal manera que, en la figura 9 podemos observar que los valores de pH en los monitoreos realizados se mantienen con pequeños aumentos y disminuciones, a excepción del valor en el monitoreo número 4 en cual se observa una mayor disminución, que probablemente se debe a la destrucción de la alcalinidad cáustica por producción bioquímica de CO₂, producción de ácidos orgánicos, oxidación bioquímica de sulfuros y por nitrificación. A demás puede producirse un aumento del pH debido a la oxidación bioquímica de ácidos orgánicos y la destrucción de sales de ácidos orgánicos. (Romero, 2008, pág. 67).

Ramalho (2010), indica que el rango del pH tolerado por las bacterias debe encontrarse entre 4,0 - 9,5, siendo un intervalo óptimo de 6,5 - 7,5. Los datos experimentales obtenidos para esta investigación se encuentran entre el rango 6,39 – 8,88 determinado que los valores obtenidos se encuentran dentro del rango tolerado por las bacterias (pág. 154). El valor promedio de pH es 8,1, valor aceptable para el tratamiento de lodos activados puesto que, con niveles de pH inferiores a 6,5 se produce el crecimiento de hongos filamentosos en lugar de bacterias, mientras que un pH por sobre 9, inhibe la actividad bacteriana (Morales, 2014, pág. 20).

Figura 10

Temperatura (°C) en el punto PM2



Con respecto a la temperatura observamos que disminuye gradualmente durante los monitoreos realizados, las muestras fueron tomadas al promediar el medio día dentro del horario donde se realizan las mediciones de temperaturas máximas del ambiente. En la tabla 5 observamos que la temperatura ambiente es mayor a la temperatura de la muestra. Martínez et. al (2005), asegura que cuando se utilizan difusores, la compresión provoca que la temperatura del aire a la salida del compresor se incremente, provocando que la temperatura en el reactor también aumente (pág. 34). Por lo anterior, la variación de la temperatura se ve influenciada por la temperatura de salida del sistema de aireación y por la temperatura ambiente debido a que el sistema de tratamiento de lodos activados se encuentra expuesto directamente a éste. Por otro lado, Arcos (2013) indica que para favorecer la velocidad de la actividad enzimática de los microorganismos para lograr una mayor remoción de DBO_5 , la temperatura ideal en los procesos de lodos activados es de 20°C a 35°C y el rango de la temperatura durante el proyecto está de $22,4^\circ\text{C}$ a 19°C , un valor poco inferior al indicado, sin embargo se obtuvo gran porcentaje de remoción de la DBO_5 ; afirmando que a éste rango de temperatura también favorece la velocidad de la actividad enzimática de los microorganismos (pág. 122).

4.1.3. Oxígeno disuelto (OD)

Los valores obtenidos de oxígeno disuelto durante los monitoreos realizados, fueron menores al Límite de cuantificación de Método (<LCM) que equivale a 0,5; datos emitidos por el laboratorio responsable del análisis de dichas muestras. La medición del OD insitu (tanque de aireación del sistema de lodos activados) obtuvo un promedio de las mediciones de $0,28 \text{ mgO}_2/\text{L}$, valor que no cumple con lo que indica Chamorro y Vidal (2015), donde el OD debe hallarse en concentraciones superiores a $2 \text{ mgO}_2/\text{L}$, siendo este valor el mínimo necesario para el correcto desarrollo de la biomasa (pág. 13). Sin embargo, Ramirez y Quispe (2017), recomiendan que el oxígeno disuelto debe fluctuar

entre 0 a 2 mg/L pues de ello depende la eficiencia del proceso (pág. 122). El valor obtenido de OD se debe a que el agua residual del afluente tiene elevada carga orgánica y además requiere mayor aireación.

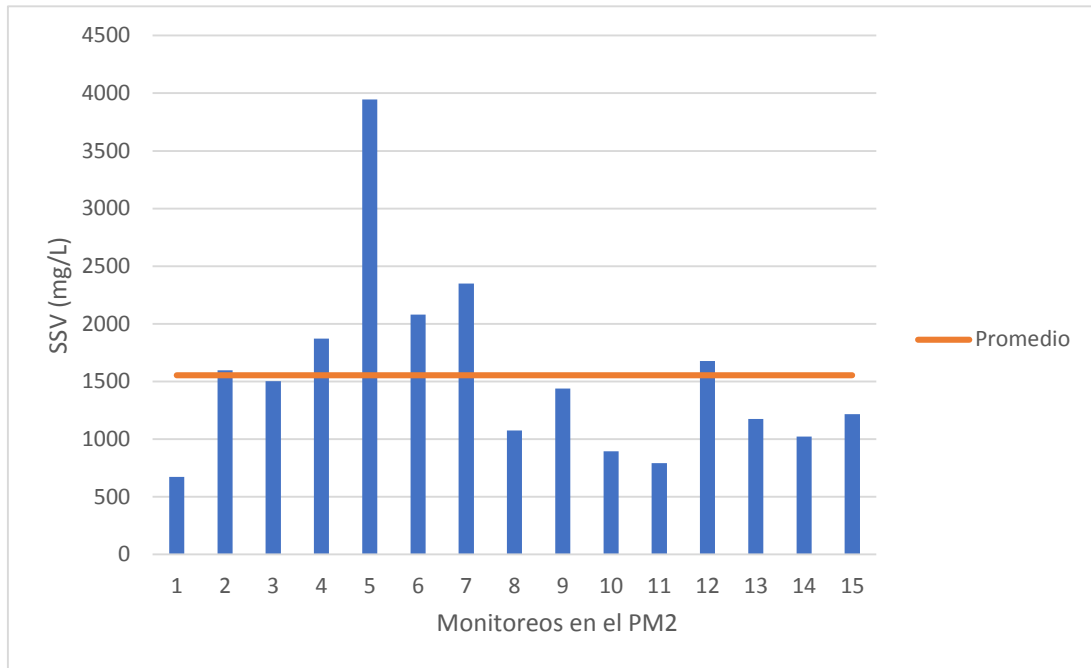
4.1.4. Sólidos suspendidos volátiles (SSV)

La medición de los SSV se realizó en el tanque de aireación, 2 veces por semana cumpliendo un total de 15 monitoreos, obteniendo los siguientes resultados tal como se muestra en la tabla 8:

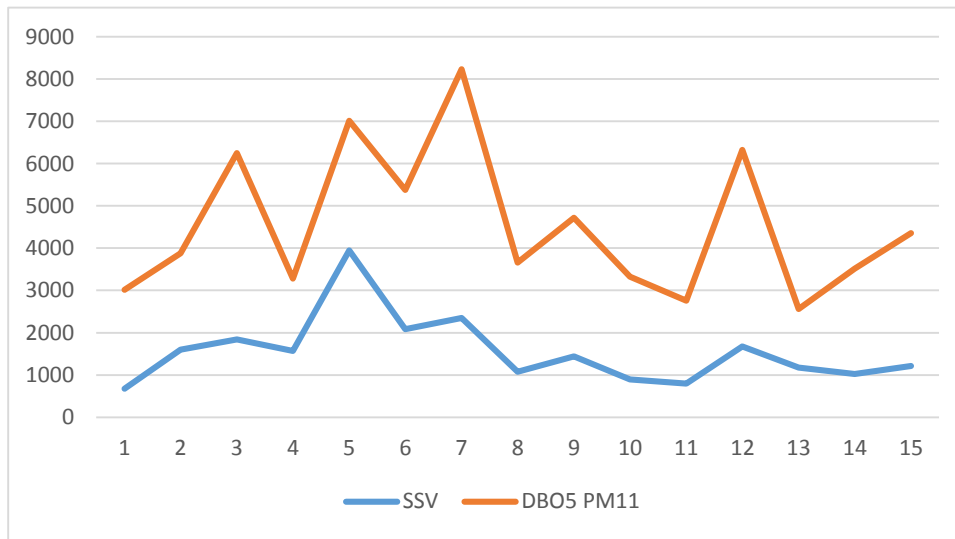
Tabla 8

Sólidos suspendidos volátiles (SSV)

Monitoreos	SSV(mg/L)
1	672,5
2	1598
3	1502
4	1872
5	3945
6	2080
7	2350
8	1076
9	1438
10	896
11	792
12	1678
13	1176
14	1022
15	1216
Promedio	1554,23

Figura 11*SSV en el punto PM2*

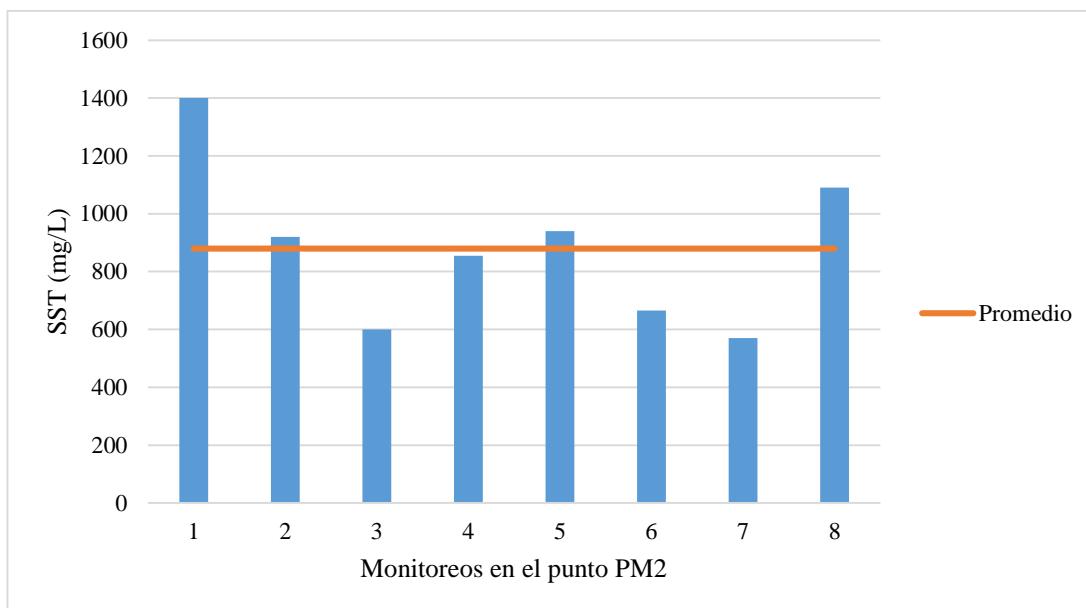
En la figura 11 se puede observar que los valores de SSV son variables, debido a que se relacionan con la concentración de DBO_5 contenida en el agua residual del afluente (PM1) del sistema de lodos activados. En la figura 12, se muestra que al aumentar o disminuir la concentración de DBO_5 , aumenta y disminuye la concentración de SSV. Para Metcalf and Eddy (1995), los sólidos suspendidos volátiles (SSV) o llamados también sólidos suspendidos en el licor de mezcla (SSVLM), comprenden la cantidad de microorganismos presentes en el tanque de aireación, además indica que, en un reactor con aireación prolongada, los SSV tienen valores de concentración entre 1500 - 5000 mg/L (pág. 254). El valor promedio experimentalmente de SSV en el punto PM2 es de 1554,23 valor que se encuentran dentro de las concentraciones indicadas anteriormente.

Figura 12*Relación entre SSV y DBO₅ en PMI***4.1.5. Sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos sedimentables (SS)**

En la tabla 9 muestran los valores de sólidos suspendidos totales y sólidos sedimentables obtenidos durante el desarrollo del proyecto, comprendiendo un total de 8 monitores siendo evaluados 2 veces por semana.

Tabla 9*Sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos sedimentables (SS)*

Monitoreos	SST (mg/L)	SS (ml/L/H)
1	1400	27
2	920	3
3	600	<LCM
4	855	<LCM
5	940	<LCM
6	665	<LCM
7	570	<LCM
8	1090	<LCM
Promedio	880	

Figura 13*SST en el punto PM2*

En la figura 13 observamos que hay una variación notable de los valores del material particulado que se mantiene en suspensión, teniendo como valor mínimo de 570 mg/L y un valor máximo de 1400 mg/L.

Con respecto a los sólidos sedimentables observamos en la tabla 9 una disminución en los valores, teniendo como datos < LCM, que significa Límite de cuantificación de método equivalente a 1,3, interpretando que los valores obtenidos en los monitoreos del 3-8 son valores menores a 1,3. Los valores obtenidos posiblemente se debe a que el agua residual a tratar se sedimenta 6h antes de ser agregado al tanque alimentador, cuyo tanque también sirve tanque sedimentador; además no hay recirculación de lodos.

4.1.6. Demanda bioquímica oxígeno soluble (DBO₅)

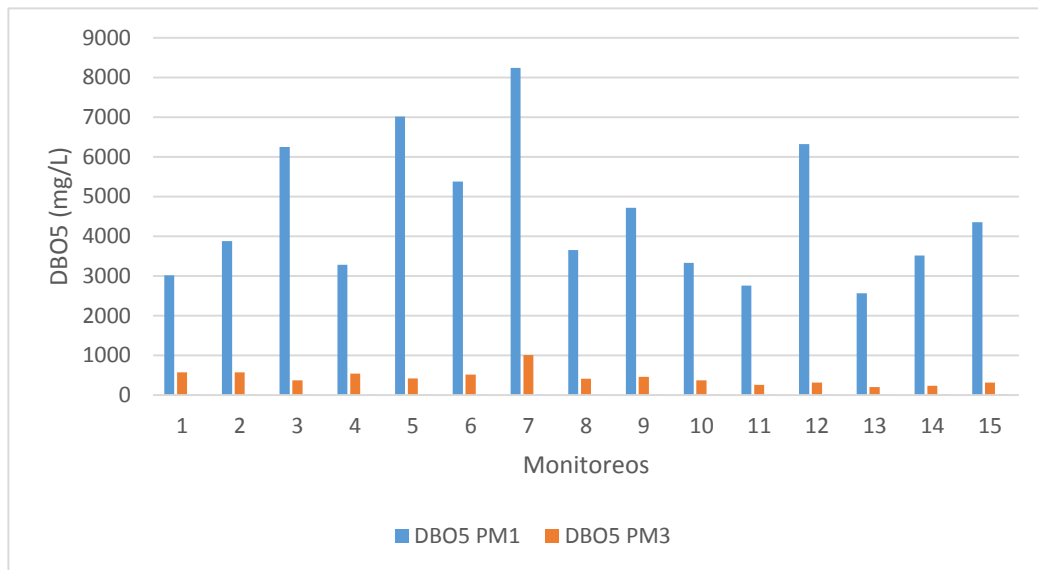
La DBO₅ es un parámetro muy importante de considerar en el tratamiento de aguas residuales, proporcionando información sobre la eficiencia de remoción de la materia orgánica, remociones por arriba del 90 por ciento de DBO₅ indican que la planta funciona

bien; y por debajo del 80 por ciento denota que existen problemas de operación en la planta (CONAGUA ,2015, pág. 13).

Tabla 10

DBO₅ soluble

Monitoreos	DBO ₅ (mg/L)		Eficiencia (%)
	PM1	PM3	
1	3012,5	573,8	82,95
2	3875	573	85,21
3	6250	369,5	94,09
4	3281,3	544	84,42
5	7012,5	419,5	94,02
6	5381,3	520	90,34
7	8237,5	1008	88,86
8	3656,3	412,5	89,72
9	4716,3	463,8	90,17
10	3328,2	375,5	88,72
11	2756,3	257,5	92,66
12	6325	318,5	94,96
13	2562,5	206,5	91,94
14	3512,5	235	93,31
15	4352,1	315,4	93,75
Promedio	4550,62	439,5	90,34

Figura 14*DBO₅ en los puntos PM1 y PM3*

En la figura 14 se puede observar claramente la diferencia entre los valores de DBO₅ en los puntos de monitoreo PM1 y PM3, correspondientes al afluente y efluente del sistema respectivamente. Además, estos valores nos sirven como información para determinar la eficiencia del sistema de tratamiento de lodos activados en la remoción de dicho parámetro, indicando si éste sistema funciona bien o tiene problemas. El porcentaje de remoción de a DBO₅ soluble es de 90,34%, demostrando que un efluente de beneficio cárnico se puede tratar mediante un proceso biológico aerobio como sistema de tratamiento de lodos activados sin recirculación de lodos por las altas remociones de materia orgánica expresada como DBO₅.

4.1.7. Coliformes totales y coliformes termotolerantes

Los datos obtenidos en relación a las bacterias coliformes (coliformes totales y coliformes termotolerantes), nos ayudan como indicadores de contaminación fecal en el agua residual debido a que estos forman parte de la microbiota normal del tracto

gastrointestinal, tanto del ser humano como de los animales de sangre caliente y están presentes en grandes cantidades en él (Larrea et al., 2013, pág. 27).

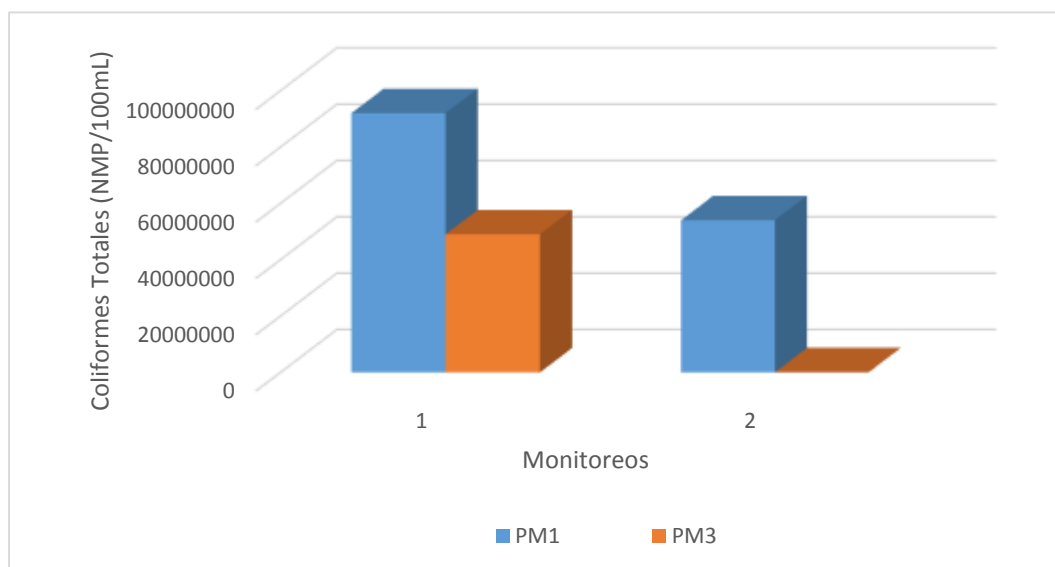
Tabla 11

Coliformes totales y termotolerantes

Monitoreos	Coliformes Totales (NMP/100mL)		Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	
	PM1	PM3	PM1	PM3
1	92×10^6	49×10^6	41×10^5	68×10^4
2	54×10^6	11×10^3	14×10^6	35×10^2

Figura 15

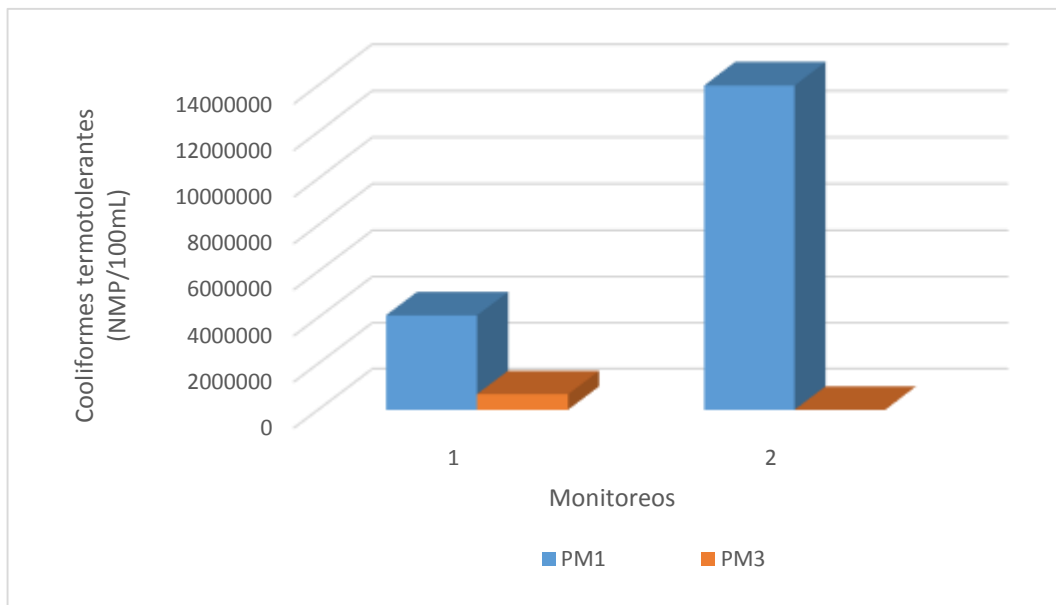
Coliformes totales en los puntos PM1 y PM3



Díaz et al. (2003) señala que los coliformes totales son indicadores de contaminación del agua, indicando la no eficiencia del tratamiento empleado (pág. 226). En la figura 15 observamos que los valores de coliformes totales disminuye después de aplicado el tratamiento de sistema de lodos activados. En el monitoreo 1 se tiene una eficiencia de 41,30 %, datos tomados en el mes de marzo y en un segundo monitoreo en el mes de julio se tiene una eficiencia de 99,98 %, obteniendo una mayor remoción de las coliformes totales.

Figura 16

Coliformes termotolerantes en los puntos PM1 y PM3



Los coliformes termotolerantes o llamados también fecales, se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal visto que, se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente (Díaz et al., 2003, pág. 228). En el sistema de lodos activados se ha conseguido la remoción del 80 % en el monitoreo 1 realizado en el mes de marzo, siendo una remoción mayor en el monitoreo 2 del mes de julio con un 99,98 %.

Podemos indicar que el tratamiento de lodos activados sin recirculación de lodos es un tratamiento favorable para las bacterias coliformes, según el gran porcentaje de remoción de éstos.

4.2. Constantes cinéticas

Para determinar gráficamente los valores de las constantes cinéticas, se procedió a reemplazar los datos obtenidos de la ejecución del proyecto en las siguientes formulas:

4.2.1. Constante cinética de velocidad de consumo de sustrato, k

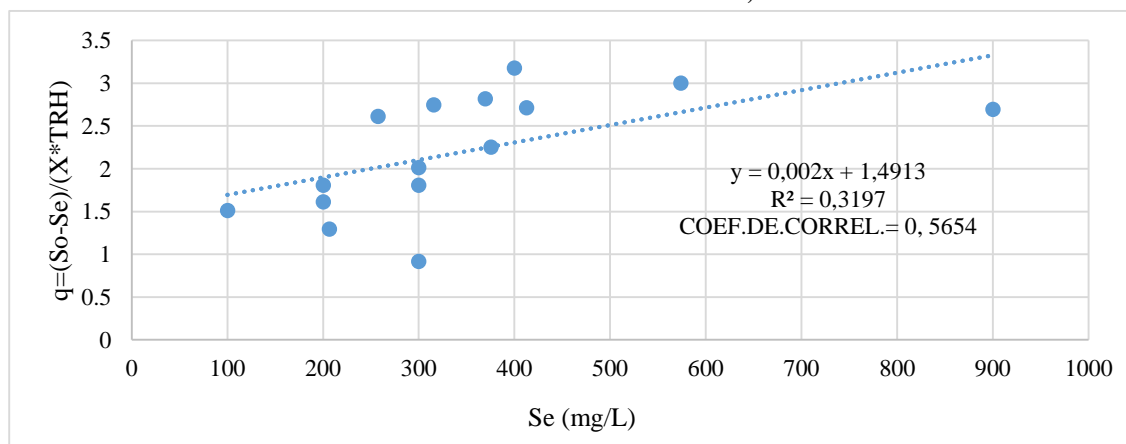
Tabla 12

Constante de velocidad de consumo de sustrato, k

Monitoreos	Datos de laboratorio				Datos calculados	
	S _o (mg/L)	S _e (mg/L)	X	TRH	$q = \frac{S_o - S_e}{X * TRH}$	Constante cinética k (d ⁻¹)
1	3012,5	573,8	672,5	1,21	3,00	
2	3875	573	1598	1,11	1,86	
3	6250	369,5	1502	1,39	2,82	
4	3281,3	544	1872	1,74	0,84	
5	7012,5	419,5	3945	1,16	1,44	
6	5381,3	520	2080	1,54	1,51	
7	8237,5	1008	2350	1,16	2,66	Pendiente de la recta k = 0,002
8	3656,3	412,5	1076	1,11	2,71	
9	4716,3	463,8	1438	1,74	1,70	
10	3328,2	375,5	896	1,46	2,25	
11	2756,3	257,5	792	1,21	2,61	
12	6325	318,5	1678	1,11	3,22	
13	2562,5	206,5	1176	1,54	1,30	
14	3512,5	235	1022	1,74	1,85	
15	4352,1	315,4	1216	1,21	2,75	

Figura 17

Constante cinética de velocidad de consumo de sustrato, k



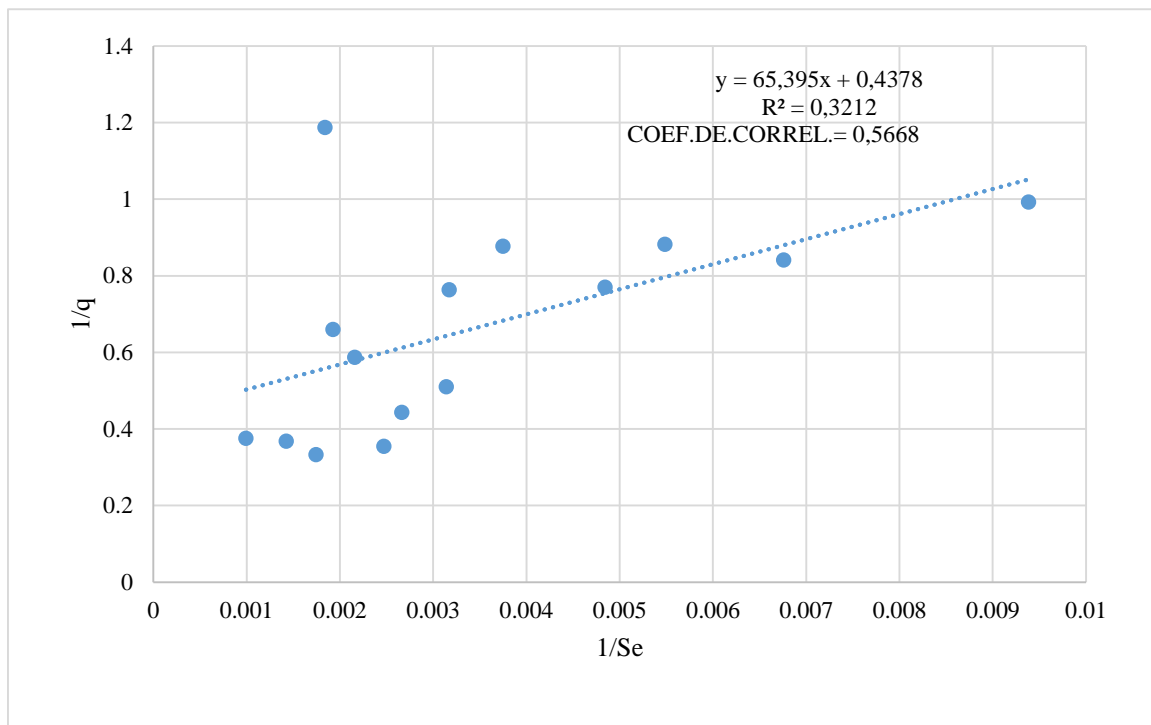
En la figura 17 podemos observar que las variables están relacionadas en forma lineal, donde la variación de la velocidad específica, q , en un 31,9% es debido a la variación de la concentración de la DBO₅ soluble del efluente (S_e), además se puede decir que tienen un coeficiente correlacional lineal moderado de 56,54%, relacionados para la constante cinética k .

4.2.2. Constante de afinidad, k_s y velocidad específica máxima de consumo de sustrato, q_{max}

Tabla 13

Constantes k_s y q_{max}

Monitoreos	Datos de laboratorio	Datos calculados			Nuevos datos calculados
	S_e (mg/L)	$q = \frac{S_o - S_e}{X * TRH}$	$1/q$	$1/S_e$	k_s (mg/L) y q_{max} (d ⁻¹)
1	573,8	3,00	0,3330	0,0017	• k_s/q_{max} = pendiente de la recta $k_s/q_{max} = 65,395$
2	573	1,86	0,5377	0,0017	
3	369,5	2,82	0,3548	0,0027	• $1/q_{max}$ = hacer $x=0$ en la ec. de la recta $1/q_{max} = 0,4378$
4	544	0,84	1,1873	0,0018	
5	419,5	1,44	0,6925	0,0024	$q_{max} = \frac{1}{0,4378}$
6	520	1,51	0,6603	0,0019	
7	1008	2,66	0,3762	0,0010	$q_{max} = 2,2841 \text{ d}^{-1} \dots (2)$
8	412,5	2,71	0,3686	0,0024	• $k_s = (1) * (2)$ $k_s = 65,395 * 2,2841$ $k_s = 149,3746 \text{ mg/L}$
9	463,8	1,70	0,5871	0,0022	
10	375,5	2,25	0,4436	0,0027	
11	257,5	2,61	0,3828	0,0039	
12	318,5	3,22	0,3104	0,0031	
13	206,5	1,30	0,7703	0,0048	
14	235	1,85	0,5414	0,0043	
15	315,4	2,75	0,3638	0,0032	

Figura 18*Constantes k_s y q_{max}* 

En la figura 18 podemos observar que las variables están relacionadas en forma lineal, donde la variación de la inversa de la velocidad específica, $1/q$, en un 32,12% es debido a la variación de la inversa de la concentración de la DBO_5 soluble del efluente, $1/S_e$, además se puede decir que tienen un coeficiente correlacional lineal moderado de 56,68%, relacionados para la constante cinética k_s y q_{\max} .

4.2.3. Constantes correspondientes a la producción neta de Biomasa Y y kd

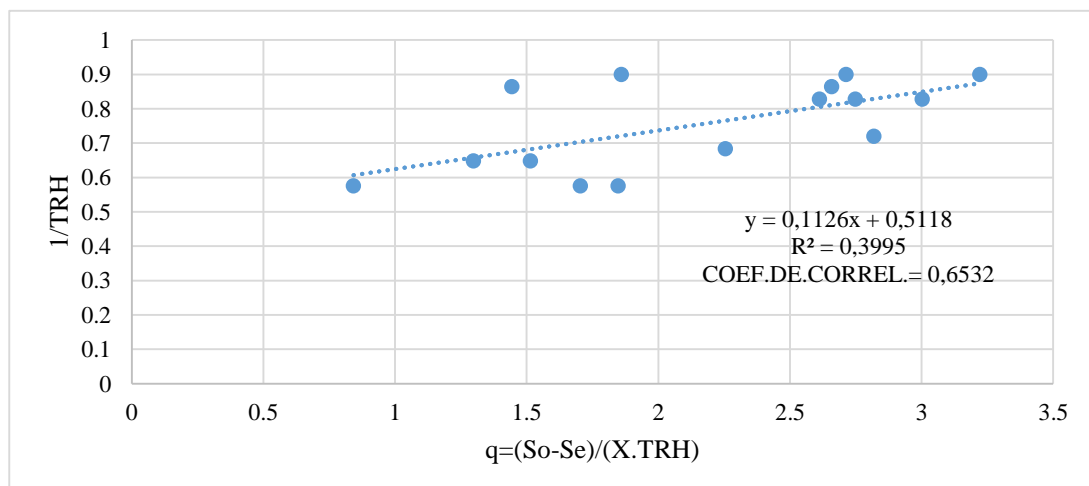
Tabla 14

Constantes Y y kd

Monitoreos	Datos calculados		Nuevos datos calculados	
	$q = \frac{S_o - S_e}{X * TRH}$	1/TRH	k_d (d ⁻¹)	Y (mgSSV./mgDBO ₅)
1	3,00	0,828		
2	1,86	0,9		
3	2,82	0,72		
4	0,84	0,576		
5	1,44	0,864		
6	1,51	0,648		
7	2,66	0,864		
8	2,71	0,9	$Y = 0,1126 \frac{\text{mgSSV}}{\text{mgDBO}}$	$k_d = 0,5118 \text{ d}^{-1}$
9	1,70	0,576		
10	2,25	0,684		
11	2,61	0,828		
12	3,22	0,9		
13	1,30	0,648		
14	1,85	0,576		
15	2,75	0,828		

Figura 19

Constantes cinéticas Y y kd



En la figura 19 podemos observar que las variables están relacionadas en forma lineal, donde la variación de la inversa del tiempo de retención hidráulica, $1/TRH$, en un 39,95% es debido a la variación de la velocidad específica, q , además se puede decir que tienen un coeficiente correlacional lineal moderado de 65,32%, relacionados para la constante cinética Y y k_d .

4.2.4. Velocidad específica de crecimiento de la biomasa μ

$$\mu = k * Y$$

$$\mu = 0,1126 * 0,002$$

$$\mu = 0,0002252 \text{ d}^{-1}$$

4.3. Comparación de constantes cinéticas con otros autores

Tabla 15

Constantes cinéticas k , k_s , q_{max} , Y , k_d y μ

CONSTANTES CINÉTICAS	DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
k	Constante de velocidad de consumo de sustrato	0,002	d^{-1}
k_s	constante de afinidad	149,3746	mg/L
q_{max}	constante de velocidad específica máxima de consumo de sustrato	2,2841	d^{-1}
Y	Constante de producción celular	0,1126	$\frac{\text{mg SSV}}{\text{mg DBO5}}$
k_d	Coefficiente de respiración endógena	0,5118	d^{-1}
μ	Velocidad específica de crecimiento de biomasa	0,0002252	d^{-1}

Al comparar los valores obtenidos de las constantes cinética con los valores encontrados por los diferentes autores que han trabajado con el sistema de tratamiento de lodos activados a escala de laboratorio, así como se muestra en la Tabla 1, son muy diferentes, haciendo una comparación directa con los valores presentados por Cerna (2014) y Ramirez y Quispe (2017) quienes trabajaron específicamente con agua residual proveniente

de camales, no se encuentran similitudes en los resultados. Cabe señalar que: al revisar la literatura existente los autores antes mencionados trabajaron con aguas residuales con menores valores de cargas orgánicas, además las condiciones climáticas son diferentes, éstos estudios se realizaron en climas cálidos donde a temperaturas altas favorece el crecimiento de la biomasa y con ello la velocidad de las reacciones; en cambio la presente investigación se realizó en un clima local donde las temperaturas promedio normales de 22,2 °C la más alta y 4,9 °C la más baja.

Con respecto a los valores obtenidos experimentalmente de las constantes cinéticas, se puede decir lo siguiente:

- $k = 0,002 \text{ d}^{-1}$, es baja en comparación a las constantes cinéticas reportadas en la literatura revisada indicando baja velocidad de degradación de la materia orgánica.
- $k_s = 9,387 \text{ mg/l}$, la constante de afinidad indica, que se requiere como mínimo 9,387 mg/l de materia orgánica, para alcanzar la mitad de la velocidad media de crecimiento microbiano.
- $q_{\max} = 1,8519 \text{ d}^{-1}$, este valor significa que la velocidad máxima específica de consumo del sustrato se realizará en 1,8519 d^{-1} .
- $Y = 0,1126 \text{ mgSSV/mgDBO}_5$, significa que por cada miligramo de materia orgánica consumida en términos de DBO_5 , se produce 0,1126 gramos de microorganismos.
- $k_d = 0,5118 \text{ d}^{-1}$, significando que el 51,18 % de la cantidad total de sólidos suspendidos volátiles se oxida en el proceso de respiración endógena, dentro del tanque de aireación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se obtuvo en el sistema de tratamiento valores estables de los parámetros de control: $OD < 0,5 \text{ mgO}_2/\text{L}$, DBO_5 : 4550,62 y 439,5 mg/L en el afluente y efluente respectivamente, $SSV = 1554,23 \text{ mg/L}$, $T^\circ = 20,1 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{pH} = 8,13$, $\text{TRH} = 1,36 \text{ días}$, $\text{SST} = 880 \text{ mg/L}$, para un caudal promedio de 30,8 L/d.
- Las constantes cinéticas obtenidas en esta investigación son: $k = 0,002 \text{ d}^{-1}$, $k_s = 9,387 \text{ mg/l}$, $q_{\text{max}} = 1,8519 \text{ d}^{-1}$, $Y = 0,1126 \text{ mgSSV/mgDBO}_5$ y $k_d = 0,5118 \text{ d}^{-1}$.
- Las constantes cinéticas cinéticas obtenidas en función al modelo de primer orden del sistema de lodos activados a escala de laboratorio en el camal municipal de Cajamarca son muy diferentes con las constantes obtenidas por Cerna (2014) y Ramirez y Quispe (2017)

5.2. Recomendaciones

- Realizar la repetición del proyecto considerando un sistema de tratamiento de lodos activados con recirculación de lodos, teniendo en cuenta en cuenta como tema de investigación determinar la eficiencia de un sistema de tratamiento de lodos activados

determinado cuanto aire inyectado necesita para tener un oxígeno disuelto mayor e igual a 2 mgO₂/L.

- Trabajar con un menor caudal para obtener un mayor tiempo de retención hidráulica y por ende mayor remoción de materia orgánica; además utilizar bombas de aire con mayor potencia inyectando mayor cantidad de aire al tanque de aireación.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Tarazona, NT; Yanac Munarriz, AP. (2018). *Determinación de parámetros biocinéticas del agua residual del colector Raymondi, en un sistema de lodos activados a escala de laboratorio; Huaraz - Ancash, diciembre 2015 – mayo 2016*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio Institucional UNASAM.
http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2831/T033_42398596_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Air Liquede. (2022). Neutralización del pH de las aguas residuales industriales: ¿Cómo funcionan los sistemas de inyección de gases?
<https://es.airliquide.com/soluciones/tratamiento-aguas/neutralizacion-del-ph-de-las-aguas-residuales-industriales-como-funcionan-los-sistemas-de-inyeccion-de-gases>.
- Arcos Arango, Y. (2013). Microbiología de lodos activados. *Hechos microbiológicos*, 4(2),117-122. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/hm/article/view/21093>.
- Cárdenas, C; Landeta, K; Perruolo, T; Angulo, N; Yabroudi, S; Trujillo, A; Flores, P. (2014). Determinación de constantes cinéticas para el diseño de tratamiento biológico de un efluente lácteo en régimen discontinuo. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería*

Universidad del Zulia, 37(1).

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702014000100003

Cerna Cueva, FA. (2014). *Estimación de parámetros biocinéticos del agua residual del camal municipal (Tingo María) mediante un sistema de lodos activados a escala de Laboratorio*.

https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/INFORME%20FINAL%20-%20Cerna%20Cueva%2C%20Franco%20Corregido.pdf

Chamorro S; Vidal, G. (2015). *Tecnologías de tratamiento de agua mediante sistemas de lodos activados: Observación microscópica de organismos indicadores* (1ª ed.).

<http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/tecnologias-para-la-gestion-del-agua.pdf>

Chávez Horna, GE. (2018). *Estudio de tratabilidad biológica de aguas residuales domésticas en biorreactores aerobios a escala piloto en el distrito de Celendín*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.

<http://hdl.handle.net/20.500.14074/2371>

Chocce Curo, R; Galarza Soto, RA. (2012). *Determinación de los coeficientes cinéticos del proceso de degradación aerobia en el tratamiento biológico del efluente doméstico de “Agua de las vírgenes” el Tambo – Huancayo*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional UNCP.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3700/Chocce%20Curo-Galarza%20Soto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Comisión Nacional del agua. (2015). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales*

municipales: lodos activados. <http://cmx.org.mx/wp-content/uploads/MAPAS%202015/libros/SGAPDS-1-15-Libro51.pdf>.

Comunidad Andina. (2008). *Manual de Estadísticas Ambientales Andinas*.

http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/OtrosTemas/MedioAmbiente/Manual_eestadisticas_ambientales.pdf.

Condori Mamani, MU; Ruelas Yanque, J. (2017). *Instalación y evaluación de un sistema de reactores para tratamiento de aguas residuales urbanas por proceso de lodos activados*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional digital UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5302>

Cotrado Sehgelmeble, M. (2005). *Determinación experimental de los parámetros biocinéticos necesarios para el diseño de reactores de lodos activados*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional UNI. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/8771>

Dávalos Navarro, RA; Tuny Rojas, FC. (2011). *Determinación de la eficiencia para diferentes tiempos de retención hidráulica en un reactor UASB y su pos-tratamiento con plantas acuáticas (Jacinto de Agua) tratando agua residual doméstica a escala de laboratorio*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional UNI. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3630>

Díaz Delgado, C; Fall, C; Quentin, E; Jiménez Moleón, MC; Esteller Alberich, MV; Garrido Hoyos, SE; López Vázquez, CM; García Pulido, D. (2003). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas: Indicadores de contaminación fecal en aguas*. http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf

Florencia Carlini, M. (2003). *Problemas operacionales en plantas de tratamiento*. https://www.puntoambiental.com/informes/problemas_operacionales_en_plantas_de_tratamiento.pdf.

González-Castellanos, RA. (2000). *Principios básicos de escalado*. Editorial Universitaria.

https://www.academia.edu/36890164/Principios_B%C3%A1sicos_de_Escalado

Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C.; Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). Méndez Valencia, S., Mendoza Torres, CP (col).

Larrea Murrell, JA; Rojas Badía, MM; Romeu Álvarez, B; Rojas Hernández, NM; Heydrich Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34 <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>

López Hernández, E; Martínez Nava, JG; García Santiago, JL. (2014). *Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)*. https://www.academia.edu/9209870/Determinaci%C3%B3n_de_S%C3%B3lidos_Suspendidos_Totales_SST_y_S%C3%B3lidos_Suspendidos_Vol%C3%A1tiles_SSV_en_agua_tratada

Mayta Solari, JE; Ñahui Boza, AC. (2010). *Determinación de los parámetros de operación de un bioreactor aerobio de lodos activados para la biodegradación del efluente residual de la unidad de producción de lácteos de la facultad de ingeniería en industrias alimentarias*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional UNCP.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/48>

Martínez Arizmendi, FJ; Martínez Delgadillo, SA; Morales Mora, MA; Rodríguez Rosales, MG. (2005). Efecto de la temperatura en el desempeño de un sistema biológico de tratamiento de aguas residuales de una industria petroquímica. *Revista de ingeniería hidráulica en México*, 20(4), 33 – 43.

http://www.revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/1014/pdf_1

Méndez, L; Miyashiro, V; Rojas, R; Cotrado, M; Carrasco, N. (2004). Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala de laboratorio. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG* ,7(14),74-83.

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/Vol7_N14/a10.pdf

Metcalf and Eddy, INC. (1995). *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización* (3ª ed.).

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/55845939/Ingenieria_de_aguas_residuales_Volumen_1_3ra_Edicion_-_METCALF_EDDY-FREELIBROS.ORG.pdf?response-content-disposition=attachment%3B%20filename%3DIngenieria_de_aguas_residuales_Volumen_1.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191112%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191112T143110Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=85e1890bce08d22fff731c931a4fc44b155f79c9f541229a5fef26424f2095d2

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*.

<http://ww3.vivienda.gob.pe/pnc/docs/normatividad/varios/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>

Moeller, G; Tomasini Ortíz, AC. (2009). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de lodos activados: Microbiología de lodos activados*. 148-208.

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/5Microbiologiadelodosactivados.pdf>.

Morales Benavides, GR. (2014). *Evaluación de la estabilidad de un sistema de lodos activados mediante indicadores fisicoquímicos y biológicos*. [Tesis de grado, Centro

de Ciencias Ambientales EULA – CHILE]. <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/tesis-gabriela-morales-2014.pdf>

Muñoz Muñoz, D. (2005). Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una población menor 2000 habitantes. 3(1),87-98. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6117975.pdf>

Oré Asparrin, A. (2017). *Influencia del sulfato de aluminio y pH en la remoción de la materia orgánica para el tratamiento del agua residual del camal municipal de Chupaca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3770>

Raffo Lecca, E; Ruiz Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de Investigación Industrial Data*, 17(1), 71-80. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

Ramírez Camperos, E. (2006). Fundamentos teóricos de lodos activados y aireación extendida. 47-81. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/1Fundamentosdelprocesodelodosactivados.pdf>

Ramirez Trejo, AK.; Quispe Castillo, EF. (2017). *Tratamiento mediante la tecnología de lodos activados del agua residual del camal Carhuaz*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio institucional digital UNAC. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3618>.

Rodríguez Chaparro, T; Pérez Navarrete, EA; Vivas Mora, E. (2003). Determinación de las constantes cinéticas y estequiométricas en un biorreactor de lodos activados convencional a escala. (Laboratorio de aguas residuales de un frigorífico). *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. (13):9-16. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/911/91101301.pdf>

- Romero Rojas, JA. (2008). Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño. (1ª ed.). <https://es.scribd.com/document/391309831/Tratamiento-de-Aguas-Residuales-Teoria-y-Principios-de-Diseno-Jairo-Alberto-Romero-Rojas-pdf>.
- R. S. Ramalho. (2010). Tratamiento de aguas residuales. Tratamiento secundario: el proceso de lodos activados. 253 – 409.
http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/TRATAMIENTO_SECUNDARIO.pdf
- Sandberg, M; Holby, O. (2008). Black liquor and alkaline shocks in a multiplestage biological treatment plant. 7, 335 – 344.
https://www.researchgate.net/publication/237152302_Black_liquor_and_alkaline_shocks_in_a_multiple_stage_biological_treatment_plant.
- Sánchez Martínez, P. (2011). Diseño de una estación depuradora de aguas residuales en zona costera con tratamiento terciario para riego de campo de golf.
<https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/14948/b35792346.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SENAMHI. (2021). Promedio de temperatura normal para Cajamarca. (en línea). Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cajamarca&p=pronostico-detalle>.
- Stecher y Ruprecht. (2003). Aguas residuales de mataderos.
<https://www.google.com/search?q=www.cepis.ops%2Foms.org%2F%2520eswww%2Fproyecto%2Frepidisc%2Fpublica%2Frepindex%2F%2520inpri54f.html&oq=www.cepis.ops%2Foms.org%2F%2520eswww%2Fproyecto%2Frepidisc%2Fpublica%2Frepindex%2F%2520inpri54f.html&aqs=chrome..69i57j69i58.14124j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Torres de la Cruz, JF; Yauri Chuquimantari, DK. (2019). *Evaluación de parámetros biocinéticos mediante lodos activados a nivel de laboratorio de los efluentes de la*

Piscigranja de Miraflores para remoción de la carga orgánica. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional UNCP.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5187>

UNESCO. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017, Aguas residuales: el recurso desaprovechado*.

[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/\\$FILE/1_15.247647s.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/$FILE/1_15.247647s.pdf)

Varila Quiroga, JA; Díaz López, FE. (2008). Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio, Bogotá, Colombia. (en línea). *Revista de Tecnología - Journal of Technology*, 7(2),21-28.

https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-01-27_02-59-21139703.pdf

CAPÍTULO VII

ANEXO O APÉNDICE

Anexo 1: Planos del sistema de tratamiento de lodos activados

Anexo 2: Resultados del laboratorio Regional del Agua - Cajamarca

Anexo 3: Panel fotográfico

ANEXO 1

Planos del sistema de tratamiento de lodos activados

Figura 20

Plano del sistema de lodos activados

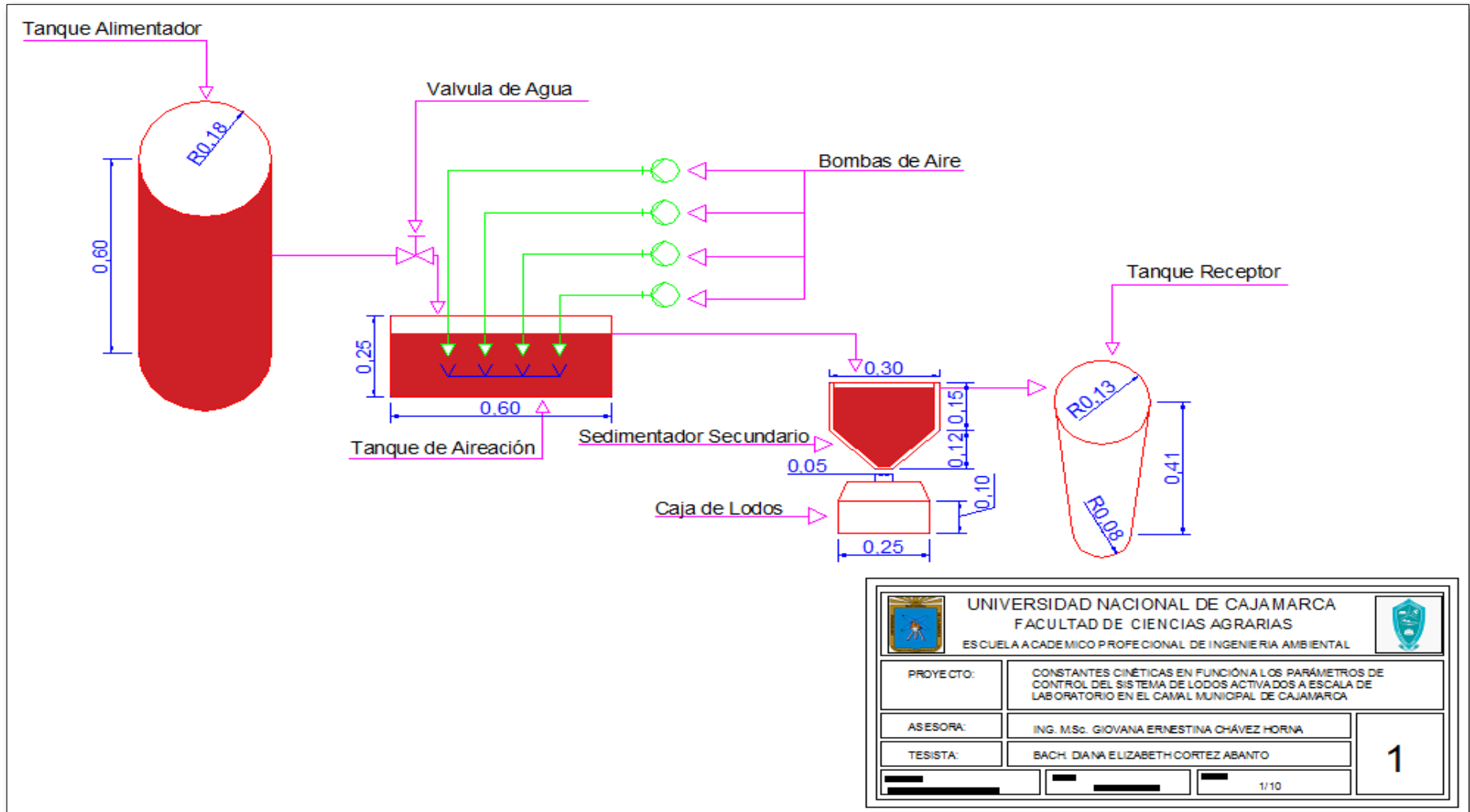


Figura 21

Plano de puntos de monitoreo del sistema de lodos activados

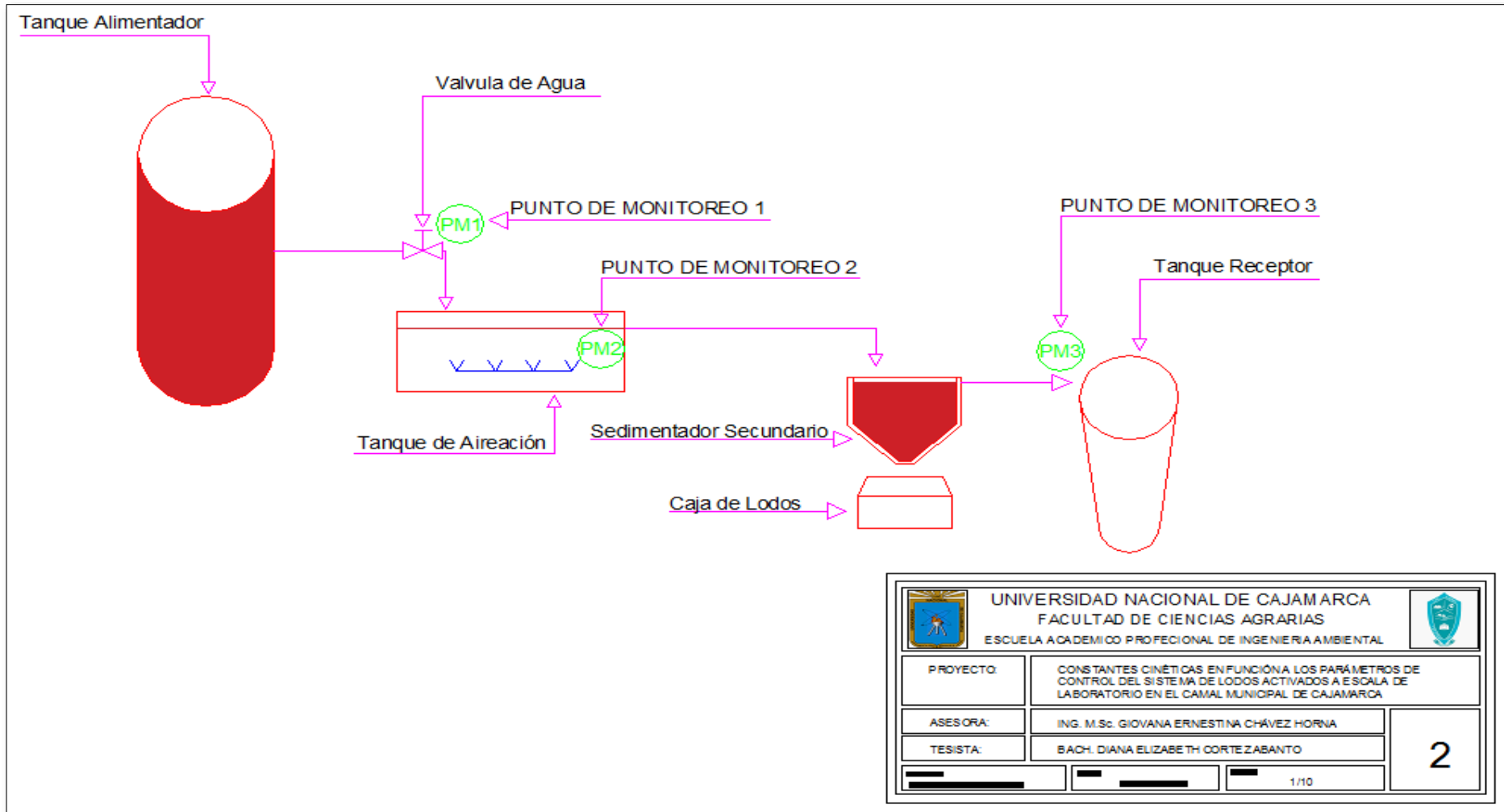


Figura 22

Plano de unidades de tratamiento de lodos activados

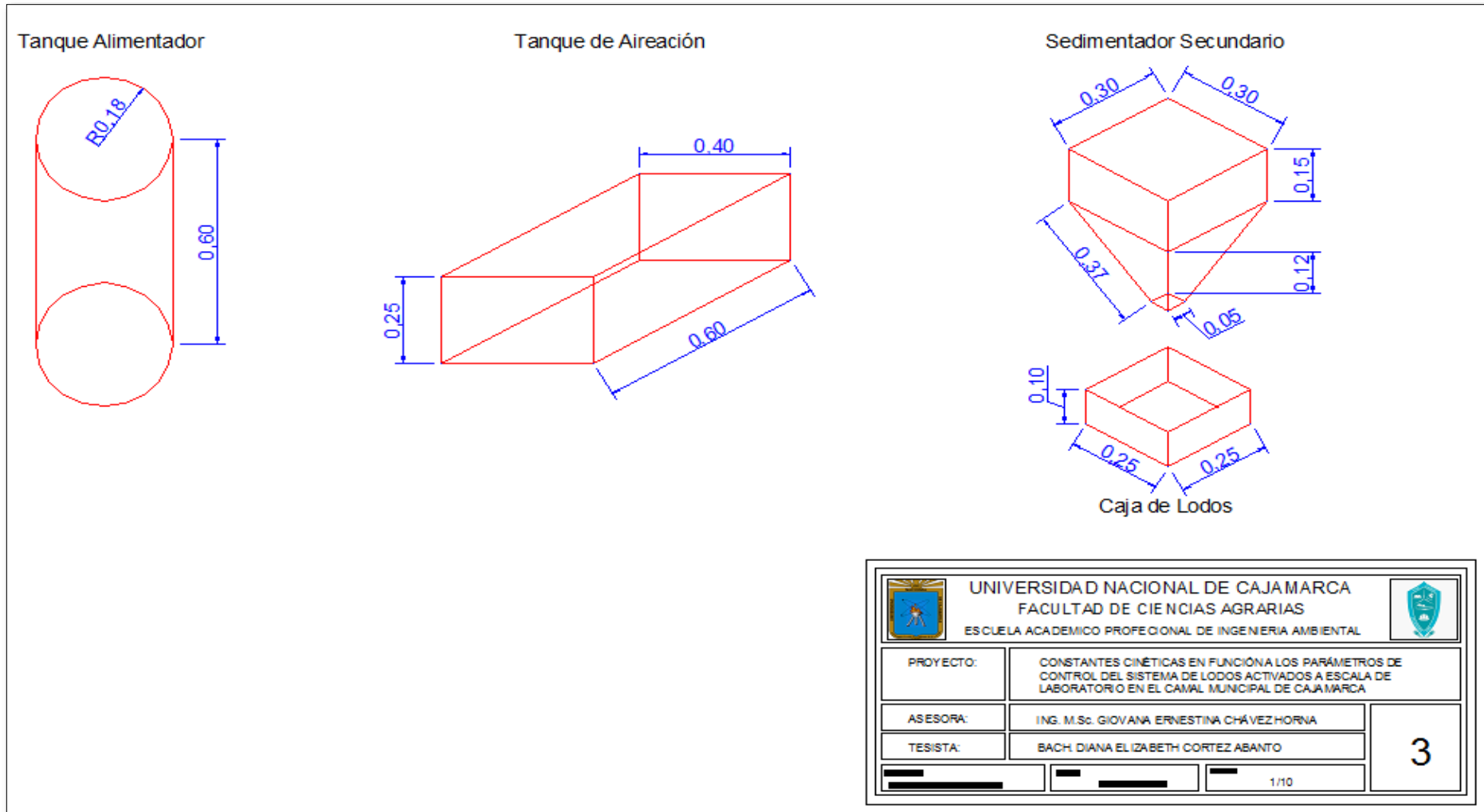


Figura 23

Plano de soporte metálico para unidades de tratamiento de lodos activados (vista frontal, lateral y planta)

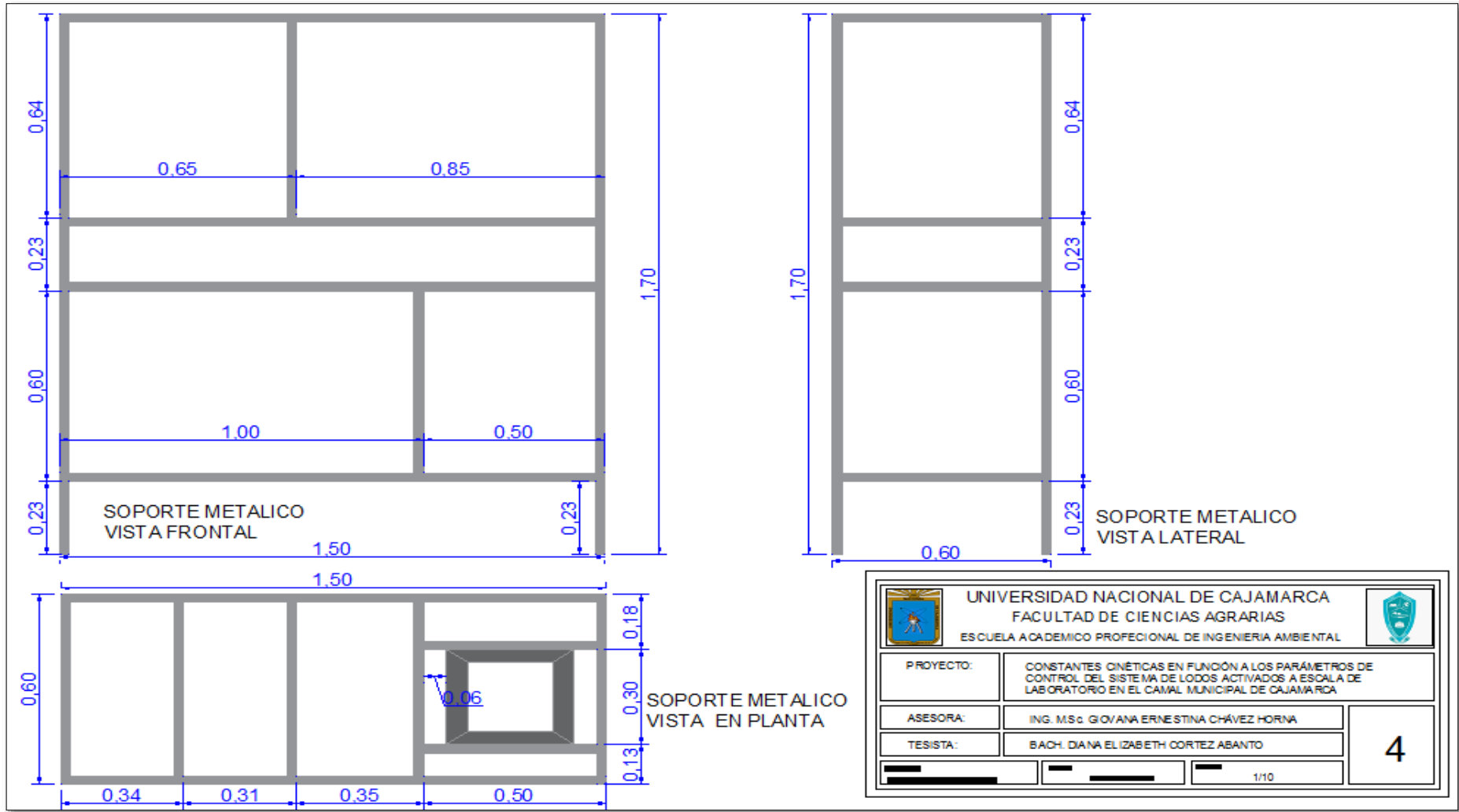
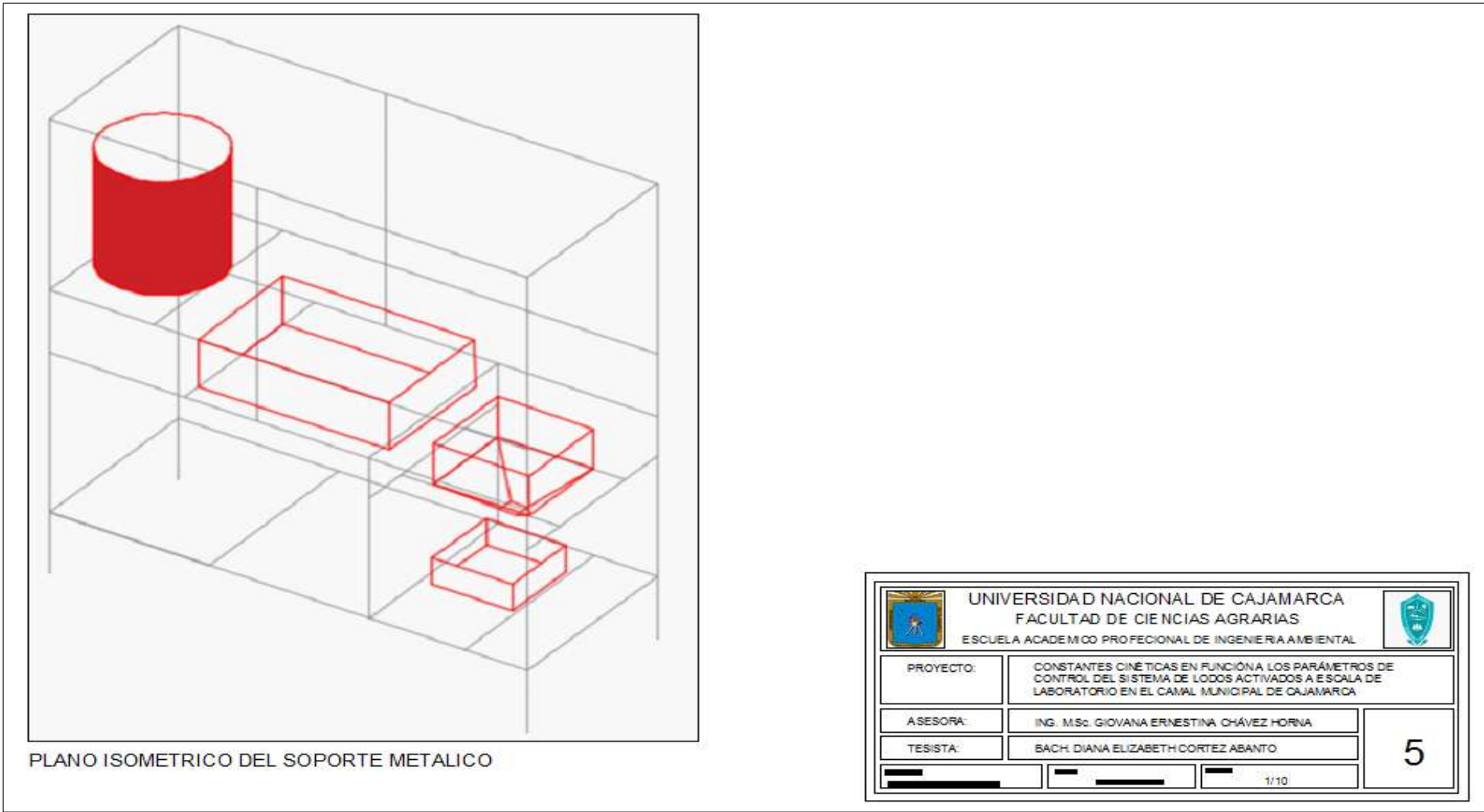


Figura 24

Plano isométrico del soporte metálico y el sistema de lodos activados



ANEXO 2

Resultados del laboratorio Regional del Agua - Cajamarca



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0120081

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
 Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
 Persona de contacto **-** Correo electrónico **dcortez14@unc.edu.pe**


DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **13.02.20** Hora de Muestreo **11:20 a 11:30**
 Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
 Procedimiento de Muestreo **-**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de puntos de muestreo **03**
 Ensayos solicitados **Físicoquímicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
 Referencia de la Muestra: **CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC- 108** Cadena de Custodia **CC - 081 - 20**
 Fecha y Hora de Recepción **13.02.20 11:57** Inicio de Ensayo **13.02.20 12:15**
 Reporte Resultado **24.02.20 11:00**


 Edder Neyra Jaico
 Responsable de Laboratorio
 CIP: 147028


 Freddy López León
 Especialista de Química
 CIP: 198264

Cajamarca, 24 de Febrero de 2020.

Página: 1 de 2



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0120090

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto **-** Correo electrónico **dcorteza14@unc.edu.pe**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **17.02.20** Hora de Muestreo **11:00 a 11:15**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquimicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
Referencia de la Muestra: **CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC- 108** Cadena de Custodia **CC - 090 - 20**
Fecha y Hora de Recapción **17.02.20 11:38** Inicio de Ensayo **17.02.20 11:55**
Reporte Resultado **26.02.20 11:00**


Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028


Freddy López Loón
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 26 de Febrero de 2020.

Página: 1 de 2



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0120090

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra			PM1	PM2	PM3	-	-	-
Código Laboratorio			0120090-01	0120090-02	0120090-03	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción			INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	-	-	-
Localización de la Muestra			Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	-	8.26	-	-	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	1598.0	-	-	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	3875.0	-	573.0	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-	-	-
(*) Temperatura	°C	N.A.	-	21.4	-	-	-	-

Legenda: 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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017: Solids, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O, C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved): Azide Modification
Temperatura	°C	SMEWW-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 los 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, 26 de Febrero de 2020.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0120101

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto - Correo electrónico **dcortez14@unc.edu.pe**


DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **20.02.20** Hora de Muestreo **11:00 a 12:00**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
Procedimiento de Muestreo -
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquimicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
Referencia de la Muestra: **CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 108** Cadena de Custodia **CC - 101 - 20**
Fecha y Hora de Recepción **20.02.20 12:28** Inicio de Ensayo **20.02.20 12:45**
Reporte Resultado **02.03.20 15:00**


Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028


Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 02 de Marzo de 2020.

Página: 1 de 2



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



Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0120101

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra			PM1	PM2	PM3	-	-	-
Código Laboratorio			0120101-01	0120101-02	0120101-03	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción			INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	-	-	-
Localización de la Muestra			Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	-	8.53	-	-	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	1502.0	-	-	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	6250.0	-	369.5	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-	-	-
(*) Temperatura	°C	N.A.	-	20.9	-	-	-	-

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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrode Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017: Solids, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.
Temperatura	°C	SMEWW-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 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: N°01 Fecha: 02/01/2020

Cajamarca, 02 de Marzo de 2020.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0220108

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto - Correo electrónico **dcortez14@unc.edu.pe**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **25.02.20** Hora de Muestreo **11:00 a 16:40**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
Procedimiento de Muestreo -
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquimicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
Referencia de la Muestra: **CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC- 108** Cadena de Custodia **CC - 108 - 20**
Fecha y Hora de Recepción **25.02.20 11:55** Inicio de Ensayo **25.02.20 12:10**
Reporte Resultado **04.03.20 16:00**


Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028


Freddy Lopez León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 04 de Marzo de 2020.

Página: 1 de 2



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0220108

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS			
Código de la Muestra	PM1	PM2	PM3	-	-	-
Código Laboratorio	0220108-01	0220108-02	0220108-03	-	-	-
Matriz	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	-	-	-
Localización de la Muestra	Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
pH a 25°C	pH	NA	-	6.39	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	1872.0	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO5)	mg O ₂ /L	2.6	3281.3	-	544.0	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-
(*) Temperatura	°C	N.A.	-	20.8	-	-

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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017: Solids, Fixed and Volatile Solids ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O D, 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved), Azide Modification
Temperatura	°C	SMEWW-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, 04 de Marzo de 2020.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0220120

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto - Correo electrónico **dcortez14@unc.edu.pe**


DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **27.02.20** Hora de Muestreo **11:40 a 12:12**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
Procedimiento de Muestreo -
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquimicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
Referencia de la Muestra: **CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC- 108** Cadena de Custodia **CC - 120 - 20**
Fecha y Hora de Recepción **27.02.20 12:37** Inicio de Ensayo • **27.02.20 12:50**
Reporte Resultado **09.03.20 16:00**


Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028


Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 09 de Marzo de 2020.

Página: 1 de 2



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0220120

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra			PM1	PM2	PM3	-	-	-
Código Laboratorio			0220120-01	0220120-02	0220120-03	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción			INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	-	-	-
Localización de la Muestra			Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	-	8.45	-	-	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	3945.3	-	-	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	7012.5	-	419.5	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-	-	-
(*) Temperatura	°C	N.A.	-	21.1	-	-	-	-

Legenda: 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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017. Solids, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved), Azide Modification.
Temperatura	°C	SMEWW-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, 09 de Marzo de 2020.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



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



Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0320127

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
 Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
 Persona de contacto - Correo electrónico **dcorteza14@unc.edu.pe**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **02.03.20** Hora de Muestreo **11:40 a 12:12**
 Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
 Procedimiento de Muestreo -
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de puntos de muestreo **03**
 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: **CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC- 108** Cadena de Custodia **CC - 127 - 20**
 Fecha y Hora de Recepción **02.03.20 12:37** Inicio de Ensayo **02.03.20 12:50**
 Reporte Resultado **11.03.20 16:00**


Edder Neyra Jaico
 Responsable de Laboratorio
 CIP: 147028


Freddy López León
 Especialista de Química
 CIP: 198264

Cajamarca, 11 de Marzo de 2020.

Página: 1 de 2



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0320127

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra			PM1	PM2	PM3	-	-	-
Código Laboratorio			0320120-01	0320120-02	0320120-03	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción			MUNICIPAL	MUNICIPAL	MUNICIPAL	-	-	-
Localización de la Muestra			Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	-	8.35	-	-	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	2080.0	-	-	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	5381.3	-	520.0	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-	-	-
(*) Temperatura	°C	N.A.	-	20.5	-	-	-	-

Legenda: 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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017: Solids, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved), Azide Modification
Temperatura	°C	SMEWW-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 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. N°01 - Fecha: 02/01/2020

Cajamarca, 11 de Marzo de 2020.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0320145

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto **-** Correo electrónico **dcortez14@unc.edu.pe**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **05.03.20** Hora de Muestreo **11:00 a 11:20**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquimicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
Referencia de la Muestra: **CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC- 108** Cadena de Custodia **CC - 145 - 20**
Fecha y Hora de Recepción **05.03.20 12:19** Inicio de Ensayo **05.03.20 12:45**
Reporte Resultado **16.03.20 11:00**


Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028


Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 01 de Junio de 2020.

Página: 1 de 2



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0320145

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS				
Código de la Muestra	PM1	PM2	PM3	-	-	-	-
Código Laboratorio	0320145-01	0320145-02	0320145-03	-	-	-	-
Matriz	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
pH a 25°C	pH	NA	-	8.16	-	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	2350.0	-	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	8237.5	-	1008.0	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-	-
(*) Temperatura	°C	N.A.	-	19.4	-	-	-

Legenda: 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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017. Solids: Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-D C, 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.
Temperatura	°C	SMEWW-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 los 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, 01 de Junio de 2020.



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0320162

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto - Correo electrónico **dcorteza14@unc.edu.pe**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **09.03.20** Hora de Muestreo **11:10 a 11:30**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
Procedimiento de Muestreo -
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquimicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
Referencia de la Muestra: **CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC- 108** Cadena de Custodia **CC - 162 - 20**
Fecha y Hora de Recepción **09.03.20 12:20** Inicio de Ensayo **09.03.20 12:35**
Reporte Resultado **18.03.20 16:00**


Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028


Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 01 de Junio de 2020.

Página: 1 de 2



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0320162

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra	PM1	PM2	PM3	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0320162-01	0320162-02	0320162-03	-	-	-	-	-
Matriz *	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-	-
Descripción	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	-	8.36	-	-	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	1076.0	-	-	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO5)	mg O ₂ /L	2.6	3656.3	-	412.5	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-	-	-
(*) Temperatura	°C	N.A.	-	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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017. Solids: Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved): Azide Modification
Temperatura	°C	SMEWW-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, 01 de Junio de 2020.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0320163

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto - Correo electrónico **dcorteza14@unc.edu.pe**


DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **09.03.20** Hora de Muestreo **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 **01**
Ensayos solicitados **Fisicoquimicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
Referencia de la Muestra: **CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC- 285** Cadena de Custodia **CC - 163 - 20**
Fecha y Hora de Recepción **09.03.20 12:30** Inicio de Ensayo **09.03.20 15:00**
Reporte Resultado **16.03.20 16:30**


Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028


Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 16 de Marzo de 2020.

Página: 1 de 2



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0320163

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS				
Código de la Muestra	PM2	-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0320163-01	-	-	-	-	-	-
Matriz	RESIDUAL	-	-	-	-	-	-
Descripción	INDUSTRIAL	-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Camal municipal Cajamarca	-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5	1400.0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables	mL/LH	1.3	27.0	-	-	-	-

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

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed. 2017: Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Sólidos Sedimentables	mL/LH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.F, 23rd Ed. 2017: Solids, Settleable Solids.

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, 16 de Marzo de 2020.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0320173

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre	DIANA CORTEZ ABANTO		
Dirección	JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	<u>dcortez14@unc.edu.pe</u>


DATOS DE LA MUESTRA


Fecha del Muestreo	12.03.20	Hora de Muestreo	11:00 a 11:50
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	03		
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos y Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	CAJAMARCA		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC- 108	Cadena de Custodia	CC - 173 - 20
Fecha y Hora de Recepción	12.03.20	11:55	Inicio de Ensayo 12.03.20 12:10
Reporte Resultado	23.03.20	15:00	


Edder Neyra Jaico
 * Responsable de Laboratorio
 CIP: 147028


Freddy López León
 Especialista de Química
 CIP: 198264


Erver Zulueta Ganta Cruz
 Especialista de Biología
 CBP:9778

Cajamarca, 01 de Junio de 2020.

Página: 1 de 2



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0320173

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS - MICROBIOLÓGICOS					
Código de la Muestra			PM01	PM02	PM03	-	-	-
Código Laboratorio			0320173-01	0320173-02	0320173-03	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción			INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	-	-	-
Localización de la Muestra			Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	-	7.85	-	-	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	1438.0	-	-	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	4716.3	-	463.8	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-	-	-
(*) Temperatura	°C	N.A.	-	19.7	-	-	-	-
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	92 x 10 ⁵	-	49 x 10 ⁶	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	41 x 10 ⁵	-	68 x 10 ⁴	-	-	-

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

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017. Solids, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOC), 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved): Azide Modification.
Temperatura	°C	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017. Temperature: Laboratory and Field Methods
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C, 23rd Ed. 2017. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

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 los 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 Rév.N°01 Fecha : 02/01/2020

Cajamarca, 01 de Junio de 2020.

Página: 2 de 2



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0320174

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto **-** Correo electrónico **dcorteza14@unc.edu.pe**


DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **12.03.20** Hora de Muestreo **11:30**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **01**
Ensayos solicitados **Fisicoquimicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
Referencia de la Muestra: **CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC- 285** Cadena de Custodia **CC - 174 - 20**
Fecha y Hora de Recepción **12.03.20 11:59** Inicio de Ensayo **12.03.20 12:30**
Reporte Resultado **24.03.20 15:30**


Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028


Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 01 de Junio de 2020.

Página: 1 de 2



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0320174

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS			
Código de la Muestra	PM2	-	-	-	-	-
Código-Laboratorio	0320174-01	-	-	-	-	-
Matriz	RESIDUAL	-	-	-	-	-
Descripción	INDUSTRIAL	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Camal municipal Cajamarca	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	920.0	-	-	-
Sólidos Sedimentables	mL/LH	1.3	3.0	-	-	-

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

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Direct at 103 - 105°C
Sólidos Sedimentables	mL/LH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.F, 23rd Ed. 2017. Solids. Settleable Solids.

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 los 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, 01 de Junio de 2020.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0720227

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
 Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
 Persona de contacto - Correo electrónico **dcortez14@unc.edu.pe**


DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **02.07.20** Hora de Muestreo **11:00 a 11:10**
 Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
 Procedimiento de Muestreo -
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de puntos de muestreo **03**
 Ensayos solicitados **Fisicoquimicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
 Referencia de la Muestra: **CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC- 108** Cadena de Custodia **CC - 227 - 20**
 Fecha y Hora de Recepción **02.07.20 11:34** Inicio de Ensayo **02.07.20 12:00**
 Reporte Resultado **11.07.20 10:00**


 Edder Neyra Jaico
 Responsable de Laboratorio
 CIP: 147028


 Fiddy López León
 Especialista de Química
 CIP: 198264

Cajamarca, 11 de Julio de 2020.

Página: 1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0720227

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS			
Código de la Muestra	PM 01	PM 02	PM 03	-	-	-
Código Laboratorio	0720227-01	0720227-02	0720227-03	-	-	-
Matriz	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	-	-	-
Localización de la Muestra	Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	Camal municipal Cajamarca	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
pH a 25°C	pH	NA	-	8.21	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	896.0	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	3328.2	-	375.5	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-
(*) Temperatura en Laboratorio	°C	N.A.	-	19.6	-	-

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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed, 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed, 2017. Solids, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed, 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-D C, 23rd Ed, 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification
Temperatura	°C	SMEWW-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. 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, 11 de Julio de 2020.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0720227

DATOS DEL CLIENTE


Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto **-** Correo electrónico **dcorteza14@unc.edu.pe**


DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **02.07.20** Hora de Muestreo **11:00 a 11:10**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
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: **CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC- 108** Cadena de Custodia **CC - 227 - 20**
Fecha y Hora de Recepción **02.07.20 11:34** Inicio de Ensayo **02.07.20 12:00**
Reporte Resultado **11.07.20 10:00**


Edder Neyra Jalco
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028


Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 11 de Julio de 2020.

Página: 1 de 2



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0720227

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra	PM 2		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0720228-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	RESIDUAL		-	-	-	-	-	-
Descripción	INDUSTRIAL		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Carnal municipal Cajamarca		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	600.0	-	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables	mLL/H	1.3	<LCM	-	-	-	-	-

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

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Sedimentables	mLL/H	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.F., 23rd Ed. 2017: Solids, Settleable Solids
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D., 23rd Ed. 2017: Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C

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. 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, 11 de Julio de 2020.

**LABORATORIO REGIONAL
 DEL AGUA**



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0720235

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto - Correo electrónico dcortez14@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **07.07.20** Hora de Muestreo **12:00 a 12:10**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
Procedimiento de Muestreo -
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
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 **SC - 108** Cadena de Custodia **CC - 235 - 20**
Fecha y Hora de Recepción **07.07.20 12:34** Inicio de Ensayo **07.07.20 12:49**
Reporte Resultado **16.07.20 11:00**

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 16 de Julio de 2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0720235

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS			
Código de la Muestra	PM 1	PM 2	PM 3	-	-	-
Código Laboratorio	0720235-01	0720235-02	0720235-03	-	-	-
Matriz	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción	Industrial	Industrial	Industrial	-	-	-
Localización de la Muestra	Camal Municipal Cajamarca	Camal Municipal Cajamarca	Camal Municipal Cajamarca	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
pH a 25°C	pH	NA	-	8.26	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	792.0	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	2756.3	-	257.5	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-
(*) Temperatura en Laboratorio	°C	N.A.	-	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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017: Solids: Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved), Azide Modification.
Temperatura	°C	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017: Temperature. Laboratory and Field Methods

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz, que 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. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre los 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.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01. Rev: N°02. Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 16 de Julio de 2020.



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0720236

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto **-** Correo electrónico **dcorteza14@unc.edu.pe**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **07.07.20** Hora de Muestreo **12:00**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **01**
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 **SC - 285** Cadena de Custodia **CC - 236 - 20**
Fecha y Hora de Recepción **07.07.20 12:37** Inicio de Ensayo **07.07.20 13:00**
Reporte Resultado **16.07.20 11:00**

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 16 de Julio de 2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0720236

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra	PM 2		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0720236-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	RESIDUAL		-	-	-	-	-	-
Descripción	Industrial		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Carnal Municipal Cajamarca		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	855.0	-	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables	mL/L/H	1.3	<LCM	-	-	-	-	-

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

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Sedimentables	mL/L/H	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.F, 23rd Ed. 2017: Solids, Settleable Solids.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed. 2017: Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que 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. 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.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 16 de Julio de 2020.



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0720244

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto - Correo electrónico dcortez14@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **10.07.20** Hora de Muestreo **12:30 a 12:40**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
Procedimiento de Muestreo -
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
Referencia de la Muestra: **CAMAL MUNICIPAL - CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 108** Cadena de Custodia **CC - 244 - 20**
Fecha y Hora de Recepción **10.07.20 13:04** Inicio de Ensayo **10.07.20 13:19**
Reporte Resultado **21.07.20 09:00**

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 21 de Julio de 2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0720244

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS			
Código de la Muestra	PM 1	PM 2	PM 3	-	-	-
Código Laboratorio	0720244-01	0720244-02	0720244-03	-	-	-
Matriz	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción	Industrial	Industrial	Industrial	-	-	-
Localización de la Muestra	Camal Municipal Cajamarca	Camal Municipal Cajamarca	Camal Municipal Cajamarca	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
pH a 25°C	pH	NA	-	8.17	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	1678.0	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	6325.0	-	318.5	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-
(*) Temperatura en Laboratorio	°C	N.A.	-	19.4	-	-

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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017; pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017; Solids, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017; Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017; Oxygen (Dissolved), Azide Modification.
Temperatura	°C	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017; Temperature, Laboratory and Field Methods

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que 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. 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.
 - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0720245

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto **-** Correo electrónico **dcorteza14@unc.edu.pe**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **10.07.20** Hora de Muestreo **12:30 a 12:40**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **01**
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 **SC - 285** Cadena de Custodia **CC - 245 - 20**
Fecha y Hora de Recepción **10.07.20 13:08** Inicio de Ensayo **10.07.20 13:25**
Reporte Resultado **21.07.20 10:00**

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147026

Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 21 de Julio de 2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0720245

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS				
Código de la Muestra	PM 2		-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0720245-01		-	-	-	-	-
Matriz	RESIDUAL		-	-	-	-	-
Descripción	Industrial		-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Camal Municipal Cajamarca		-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	940.0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables	mL/LH	1.3	<LCM	-	-	-	-

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

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Sedimentables	mL/LH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.F, 23rd Ed. 2017. Solids. Settleable Solids.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz, que 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. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre los 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.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 21 de Julio de 2020.



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0720249A

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto - Correo electrónico dcortez14@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **14.07.20** Hora de Muestreo **12:15 a 12:30**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
Procedimiento de Muestreo -
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquimicos**
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 - 249A - 20**
Fecha y Hora de Recepción **14.07.20 13:00** Inicio de Ensayo **14.07.20 13.30**
Reporte Resultado **23.07.20 09:00**

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 23 de Julio de 2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0720249A

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra			PM 1	PM 2	PM 3	-	-	-
Código Laboratorio			0720249A-01	0720249A-02	0720249A-03	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción			Industrial	Industrial	Industrial	-	-	-
Localización de la Muestra			Camal Municipal Cajamarca	Camal Municipal Cajamarca	Camal Municipal Cajamarca	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	-	8.13	-	-	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	1176.0	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	-	665.0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables	mL/LH	1.3	-	<LCM	-	-	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO5)	mg O ₂ /L	2.6	2562.5	-	206.5	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-	-	-
(*) Temperatura en Laboratorio	°C	N.A.	-	19.1	-	-	-	-

Legenda: 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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017; Solids. Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Sólidos Sedimentables	mL/LH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,F, 23rd Ed. 2017; Solids. Settleable Solids.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017; Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017; Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017; Oxygen (Dissolved). Azide Modification.
Temperatura	°C	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017; Temperature. Laboratory and Field Methods

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que 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. 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.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0720255A

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto **-** Correo electrónico **dcortez14@unc.edu.pe**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **17.07.20** Hora de Muestreo **12:25 a 12:45**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**
Procedimiento de Muestreo **-**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
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 - 249A - 20**
Fecha y Hora de Recepción **17.07.20 13:10** Inicio de Ensayo **17.07.20 14:00**
Reporte Resultado **28.07.20 09:00**

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Cajamarca, 28 de Julio de 2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0720255A

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS					
Código de la Muestra			PM 1	PM 2	PM 3	-	-	-
Código Laboratorio			0720255A-01	0720255A-02	0720255A-03	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción			Industrial	Industrial	Industrial	-	-	-
Localización de la Muestra			Camal Municipal Cajamarca	Camal Municipal Cajamarca	Camal Municipal Cajamarca	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	-	7.89	-	-	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	1022.0	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	-	570.0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables	mL/LH	1.3	-	<LCM	-	-	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	3512.5	-	235.0	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-	-	-
(*) Temperatura en Laboratorio	°C	N.A.	-	19.2	-	-	-	-

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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-H+ B, 23rd Ed, 2017, pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed, 2017; Solids, Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Sólidos Sedimentables	mL/LH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,F, 23rd Ed, 2017; Solids, Settleable Solids.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed, 2017; Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed, 2017; Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed, 2017; Oxygen (Dissolved), Azide-Modification
Temperatura	°C	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed, 2017; Temperature, Laboratory and Field Methods

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que 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. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de percibibilidad 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.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0720258A

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **DIANA CORTEZ ABANTO**
Dirección **JR NICOLAS DE PIEROLA N° 452**
Persona de contacto - Correo electrónico dcortez14@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **21.07.20** Hora de Muestreo **12:30 a 13:00**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
Procedimiento de Muestreo -
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **03**
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 - 249A - 20**
Fecha y Hora de Recepción **21.07.20 13:30** Inicio de Ensayo **21.07.20 14:00**
Reporte Resultado **30.07.20 11:00**

Edder Nayra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Enver Zulueta Santa Cruz
Especialista de Biología
CBP-9778

Cajamarca, 30 de Julio de 2020.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0720258A

ENSAYOS			FÍSICOQUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS					
Código de la Muestra			PM 1	PM 2	PM 3	-	-	-
Código Laboratorio			0720255A-01	0720255A-02	0720255A-03	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción			Industrial	Industrial	Industrial	-	-	-
Localización de la Muestra			Camal Municipal Cajamarca	Camal Municipal Cajamarca	Camal Municipal Cajamarca	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
pH a 25°C	pH	NA	-	8.88	-	-	-	-
(*) Sólidos Volátiles	mg/L	2.5	-	1216.0	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	-	1090.0	-	-	-	-
Sólidos Sedimentables	mL/L/h	1.3	-	<LCM	-	-	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO5)	mg O ₂ /L	2.6	4352.1	-	315.4	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	-	<LCM	-	-	-	-
(*) Temperatura en Laboratorio	°C	N.A.	-	19.0	-	-	-	-
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.6	54 x 10 ⁶	-	11 x 10 ⁷	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.6	14 x 10 ⁶	-	35 x 10 ⁷	-	-	-

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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Volátiles Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 E, 23rd Ed. 2017: Solids: Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C
Sólidos Sedimentables	mL/L/h	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,F, 23rd Ed. 2017: Solids: Settleable Solids
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids: Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-D C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved): Azide Modification
Temperatura	°C	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017: Temperature: Laboratory and Field Methods
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure.

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que 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. 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.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev.N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 30 de Julio de 2020.

ANEXO 3

Panel fotográfico

Figura 25

Instalación del sistema de lodos activados

**Figura 26**

Bombas de aire y piedras difusoras utilizadas en el sistema de lodos activados

**Figura 27**

Sistema de lodos activados sin y en funcionamiento



Figura 28

Ubicación del letrero del proyecto sistema de lodos activados

**Figura 29**

Medición de caudal diario del sistema de lodos activados

**Figura 30**

Toma de muestras en los tres puntos de monitoreo (PM1, PM2 y PM3)



Figura 31

Medición del OD por personal del Laboratorio Regional del Agua

**Figura 32**

Muestras de laboratorio

**Figura 33**

Evacuación del lodo del sedimentador secundario

