



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL
MUNICIPAL DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ, 2015**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR:

MONSALVE MONTEZA, KAREN KELLY

ASESOR:

Dr. Herry Lloclla Gonzales

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

PERU2018

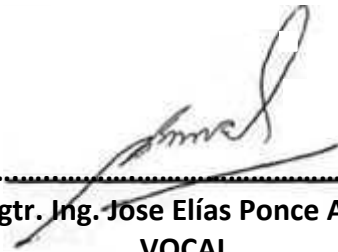
Página del Jurado



.....
Mgtr. Ing. César Zatta Silva
PRESIDENTE



.....
Mgtr. Ing. José Modesto Vásquez Vásquez
SECRETARIO



.....
Mgtr. Ing. Jose Elías Ponce Ayala
VOCAL

Dedicatoria

A Dios por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida, por ser mi guía y fortaleza, a mi madre por ser mi mentora en esta vida, por su ánimo constante y gran amor, a mi padre quien me ha inspirado el espíritu de superación y ha estado dispuesto a apoyarme durante el desarrollo de este trabajo, a mis amigos y aquellas personas que creyeron que lo lograría.

Kelly

Agradecimiento

A Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerza para superar todo obstáculo y dificultades a lo largo de mi vida.

A mis padres por su incondicional apoyo, confianza y amor depositados en mí, por velar por mi bienestar espiritual y temporal.

A mis docentes por las enseñanzas y apoyo en el transcurso de este trabajo.

La Autora

Declaratoria de Autenticidad

Yo Karen Kelly Monsalve Monteza con DNI N° 73961202, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Pimentel, Diciembre del 2015



Karen Kelly Monsalve Monteza
73961202

Presentación

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento antes ustedes la Tesis titulada “Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente para el Tratamiento de Aguas Residuales del Camal Municipal de José Leonardo Ortíz, 2015”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental

Karen Kelly Monsalve Monteza

Índice

Página del Jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Presentación	vi
Índice	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	14
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	15
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	17
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	24
1.6. HIPÓTESIS	24
1.7. OBJETIVOS	24
1.7.1 OBJETIVO GENERAL	24
1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
II. MARCO METODOLÓGICO	26
2.1. VARIABLES.....	26
2.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	26
2.1.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	26
2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	26
2.3. METODOLOGÍA	28
2.4. TIPO DE ESTUDIO.....	28
2.5. DISEÑO	28
2.5.1. NO EXPERIMENTAL.....	28
2.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	28
2.6.1. POBLACIÓN.....	28
2.6.2. MUESTRA	28

2.6.3.	MUESTREO	29
2.7.	DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DEL REACTOR RAFA	29
2.8.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	29
2.8.1	TÉCNICAS DE GABINETE	29
2.8.2	TÉCNICAS DE CAMPO	30
2.8.3	VALIDEZ	30
2.9.	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	31
III.	RESULTADOS	31
3.1.	Análisis Iniciales de los Parámetros Físico Químicos	33
3.2.	Análisis de los Parámetros Físico-químicos en los tres tiempos de retención hidráulica.....	33
3.2.1.	Demanda Química de Oxígeno	33
3.2.2.	Demanda Bioquímica de oxígeno	37
3.2.3.	Sólidos suspendidos totales	39
3.2.4.	Variación de pH	42
3.3.	Porcentaje de Remoción con respecto al análisis de cada parámetro Físico químico.....	44
IV.	DISCUSIÓN.....	47
V.	CONCLUSIONES	49
VI.	SUGERENCIAS.....	50
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	52
	ANEXOS	55
	Anexo I. Figuras.....	56
	Anexo II. Tablas.....	63
	Anexo III. Ficha Técnica de Recolección de Datos de parámetros de Agua Residual.	67
	Anexo IV. Normatividad.....	68
	Anexo IV. Resultados de laboratorio.....	70
	Anexo V. Guía de observación.....	74
	Anexo VI. Validación de instrumento de investigación.....	75
	Anexo VII. Constancia validación de instrumento de investigación	76

Índice de Tablas

Tabla N°1 Operacionalización de Variables	27
Tabla N° 2 Técnicas de Campo	30
Tabla N° 3 Análisis realizados en las condiciones iniciales del agua residual.....	33
Tabla N° 4 Análisis de DQO en el tratamiento de aguas residuales de camal municipal en un reactor UASB a tres TRH	34
Tabla N° 5 Análisis de varianza de DQO durante el tratamiento de aguas residual de camal municipal en un reactor UASB.....	35
Tabla N° 6 Prueba a Posteriori de Scheffé	35
Tabla N° 7 Análisis de remoción de DBO en el tratamiento de aguas residuales de camal municipal en un reactor UASB a tres TRH.....	37
Tabla N° 8 Análisis de varianza de DBO durante el tratamiento de aguas residual de camal municipal en un reactor UASB.....	38
Tabla N° 9 Prueba a Posteriori de Scheffé.....	38
Tabla N° 10 Análisis de SST en el tratamiento de aguas residuales de camal municipal en un reactor UASB a tres TRH.....	40
Tabla N° 11 Análisis de varianza de SST durante el tratamiento de aguas residual de camal municipal en un reactor UASB.....	41
Tabla N° 12 Prueba a Posteriori de Scheffé	41
Tabla N° 13 Análisis de pH en el tratamiento de aguas residuales de camal municipal en un reactor UASB a tres TRH	43
Tabla N° 14 Porcentaje de Remoción con respecto al TRH	44
Tabla N° 155 Características de las Aguas Residuales.....	63
Tabla N° 166 Principales Procesos de Tratamiento Aerobio	64
Tabla N° 177 Clasificación de los procesos de tratamiento anaerobio	64
Tabla N° 180 Valores máximos admisibles para aguas no domesticas.....	66

Índice de Figuras

Figura N° 1 Análisis de la Demanda Química de Oxígeno del agua residual, 2015.....	36
Figura N° 2 Análisis de la Demanda Bioquímica del agua residual, 2015	39
Figura N° 3 Análisis de Solidos Suspendidos Totales del agua residual, 2015	42
Figura N° 4 Análisis de pH del agua residual, 2015	44
Figura N° 5 Porcentaje de remoción de la demanda química de oxígeno.....	45
Figura N° 6 Porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno.....	45
Figura N° 7 Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales.....	46
Figura N° 8 Esquema de la Estructura del Reactor U.A.S.B.....	56
Figura N° 9 Cuerpo de agua natural afectado por vertidos sin tratamiento.....	56
Figura N° 10 Peligros generados por el vertimiento de agua residual sin tratar hacia la fauna aledaña	57
Figura N° 11 Condiciones actuales del Camal Municipal de J.L.O.....	57
Figura N° 12 Vertidos eliminados en sistema de tratamiento ineficiente	58
Figura N° 13 Construcción del RAFA, deflector y sedimentador.....	58
Figura N° 14 Campana Colectora y desfogue de gas metano.....	59
Figura N° 15 Implementación del RAFA.....	59
Figura N° 16 Medición Final para verificación del diseño	60
Figura N° 17 Alimentación con lodos	60
Figura N° 18 Medición del flujo volumétrico.....	61
Figura N° 19 Operación del RAFA.....	61
Figura N° 20 Toma de Muestras de Agua.....	62
Figura N° 21 Muestra lista para ser analizada.....	62

RESUMEN

La tesis titulada “Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente para el Tratamiento de Aguas Residuales del Camal Municipal de José Leonardo Ortíz, 2015” se llevó a cabo en el Campus de la Universidad César Vallejo. Este proceso se realizó en un período de dos meses aproximadamente desde el 21 de septiembre del 2015 hasta el 06 de noviembre del 2015, el cual tuvo como objetivo investigar la eficiencia de un reactor anaeróbico de flujo ascendente con manto de lodos (UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket) en el tratamiento las aguas residuales del camal municipal de José Leonardo Ortiz de Chiclayo.

El tratamiento se aplicó al agua residual del camal después de su tratamiento primario, que constó básicamente en la separación de sólidos de tamaño mayor a 0.75 mm. Para la fase de adaptación y arranque del biorreactor se empleó una muestra de 200 litros de agua residual. Para la fase de operación se trabajó con una muestra de 100 litros. El UASB construido tuvo forma cilíndrica con una altura total de 1.50 m y 10 cm de diámetro, un volumen de trabajo de 11.7 litros, del cual 2.4 litros estuvo formado por lodos previamente conseguidos de una laguna de oxidación de San José a 1 m de profundidad. En operación se tuvo cuidado de emplear tres tiempos de retención hidráulica (TRH) de 10, 20 y 30 horas. En fase de operación continua se tomaron muestras cada 3 horas, después de pasado 24 horas de operación para cada una de los TRH. Para establecer si hay diferencia significativa entre los tres TRH aplicados se utilizó un análisis de varianza con ayuda del programa estadístico SPSS.

Los resultados obtenidos permitieron evidenciar una reducción de contaminación en los parámetros considerados en el estudio indicando para DQO (90.43 %), DBO (73.84%), Sólidos Totales Suspendidos (93.41%), y datos cercanos a la neutralidad para el pH, por lo que se concluye que el UASB es un biorreactor de alta eficiencia y se puede aplicar para el tratamiento de aguas residuales de un camal.

Palabras claves: UASB; Tratamiento de Agua Residual, DBO, DQO

ABSTRACT

The thesis titled "Anaerobic Reactor of Upflow for the Treatment of Wastewater of the Municipal Camal of José Leonardo Ortíz, 2015" was carried out in the Campus of the University César Vallejo. This process was carried out in a period of four months from July 6, 2015 to November 2, 2015, which aimed to investigate the efficiency of an upflow anaerobic reactor with sludge blanket (UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket) in the treatment of sewage from the municipal road of José Leonardo Ortiz de Chiclayo.

The treatment was applied to the residual water of the camal after its primary treatment, which basically consisted of the separation of solids larger than 0.75mm. A sample of 200 liters of waste water was used for the adaptation and start-up phase of the bioreactor. For the operation phase, a sample of 100 liters was used. The UASB had a cylindrical shape with a total height of 1.50 m and 10 cm in diameter, a working volume of 12 liters, of which 2.4 liters was formed by previously obtained sludge from an oxidation lagoon of San José at 1 m depth. In operation, three hydraulic retention times (HRT) of 10, 20 and 30 hours were used. In the continuous phase of operation, samples were taken every 3 hours, after 24 hours of operation for each HRT. To establish if there was a significant difference between the three HRTs applied, an analysis of variance was used with the help of the SPSS statistical program.

The results obtained showed a reduction of contamination in the parameters considered in the study, indicating for COD (90.43%), BOD (73.84%), Total Suspended Solids (93.41%), pH (18.46%), which concludes that UASB is a high efficiency bioreactor and can be applied for wastewater treatment of a camal.

Key Words: UASB; Waste water treatment, DBO, DQO

I. INTRODUCCIÓN

(LARA, 2011), define que el aumento del desarrollo poblacional y la gran demanda del recurso hídrico generan la contaminación de las aguas y el desequilibrio del ecosistema marino, es por ello que este tema requiere de estudios urgentes para que se puedan tomar medidas que contribuyan con la recuperación de las aguas residuales y que finalmente se le dé un uso productivo en el desarrollo de la vida terrestre.

(COMISIÓN EUROPEA, 2003) menciona que los aspectos más relevantes vinculados a los procesos que se realizan en un matadero a nivel mundial son, habitualmente, *“el consumo de agua, el vertimiento de líquidos con alta carga orgánica al agua, el consumo de energía asociado al agua de calefacción y refrigeración”*. Asimismo la sangre posee la DQO más elevada de todos los líquidos residuales derivado tanto de mataderos de ganado como de aves. Los olores derivados, del almacenaje y manipulación de la sangre y de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), son los impactos más significativos que muestran la problemática ambiental más cotidiana en un camal.

(RPP Noticias, 10 abril 2014) recalcó que los problemas generales mencionados anteriormente que ocurre en todo tipo de camal se ve acrecentado en algunos camales de nuestro país donde los niveles de contaminación sobrepasan los límites máximos permisibles. Se tiene información que SENASA ha cerrado en los últimos años camales ubicados en distintos lugares del país, por el motivo principal que no asegura las condiciones de salubridad por el alto grado de contaminación de las instalaciones. Recientemente SENASA ha cerrado cinco de 27 camales existentes en la región Lambayeque, y está en observación los camales de José Leonardo Ortiz, Pomalca y Chiclayo.

En algunos países desarrollados los estándares de calidad de los camales y mataderos se cumplen a cabalidad. En nuestro país contamos con el Reglamento Tecnológico de Carnes (D.S N° 22-95-AG) el cual en el anexo N°2 establece las instalaciones mínimas con las que debe contar un camal pese a eso aún no se está cumpliendo con dichos estándares, problema que en nada parece interesar a las autoridades municipales y salud pública.

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

(ZUÑIGA, 2010) informa que en la ciudad de Chiclayo un claro ejemplo de la realidad actual nos muestra que los camales son establecimientos precarios sin mayor aplicación de medidas para reducir al mínimo la contaminación no solo de los productos, sino también del medio ambiente y de la población a través del consumo de carnes de poca calidad físico, químico y microbilógica, cuyas consecuencias se evidencian en la afección de la población consumidora mediante diversas enfermedades transmitidas de manera directa o indirecta como producto de la escasa salubridad de éstos establecimientos.

El distrito de José Leonardo Ortíz (JLO), de la provincia de Chiclayo cuenta con un camal donde se sacrifica ganado vacuno, caprino y porcino, en una cantidad considerada, además existe un sistema de recolección de agua residual deficiente y en la actualidad todas las aguas residuales con muy alto contenido de materia orgánica se vierte directamente al dren **3710**, sobrepasando los Valores Máximos Admisibles para aguas no domesticas (D.S. N° 021- 2009- VIVIENDA) y cuyas aguas van parar directamente al mar.

Las aguas residuales generadas de las actividades de la matanza del ganado vacuno han provocado un impacto significativo causando la contaminación de las aguas superficiales en el Perú. Estas aguas poseen una carga orgánica que inducen a la variación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua y suelo originando un desequilibrio ecológico que difícilmente se puede revertir en un corto plazo. Por esta razón es necesario e indispensable contar con un sistema de tratamiento para estos centros de beneficio (camales) que permita la reducción de contaminantes y el cumplimiento de la legislación ambiental vigente.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

(LETINGA et al., 1980) expresa que como parte de las tecnologías utilizadas en el mundo para el tratamiento de aguas residuales provenientes de camales, el reactor anaerobio de flujo ascendente conocido como RAFA o con sus siglas en inglés UASB se caracterizan por remover altas cargas orgánicas es por ello que se recomienda este tipo de sistema, el cual garantiza la reducción de parámetros fisicoquímicos que se ven alterados después de actividades en los centros de beneficio municipal de ganado.

(MUÑOZ, 2005) resalta la importancia que se le debe dar al tratamiento de los desechos y las aguas residuales provenientes de mataderos o camales, ya que esto no sólo sería parte del cumplimiento de los estándares ambientales establecidos sino también es una necesidad ambiental, económica y de higiene pública. Asimismo afirma que: *“La principal fuente de contaminación de las aguas residuales de los camales se origina de las heces, orina, sangre, pelusa y lavazas”*.

Existen investigaciones tales como la de (REYES, 2009) quién en su trabajo “Tratamiento de aguas residuales provenientes de rastro mediante un sistema de degradación anaerobio-aerobia” determinó que para la etapa de arranque y estabilización los procesos biológicos anaerobios se llevaron a cabo siguiendo una estrategia de aclimatación de la biomasa. Esa estrategia consideró básicamente el manejo de tres porcentajes diferentes de agua de rastro antes de llegar a la alimentación al 100%. El aumento en el porcentaje alimentado de agua de rastro se realizó una vez que el sistema alcanzará una eficiencia del 80%. El periodo de aclimatación fue de 118 días para el UASB. En base a estos estudios es necesario que antes de la etapa de operación del reactor anaerobio de flujo ascendente se lleve a cabo un tiempo para la adaptación de los microorganismos que se pueda realizar un eficiente tratamiento del agua.

(QUISPE, 2014) en su investigación “Estudio de la remoción de carga orgánica en un reactor anaerobio de manto de lodos de flujo ascendente con digestor de lodos aplicado a una localidad ubicado a una altitud de 3800 msnm” trabajó tres etapas para analizar el comportamiento de los parámetros del UASB.

En la primera etapa se logró estabilizar el lodo anaerobio y las condiciones de operación óptimas para el reactor UASB. Para la segunda etapa se experimentó con diferente tiempo de retención hidráulica: 4-6-8-10-12-14 para el reactor, en la última etapa se determinó la eficiencia con relación al TRH, en el cual se indicó que : *“con 12 horas se logró una remoción de 52% de carga orgánica, 79% de turbiedad, 76% de sólidos suspendidos totales, 52 % DQO y 57 % DBO, se puede concluir con éstos datos que a mayor tiempo de retención hidráulica la remoción de contaminantes en el sistema anaerobio es mejor”*.

En la Universidad Nacional de Colombia, (CAICEDO, 2006) realizó un trabajo en el cual usó el sistema UASB para tratar lixiviados del relleno sanitario La Esmeralda de la ciudad de Manizales, en su investigación determinó que en la etapa de arranque del sistema alcanzó una remoción de 82% para DQO y 92% para DBO5, por ello es importante que antes que se lleve la operación del sistema, primero se lleve a cabo una previa etapa que permita la adaptación y desarrollo de la biomasa que va ayudará a la degradación de contaminantes.

Coincidiendo con los estudios ya mencionados (VILLEGAS, 2004) en su investigación hace mención que el reactor UASB tiene la capacidad de obtener elevadas eficiencias expectables en la disminución de DBO5 (60- 80%), además que es una tecnología factible, ya que el uso de energía no es indispensable, su instalación requiere de espacios reducidos y no es necesario la mano de obra especializada, esta misma teoría es ratificada por (SIERRA Y VIVAS, 2005), manifestando que una de las ventajas para el tratamiento de efluente cárnicos es que el sistema RAFA o UASB tiene operaciones de diseño asequibles, por lo tanto su construcción también lo es.

En los resultados obtenidos en la investigación de (CALDERA, et al. 2003), se definió la eficiencia del reactor anaerobio de flujo ascendente para el tratamiento de efluentes cárnicos, donde se obtuvo una remoción de DQO de 79%, además a pesar que trabajó con diferentes tiempos de retención hidráulica de 36,24 y 12 horas no afectó la obtención de metano que se generó en un rango de 59 a 64 %. Esta generación de gas que se produce como sub producto del tratamiento puede utilizarse como una fuente de energía.

(SIERRA Y VIVAS, 2005), determinó que el haber inoculado lecho anaerobio provocó una aceleración en el proceso de arranque del sistema biológico esto con relación a otros sistemas anaerobios que tienen un tiempo de duración de 6 meses. Cabe mencionar que al aplicar el sustrato (agua residual) no todos los lodos anaerobios tienen la misma respuesta de actuar rápidamente. Adicionalmente el sistema mantuvo el efecto “buffer” en el agua a tratar, lo que permitió mantener pH's cercanos a la neutralidad.

Para (MALDONADO Y RAMÓN, 2010), explica los sistemas de alcantarillado sanitario y los cuerpos receptores se ven afectados por los efluentes provenientes de mataderos de ganado vacuno y porcino, por ello llevaron a cabo un proyecto piloto a escala de laboratorio conformado por un filtro anaerobio de flujo ascendente donde comprobaron que: “el sistema permitió tratar aguas residuales industriales con buenas eficiencias en la remoción de materia orgánica(92-97% DBO5 y 87.72-94.5% DQO) con un TRH entre 2 a 3 días”, en conclusión con estos estudios el TRH tiene un efecto directo en la eficiencia del sistema empleado, permitiendo que la concentración de DBO y DQO disminuyan.

Es importante también según lo señala (BECERRA, et al. 2014), que previo a la aplicación de una propuesta tecnológica para el tratamiento de efluentes derivados de camales o mataderos de ganado, se debe hacer un pre análisis o una caracterización de las aguas para que de esa manera se pueda definir la mejor alternativa a implementar, esto basado en los parámetros básicos de dicho recurso.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

Existen varios tipos de tratamiento y lo que la ecoeficiencia busca es integrar varios aspectos que contribuyan al cumplimiento de los objetivos de un sistema de tratamiento para aguas residuales basado en los siguientes criterios: menor empleo de área, menor uso de energía eléctrica, menor uso de insumo y reducción de la cantidad de lodos como subproducto, generar biogás y reuso de las aguas tratadas (MINAM, 2009). Es por ello que para esta investigación se ha optado por la selección para el diseño, operación e implementación de un reactor anaerobio de flujo ascendente.

Para (GREFA, 2013) “las aguas residuales son aguas provenientes del sistema de abastecimientos de aguas de una población, después de haber sido alteradas en sus propiedades por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias”.

(SEOÁNEZ, 2000), explica que las aguas residuales pueden clasificarse de acuerdo al tipo de componentes como: físicos, químicos y biológicos; (Ver Tabla N°15) este tipo de clasificación o caracterización del efluente tiene una gran relevancia ya que permitirá determinar los sólidos que transporta y las cargas orgánicas, consecuentemente contribuirá en la selección de operaciones y tratamiento más eficiente y económico.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) expresa que:

En cuanto a la contaminación las aguas del país considera que es: la acumulación de diversos elementos y sustancias aportados por vertimiento de aguas residuales crudas o sin tratamiento que sobrepasan la capacidad de asimilación y/o autodepuración del cuerpo receptor generando concentraciones en el cuerpo de aguas que exceden los estándares de calidad normado en la zona sometida a regulación”. Asimismo Clasifican la contaminación del líquido elemento de tres maneras: contaminación por vertimientos urbanos, industriales, mineros y agrícolas, dentro de la segunda clasificación se encuentran los efluentes provenientes de camales, mataderos y centros de beneficios de carne. (p.10)

Esta entidad en un informe en el 2015 señala que la cantidad de agua residual producida al año es de 960,5 MMC/año (30 m³/s) y de éstas solo el 20, 62 % son tratadas por lo que 761 MMC/año son arrojados de manera directa a ríos, lagos y zonas marino costeras, lo que sucede en el caso de las aguas residuales provenientes del camal municipal de José Leonardo Ortíz.

Cuando se da la contaminación a los cuerpos receptores por aguas residuales se analizan tres aspectos básicos; el primero se refiere a la concentración del grupo coliforme que refleja el riesgo relativo de

infección; el segundo alude a la calidad física y química del aguas, sobre todo lo relacionado con el contenido de materia orgánica en solución, suspensión o en estado coloidal, la presencia de grasas o aceites, de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo y de sustancias tóxicas como los metales pesados. El tercero se refiere a los objetivos de calidad de aguas en función de sus usos, entre los cuales se puede citar el uso humano, el doméstico, la preservación de la flora y fauna, el agrícola y el recreativo. (CASTOR, 2003 p.16)

(BERNAL Y CARDONA, 2003) menciona que muchos autores precisan que el propósito fundamental del tratamiento de las aguas residuales es el de preservar la salud, incentivar el bienestar de las personas y resguardar el ambiente. “Otros sin embargo señalan que el objetivo es cambiar las características del agua de tal manera que el efluente tratado cumpla con los requisitos específicos en la legislación, para ser vertido en un cuerpo receptor sin causar impactos adversos en el ecosistema o pueda ser reutilizado en otras actividades”

Frente a este problema (BOBURG, 2010) menciona que existen diversos grados de tratamiento de aguas residuales procedentes de camales municipales y según las condiciones disponibles se pueden emplear cuatro categorías, a saber: Pre-tratamiento: en el cual se impide la interferencia de grasas y arenas en los tratamientos posteriores mediante el acondicionamiento de las aguas. Tratamiento primario: donde se aminoran los sólidos de diferente tipo y, realiza cierto tratamiento biológico, sólo en algunos casos.

(GRACIA Y CORSO, 2008) señala que *“el tratamiento primario permite una remoción del 60 a 65 % de sólidos sedimentables y hasta un 30 a 35 % de sólidos suspendidos presentes en el agua residual y también se puede conseguir una reducción de la contaminación bacteriológica”*. Este tipo de tratamiento incluye procesos como: filtración, tamizado, lagunas, fosas sépticas y tanques imhoof

(GRACIA Y CORSO, 2008) expresan que: “el tratamiento Secundario o tratamiento biológico facilita la digestión y posterior estabilización de lodos. Entre los procesos más utilizados están: lodos activados, filtros percoladores, lagunas

de estabilización y aireadas, así como el tratamiento biológicos empleando oxígeno puro y tratamiento anaeróbico”. Se llega a una eficiencia de hasta 90 % o más de DBO gracias a los tratamientos biológicos de estas categorías.

El tratamiento biológico aerobio de las aguas residuales es un proceso de respiración de oxígeno en el cual el oxígeno libre es el único aceptor final de electrones. En este proceso la materia orgánica es transformada en formas estables, como: dióxido de carbono, fosfatos, nitratos, así como en otras formas estables por las bacterias aerobias.

(IBID, 2009) expresa que en el tratamiento aerobios de las aguas residuales los organismos que juegan un papel fundamental son las bacterias ya que tienen la capacidad de oxidar la materia orgánica, además se desarrollan sin dificultad en aguas residuales llegando a elaborar una capa gelatinosa con buenas características que sirvan para la remoción de la materia orgánica.

La clasificación de los sistemas de tratamiento biológico tipo aerobio depende de dos aspectos: del tipo de crecimiento biológico y el régimen de flujo predominante. (Ver Tabla N°16).

(BERNAL Y CARDONA, 2003) declaran que el proceso de depuración biológico anaerobio descompone la materia orgánica en ausencia de oxígeno u otros agentes oxidantes fuertes, mediante la acción de microorganismos. El biogás resulta como subproducto de este tratamiento, cuya composición es metano CH_4 y dióxido de carbono CO_2 en un 95%, y también nitrógeno, hidrógeno, amoníaco y sulfuro de hidrógeno, usualmente en proporciones inferiores al 1%.

La conversión biológica de la materia orgánica presente en el agua residual se produce en cuatro etapas; la primera etapa del proceso está la transformación por vía enzimática (Hidrólisis) de los compuestos de alto peso molecular en compuestos que puedan servir como fuentes de energía y de carbono celular; la segunda etapa (Acidogénesis), implica la conversión bacteriana de los compuestos producidos en la hidrólisis en compuestos intermedios identificables de menor peso molecular, la

tercera etapa (Acetogénesis), trata los productos finales de la fermentación, los toman dentro de sus células y los oxidan anaeróbicamente, para luego ser excretados fuera de la célula; la cuarta etapa (Metanogénesis) consiste en la transformación bacteriana de los compuestos intermedios en productos finales más simples como por ejemplo metano y dióxido de carbono. (ROMERO, 1981) (Ver Tabla N°18).

“Desde tiempos remotos, la digestión anaerobia se ha venido aplicando con notorio éxito en el manejo de residuos agropecuarios, especialmente a través de los denominados biodigestores” (McCARTY, 1985). Ya con los años se ha ido diversificando su uso, por ejemplo en la estabilización de lodos de purga de plantas de tratamiento convencionales, y en las tres últimas décadas, su uso ha servido para tratar directamente las aguas residuales de origen doméstico e industrial mediante sistemas como el UASB.

(BORZACCONI, 1994) menciona que “aunque desde comienzos de los ochenta la efectividad de la tecnología anaerobia de tipo UASB ha sido comprobada en países en vías de desarrollo en el pretratamiento de aguas residuales domésticas, su mayor aplicación se presenta en vertimientos industriales”. La Figura N°9 muestra de manera esquemática la estructura del reactor UASB.

En lo que concierne al tratamiento efluentes de mediana concentración (DQO > 1500 mg/l) el uso de tratamiento anaerobio es más económico que el tratamiento aerobio (en relación a equipos y consumo de energía). En el caso de desechos con baja concentración, como el de tipo doméstico, depende mucho de la temperatura del agua; para aplicaciones a gran escala el tratamiento anaerobio se convierte en poco competitivo frente al tratamiento aerobio a temperaturas bajo 12 °C, ya que la actividad metanogénica llega a ser demasiado pobre.

Algunas de las ventajas del tratamiento anaerobio es la producción del gas metano como fuente energética, la retención de biomasa sin necesidad de soporte, gracias a la formación de gránulos o flóculos con buena capacidad de sedimentación y la baja producción de lodo biológico; además este sistema produce energía es especialmente interesante con el tratamiento de desechos altamente concentrados. También existe la posibilidad de trabajar a tiempos de retención hidráulica inferiores, por lo cual se requiere menos espacios para la planta anaerobia en comparación con la unidad de tratamiento aerobio. Esto podría ser un importante argumento para industrias en zonas urbanas. (VÁSQUEZ, 2013)

El reactor UASB basa su funcionamiento bajo un principio, en el cual el flujo pasa por la parte inferior del sistema y fluye a través de un manto de lodos por todo el reactor, la composición de este lodo es de granos biológicos o partículas de microorganismos que poseen características sedimentables muy buenas

La parte superior el reactor está conformado por unos baffles y una campana. La función primordial de los baffles es la de separar el gas de las partículas, su liberación ocurre como consecuencia del choque de las partículas con la superficie de los baffles en el momento en que estas se eleva. El gas sale por la campana y los granos ya desgasificados caen nuevamente sobre el manto de lodos y efluente es evacuado por una tubería que está instalada en la parte superior del reactor.

El reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodo contiene una biopelícula fija sin medio de empaque o soporte, con una cámara de digestión que tiene flujo ascendente y a cierta altura se desarrolla un manto de lodos anaerobios que es altamente activa y en el cual se da la estabilización de la materia orgánica del afluente hasta CH_4 y CO_2 . Además describe que la operación de los reactores UASB se basa en la actividad autorreguladora de diferentes grupos de bacterias que degradan la materia orgánica y se desarrollan en forma interactiva, formando un lodo biológicamente activo en el reactor. Dichos grupos

bacterianos establecen entre si relaciones simbióticas de alta eficiencia metabólica bajo la forma de gránulos cuya densidad les permite sedimentar en el digestor. La biomasa permanece en el reactor sin necesidad de soporte adicional. (CAICEDO, 2006.)

Por último, según el fin de reuso del agua residual proveniente de un tratamiento secundario, se elige y aplica un tratamiento de pulimento o llamado también terciario, el cual consiste en la depuración de agua mediante procesos químicos y físicos especiales, para eliminar contaminantes como: nitrógeno, fósforo, virus, compuestos orgánicos, entre otros. Este tipo de tratamiento se utiliza en casos más particulares ya que es más costoso que los anteriores, su uso se aplica por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias. (Manual de mantenimiento preventivo en los sistemas de abastecimiento de aguas. Cap 10).

Es importante precisar lo descrito por BOBURG, C. (2010), cuando menciona que “es primordial conocer los procesos que se elegirán para tratar el agua residual de una localización o industria ya que estos se examinarán de acuerdo a la capacidad de disminución de agentes contaminantes de cada proceso específico”. Asimismo recalca que no es necesaria la construcción de todos los procesos de tratamiento en una planta, sino aquellos que sean de utilidad para la localidad o industria, al eliminar los contaminantes. Por ejemplo, no tiene sentido construir un proceso primario, en una industria que produce agua residual coloreada, ya que ésta no contiene sólidos gruesos, sino únicamente agua con colorante.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La implementación y funcionamiento de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA), garantizará el tratamiento de aguas residuales del camal Municipal de José Leonardo Ortiz- Chiclayo?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La generación de información que se desarrolle en la presente investigación será útil para la implementación de soluciones en esta industria y de esta manera contribuir a la disminución del estado de contaminación de las aguas superficiales causado por la falta de aplicación de tratamientos adecuados en los camales municipales del país. La aplicación del UASB a los efluentes provenientes del camal municipal de JLO permitirá obtener un agua que se puede reusar para regadío u otros fines. Asimismo se aporta conocimiento científico ya que se va a manipular variables como el TRH para determinar la efectividad del reactor. El aporte social radica en que si estas aguas residuales, fuente de vectores de enfermedades, reciben un debido tratamiento se disminuye factores como malos olores, presencia de moscas y otros en la población cercana. Tecnológicamente podemos afirmar que sería uno de los primeros reactores implementados para tratar aguas contaminadas en los camales de la región, y al tratar éstas aguas provenientes de ésta fuente de contaminación se estaría cumpliendo con la Normatividad Ambiental Peruana vigente.

1.6. HIPÓTESIS

La ejecución de un reactor RAFA, garantizará un tratamiento adecuado de las aguas residuales del camal municipal de José Leonardo Ortiz – Chiclayo.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1 OBJETIVO GENERAL

-) Evaluar la eficiencia de un reactor UASB en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de José Leonardo Ortiz.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-) Medir los parámetros Físico- Químicos del agua residual en sus condiciones iniciales del Camal Municipal de J.L.O para determinar el grado de contaminación que existe.

-) Diseñar e Implementar un Reactor Anaerobio de flujo Ascendente.
-) Medir los parámetros Físico- Químicos en tres Tiempos de Retención Hidráulica (TRH).
-) Determinar el TRH más óptimo.
-) Determinar la capacidad de remoción DBO y DQO del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) para los diferentes tiempos de retención hidráulica.
-) Comparar resultados de carga contaminante de los vertidos con los valores máximos permisibles para aguas servidas

II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. VARIABLES

2.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Reactor RAFA.

2.1.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Tratamiento de las aguas residuales.

2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla N°1 Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Instrumento
Independiente: Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)	“El reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodo es un reactor de biopelícula fija sin medio de empaque o soporte, con una cámara de digestión que tiene flujo ascendente y a cierta altura se desarrolla un manto de lodos anaerobio que es altamente activa y en el cual se da la estabilización de la materia orgánica del afluente hasta CH ₄ Y CO ₂ ” (CAICEDO, 2006).	La operación de los reactores anaerobios de flujo ascendente se lleva a cabo bajo el principio de degradación de la materia orgánica y se desarrollan de manera interactiva, creando un lodo activo en el sistema. Dichos grupos bacterianos crean entre sí relaciones simbióticas de alta eficiencia metabólica bajo la forma de gránulos cuya densidad ocasiona una actividad de sedimentación en el digestor.	Lodo activados	Tipo de lodo: anaerobio	Guía de Observación
			Agua Residual	Control Afluente Control Efluente	
			Tiempo de Retención Hidráulica	Horas	
Dependiente: Tratamiento de Aguas Residuales	“Procesos necesarios para alcanzar una calidad físico-químico-biológico adecuada, le da una calidad al agua de acuerdo con el reuso que se le pretenda dar a las aguas residuales (remoción de sólidos suspendidos, compuestos orgánicos, compuestos inorgánicos, nutrientes y microorganismos patógenos)” . (GLAVÁN, 2007)	Conjunto de procesos físico- químicos y biológicos cuya finalidad es disminuir o eliminar los contaminantes y su concentración presente en el agua residual.	Características Físico-químicas	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Ficha de Recolección de Datos
				Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	
				Sólidos Suspendidos Totales (SST)	
				pH	

2.3. METODOLOGÍA

Observacional, ya que su objetivo fundamental es la comprobación del fenómeno que se tiene frente a la vista, tal como se presenta, sin modificarlo o actuar sobre él, para ello se establece un control que pretende que la variable independiente sea la única responsable directa de los valores de la variable dependiente.

2.4. TIPO DE ESTUDIO

Aplicada porque todos los conocimientos que se han generado en esta investigación respecto al tratamiento de las aguas generadas en el camal de J.L.O han dado solución a un problema práctico de la realidad que se pretende investigar.

2.5. DISEÑO

2.5.1. NO EXPERIMENTAL

“Investigación no experimental ya que los estudios que se han realizado son sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observó los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos” (SAMPIERI, 2010).

2.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

2.6.1. POBLACIÓN

Se consideró el total de las aguas residuales producidas en el camal municipal de J.L.O., después de haberse realizado las actividades en dicho establecimiento. Este volumen asciende a un total de 18000 litros por día repartido en dos turnos.

2.6.2. MUESTRA

Estuvo constituida por 300 litros de las aguas residuales. 200 litros para el periodo de adaptación del reactor UASB y 100 litros para el proceso experimental.

2.6.3. MUESTREO

El tipo de muestreo de la presente investigación fue no probabilístico de conveniencia ya que se ha seleccionado directa e intencionadamente la muestra de la población, considerando factores como el volumen del reactor y la accesibilidad de la muestra.

2.7. DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DEL REACTOR RAFA

El diseño se basó en el tiempo de retención hidráulica máximo que se ensayó, es decir 30 horas. Para este tiempo se controló un flujo volumétrico de 6.5 mL/min, lo que determinó un volumen de trabajo de 11.7 litros. De acuerdo al diámetro del equipo (4 pulg), la altura del reactor de diseño fue de 144.3 cm, y por conveniencia se consideró una altura de 1.50 m. La altura del lecho, según recomendación de diseño se consideró el 20% del volumen de trabajo, es decir 2.4 litros. Para los otros tiempos de retención hidráulica se varió el valor del flujo volumétrico, el cual se reguló con un equipo de venoclisis a valores de 9.75 ml/min y 19.5 ml/min para los tiempos de retención hidráulica de 20 h y 10 horas respectivamente.

Para el arranque del reactor RAFA se utilizó un flujo continuo de 6.5 litros/min durante 21 días para lo cual se empleó un volumen total de 200 litros de agua residual previamente filtrada. Luego se inició el arranque con 100 litros de agua residual utilizando diferentes tiempos de retención hidráulica: 6.5, 9.75 y 19.5 ml/min.

2.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de información del presente proyecto de investigación se utilizó las técnicas que se muestran a continuación:

2.8.1 TÉCNICAS DE GABINETE

Técnicas de fichaje: Permitió recopilar toda clase de información teórica - científica la cual contribuyó a un mejor manejo de la

información de tal manera que se pueda orientar con eficacia el trabajo de investigación.

Los tipos de fichas que se emplearon fueron:

-) **Fichas textuales:** Sirvió para la transcripción literal de contenidos de la versión original de más interés.
-) **Fichas bibliográficas:** Ayudó a recopilar datos importantes de los diversos libros, que sirvieron para la investigación.
-) **Fichas de resumen:** Para sintetizar los contenidos teóricos de fuentes escritas relacionadas a la investigación.
-) **Fichas de comentario:** Contribuyó en la anotación de algunos comentarios importantes de las investigaciones con respecto a la información que se recopile.

2.8.2 TÉCNICAS DE CAMPO

Tabla N° 2 Técnicas de Campo

Técnica	Instrumento
Muestreo y Análisis de las aguas residuales del Camal Municipal de J.L.O	Laboratorio de Calidad de la Universidad César Vallejo.
Análisis de las muestras del agua residual tratada con el sistema RAFA	Laboratorio de Calidad de la Universidad César Vallejo
Recolección de datos sobre el camal Municipal de José Leonardo Ortíz.	Entidades públicas.
Observación	Ficha de recolección de datos Guía de observación

2.8.3 VALIDEZ

La validación se realizó por el laboratorio de Calidad de la Universidad César Vallejo.

2.9. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Para el procesamiento de nuestros datos a nivel descriptivos se utilizó medidas, tablas y gráficos propios de la estadística descriptiva que se procesaron con el programa de Excel 2010 y SPSS versión 20.

III. RESULTADOS

En esta sección se muestra los resultados sobre la eficiencia, obtenidos para los diferentes parámetros de control del reactor UASB: DQO, DBO, SST y pH.

Teniendo en cuenta que se utilizó tres tiempos de retención hidráulica (TRH), los resultados se muestran para cada parámetro, seguido del análisis de varianza para determinar si existe diferencia entre los valores promedios obtenidos de cada parámetro de control.

Los parámetros fisicoquímicos del agua residual fueron analizados mediante análisis volumétricos, que consiste en determinar la concentración de una sustancia mediante valoración, que viene a ser el cálculo de volumen necesario de una sustancia de concentración conocida que ha de reaccionar completamente con la sustancia a analizar. La medición del pH se realizó in situ con un pHmetro marca HANNA, para la medición de temperatura se realizó con el mismo instrumento (pHmetro) y su valor fue casi invariable (24 °C – 25°C) .

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO:

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) corresponde a la cantidad de oxígeno consumido para la degradación bioquímica de la materia orgánica contenida en la muestra, durante un intervalo de tiempo específico y a una temperatura determinada. La determinación de este parámetro consiste en que la muestra o una dilución adecuada de la misma, es incubada por 5 días a 20°C en la oscuridad. Se mide la concentración de oxígeno disuelto antes y después de la incubación, y el consumo de oxígeno corresponde a la demanda bioquímica de oxígeno. (DINAMA, 1996)

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO:

La demanda química de oxígeno (DQO) es la medida de oxígeno equivalente a la materia orgánica que es susceptible a ser oxidada por un oxidante químico fuerte, en condiciones específicas de temperatura y tiempo. La determinación de este parámetro se basa en que la muestra se oxida con una cantidad conocida de dicromato de potasio en exceso, en medio ácido y con catalizadores. El dicromato de potasio remanente es determinado espectrofotométricamente a 600 nm. (DINAMA, 1996)

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES:

Los sólidos en suspensión son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton. Los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua. (SAWYER Y MAC GRAW, 2000)

La determinación de este parámetro se realiza con la recolección de la muestra en botellas de vidrio o plástico que tengas la capacidad de un 1 L, luego la muestra se lleva a refrigerar a 4°C, se recomienda analizar antes de 24 horas, con un máximo de 7 días de haber realizado el muestreo. (DINAMA, 1996)

PH:

El pH o la actividad del ión hidrógeno indican a una temperatura dada, la intensidad de las características ácidas o básicas del agua. El método consiste en la determinación de la actividad de los iones hidrógeno por medidas potenciométricas usando un electrodo combinado o un electrodo estándar de hidrógeno de vidrio con un electrodo de referencia. (DINAMA, 1996)

En cuanto a la medición de este parámetro es recomendable la medición in situ, de modo que no se modifique los equilibrios iónicos debido al transporte o una permanencia prolongada en recipientes, cambia cuando es llevado al laboratorio, el método aplicado en in situ es método electrométrico. (SAWYER Y MAC GRAW, 2000)

3.1. Análisis Iniciales de los Parámetros Físico Químicos

Tabla N° 3 Análisis realizados en las condiciones iniciales del agua residual

Parámetros	Unidades	Métodos	Análisis iniciales	VMA
DBO	mg/L	Volumétrico	1456	500
DQO	mg/L	Volumétrico	2185	1000
Sólidos totales en Suspensión	mL/L	Cono IMHOFF	646	500
pH	Unidad	pH-método electrométrico	6.5	6,5-8,5

Fuente: Análisis Físico-químico del Agua Residual. Fecha: 15/10/15

Tabla N° 3 Los datos obtenidos en el análisis inicial el agua residual del Camal Municipal de José Leonardo Ortiz superan los VMA del DS.021- 2009-VIVIENDA

3.2. Análisis de los Parámetros Físico-químicos en los tres tiempos de retención hidráulica

3.2.1. Demanda Química de Oxígeno

La DQO se midió en ppm o mg/litro y los resultados se muestra en la Tabla N°4

Tabla N° 4 Análisis de DQO en el tratamiento de aguas residuales de camal municipal en un reactor UASB a tres TRH

Tiempo de retención hidráulica	DQO influente	DQO efluente	% de remoción
10 horas	2185	522	76.11
		531	75.69
		507	76.79
		520.0	76.20
20 horas	2185	370	83.06
		435	80.09
		353	83.33
		386.0	82.33
30 horas	2185	301	86.22
		237	89.15
		209	90.43
		249.0	88.60

Fuente: Análisis Químico del Agua Residual. Fecha: 27/11/15

Tabla N° 4 Análisis fisicoquímicos distribuidos en 3 Tiempos, se tomó tres muestras por cada tiempo para ver la variación de la demanda química de oxígeno, además se determinó el promedio y el porcentaje de remoción para cada Tiempo de Retención Hidráulica.

Tabla N° 5 Análisis de varianza de DQO durante el tratamiento de aguas residual de camal municipal en un reactor UASB

ANOVA de un factor sin bloques

PORCENTAJE DE REMOCION DQO					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	218,538	2	109,269	41,072	,000
Intra-grupos	15,963	6	2,660		
Total	234,500	8			

Fuente: Datos estadísticos extraídos del SPSS 20, 2015

Tabla N° 5 El análisis de varianza da una valor de $p < 0.05$ que indica que se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que la diferencias de los promedios son significativos (los promedios son diferentes en forma significativa).

Tabla N° 6 Prueba a Posteriori de Scheffé

Comparaciones múltiples de la DQO para determinar la significación entre sus promedios							
Variable dependiente: DQO							
	(I) TRH	(J) TRH	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Scheffé	10,00	20,00	134,00000*	30,71011	,014	35,5047	232,4953
		30,00	271,00000*	30,71011	,000	172,5047	369,4953
	20,00	10,00	-134,00000*	30,71011	,014	-232,4953	-35,5047
		30,00	137,00000*	30,71011	,012	38,5047	235,4953
	30,00	10,00	-271,00000*	30,71011	,000	-369,4953	-172,5047
		20,00	-137,00000*	30,71011	,012	-235,4953	-38,5047

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Datos estadísticos extraídos del SPSS 20, 2015

Tabla N° 6 Prueba a Posteriori de Scheffé muestra la diferencia que existe entre los resultados de la Demanda Química de Oxígeno entre los tres Tiempos de Retención Hidráulica, existiendo una mayor diferencia entre los tiempos de 10 y

30 horas, siendo el de 30 horas el tiempo más eficiente para disminuir la cantidad de DQO.

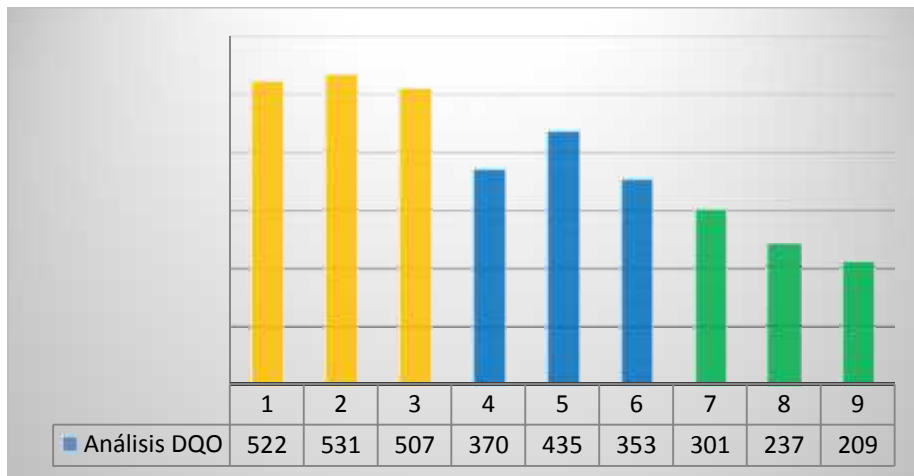


Figura N° 1 Análisis de la Demanda Química de Oxígeno del agua residual, 2015

Figura N° 1 Muestra la variación de la DQO durante los tres tiempos de retención hidráulica, el color amarillo representa el tiempo de 10 horas, el color azul de 20h y el verde de 30 h, en el cual se observa que mientras el tiempo de retención hidráulica es mayor la demanda química de oxígeno va disminuyendo.

3.2.2. Demanda Bioquímica de oxígeno

La DBO se midió en ppm o mg/litro y los resultados se muestra en la Tabla N°7.

Tabla N° 7 Análisis de remoción de DBO en el tratamiento de aguas residuales de camal municipal en un reactor UASB a tres TRH

Tiempo de retención hidráulica	DBO influente	DBO efluente	% de remoción
10 horas	1456	292	79.94
		285	80.42
		296	79.67
		291.0	80.01
20 horas	1456	188	87.08
		181	87.57
		176	87.91
		181.7	87.52
30 horas	1456	102	92.99
		110	92.44
		96	93.41
		102.7	92.95

Fuente: Análisis Químico del Agua Residual. Fecha: 27/11/15

Tabla N° 7 Análisis fisicoquímicos distribuidos en 3 Tiempos, se tomó tres muestras por cada tiempo para ver la variación de la demanda bioquímica de oxígeno, además se determinó el promedio y el porcentaje de remoción para cada Tiempo de Retención Hidráulica.

Tabla N° 8 Análisis de varianza de DBO durante el tratamiento de aguas residual de camal municipal en un reactor UASB

ANOVA de un factor					
PORCENTAJE DE REMOCION DBO					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	253,206	2	126,603	684,300	,000
Intra-grupos	1,110	6	,185		
Total	254,316	8			

Fuente: Datos estadísticos extraídos del SPSS 20, 2015

Tabla N° 8 El análisis de varianza da una valor de $p < 0.05$, lo que indica que se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que la diferencias de los promedios son significativos (los promedios son diferentes en forma significativa).

Tabla N° 9 Prueba a Posteriori de Scheffé

Comparaciones múltiples de la DBO para determinar la significación entre sus promedios							
Variable dependiente: DBO							
	(I) TRH	(J) TRH	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Scheffé	10,00	20,00	109,33333*	5,09175	,000	93,0028	125,6639
		30,00	188,33333*	5,09175	,000	172,0028	204,6639
	20,00	10,00	-109,33333*	5,09175	,000	-125,6639	-93,0028
		30,00	79,00000*	5,09175	,000	62,6694	95,3306
	30,00	10,00	-188,33333*	5,09175	,000	-204,6639	-172,0028
		20,00	-79,00000*	5,09175	,000	-95,3306	-62,6694

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Datos estadísticos extraídos del SPSS 20, 2015

Tabla N° 9 Prueba a Posteriori de Scheffé muestra la diferencia que existe entre los resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno que representa la cantidad de material biodegradable que se consume en el proceso de tratamiento de agua

residual, esto en los tres Tiempos de Retención Hidráulica, existiendo una mayor diferencia entre los tiempos de 10 y 30 horas, siendo el de 30 horas el tiempo más eficiente para disminuir la cantidad de DBO.

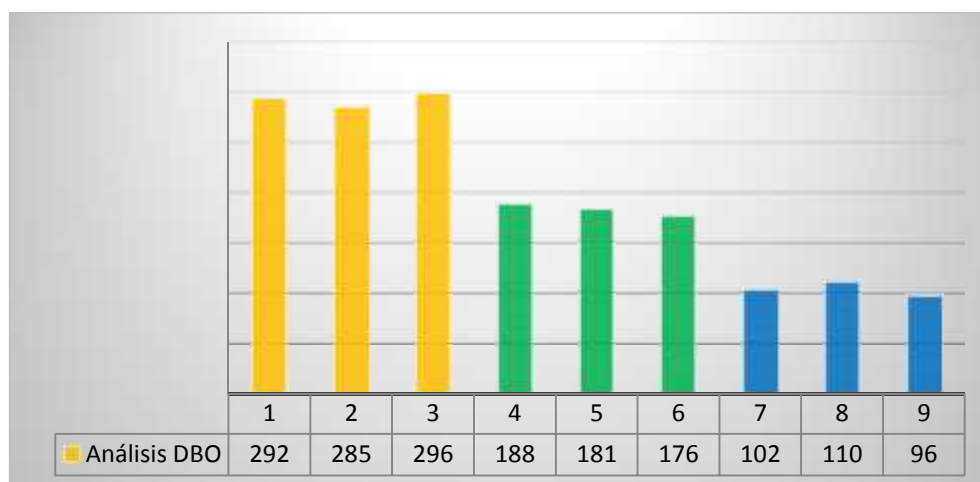


Figura N° 2 Análisis de la Demanda Bioquímica del agua residual, 2015

Figura N° 2 Muestra la variación de la DBO durante los tres tiempos de retención hidráulica, en el cual se observa que a mayor tiempo de 30 h representado por el color azul la demanda bioquímica de oxígeno va disminuyendo progresivamente estando dentro de los límites máximo permisibles.

3.2.3. Sólidos suspendidos totales

Los resultados obtenidos de sólidos suspendidos totales (SST) se expresan en mg/litro como se registró en la tabla N°10.

Tabla N° 10 Análisis de SST en el tratamiento de aguas residuales de camal municipal en un reactor UASB a tres TRH

Tiempo de retención hidráulica	SST influente	SST efluente	% de remoción
10 horas	646	154	76.16
		177	72.60
		163	74.76
		164.67	74.51
20 horas	646	172	73.37
		164	74.61
		158	75.54
		164.67	74.51
30 horas	646	162	74.92
		155	76.01
		169	73.84
		162.0	74.92

Fuente: Análisis Físico del Agua Residual. Fecha: 27/11/15

Tabla N° 10 Análisis fisicoquímicos distribuidos en 3 Tiempos, se tomó tres muestras por cada tiempo para ver el cambio de los Sólidos Totales Suspendidos, en lo que se observó un comportamiento muy parecido en los tres tiempos de retención hidráulica además se determinó el promedio y el porcentaje de remoción.

Tabla N° 11 Análisis de varianza de SST durante el tratamiento de aguas residual de camal municipal en un reactor UASB

ANOVA de un factor					
PORCENTAJE DE REMOCION SST					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,347	2	,174	,093	,912
Intra-grupos	11,158	6	1,860		
Total	11,505	8			

Fuente: Datos estadísticos extraídos del SPSS 20, 2015

Tabla N° 11 El valor de $p > 0.05$, indica que se acepta la hipótesis nula lo que significa que la diferencia de los promedios no es significativa.

Tabla N° 12 Prueba a Posteriori de Scheffé

Comparaciones múltiples de SST para determinar la significación entre sus promedios							
Variable dependiente: SST							
						Intervalo de confianza al 95%	
	(I) TRH	(J) TRH	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Límite inferior	Límite superior
Scheffé	10,00	20,00	,00000	7,19053	1,000	-23,0619	23,0619
		30,00	2,66667	7,19053	,934	-20,3952	25,7285
	20,00	10,00	,00000	7,19053	1,000	-23,0619	23,0619
		30,00	2,66667	7,19053	,934	-20,3952	25,7285
	30,00	10,00	-2,66667	7,19053	,934	-25,7285	20,3952
		20,00	-2,66667	7,19053	,934	-25,7285	20,3952

Fuente: Datos estadísticos extraídos del SPSS 20, 2015

Tabla N° 12 Prueba a Posteriori de Scheffé muestra que no hay variación en los resultados de los análisis de los sólidos suspendidos totales en los tres tiempos de retención.

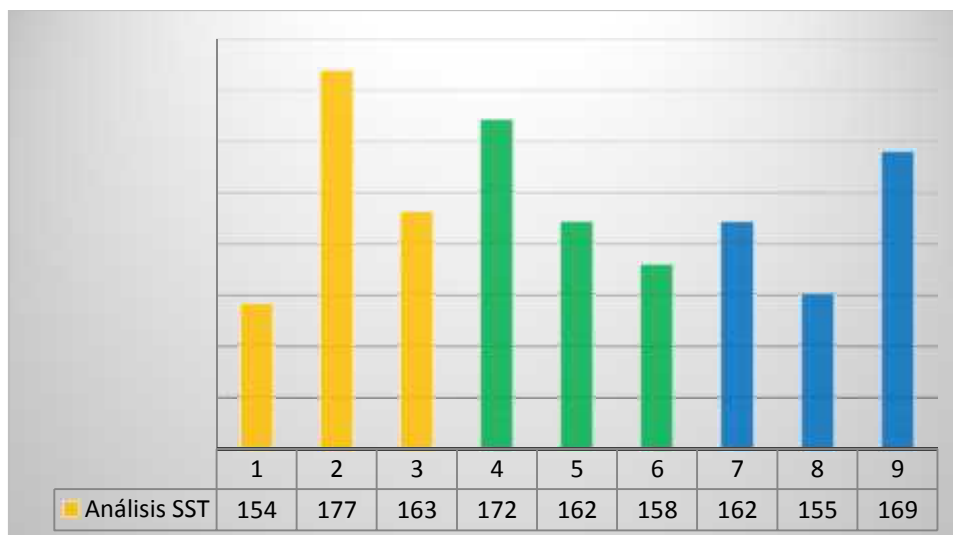


Figura N° 3 Análisis de Solidos Suspendidos Totales del agua residual, 2015

Figura N° 3 Muestra el comportamiento de los SST durante los tres tiempos de retención hidráulica, en el cual no hay una variación predominante de este parámetro con respecto a los demás.

3.2.4. Variación de pH

El agua residual ensayada ingreso con un pH de 6.5, y en la Tabla N°13 se muestra la variación con los tres TRH.

Tabla N° 13 Análisis de pH en el tratamiento de aguas residuales de camal municipal en un reactor UASB a tres TRH

Tiempo de retención hidráulica	pH influyente	pH efluente
10 horas	6.5	7.3
		7.0
		7.7
		7.13
20 horas	6.5	7.4
		7.1
		7.6
		7.23
30 horas	6.5	7.4
		7.3
		7.5
		7.56

Fuente: Análisis Físico del Agua Residual. Fecha: 27/11/16

Tabla N° 13 Análisis fisicoquímicos distribuidos en 3 Tiempos, se tomó tres muestras por cada tiempo para ver la variación del pH en cada uno de esos momentos, el pH inicial fue de 6.5 y con el cambio de TRH el pH se ha ido estabilizando hasta llegar a un promedio de 7.56

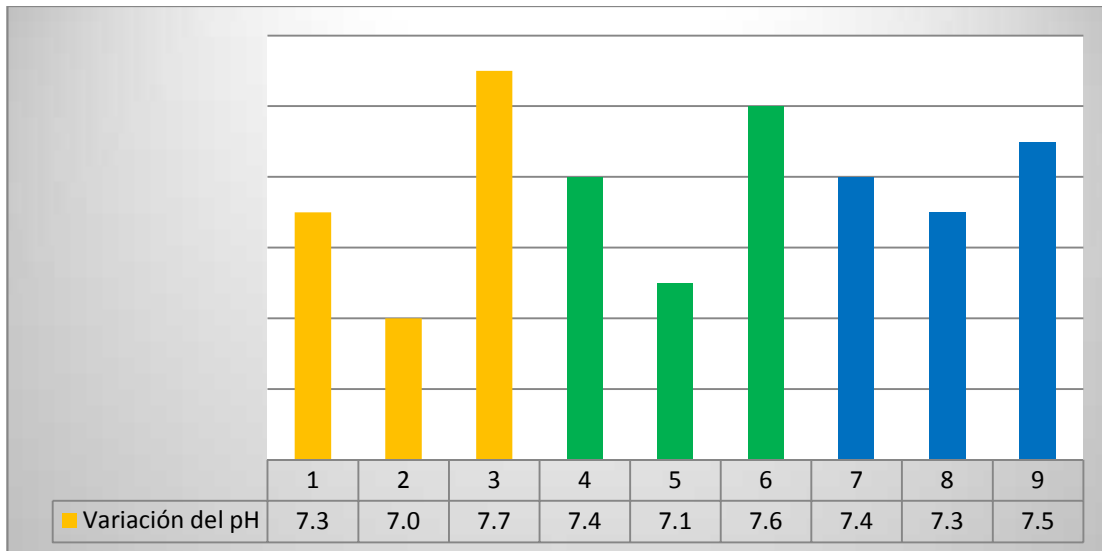


Figura N° 4 Análisis de pH del agua residual, 2015

Figura N°4 Muestra la variación del pH con respecto al TRH, donde se observa que entre estas dos variables hay un comportamiento inversamente proporcional. La variación de este parámetro se acerca a la neutralidad, lo que indica que hay estabilidad en el sistema.

3.3. Porcentaje de Remoción con respecto al análisis de cada parámetro Físico químico.

Tabla N° 14 Porcentaje de Remoción con respecto al TRH

Parámetros	TRH	DQO	DBO	Sólidos totales en Suspensión
Unidades	Horas	%	%	%
1	10	76.11	76.16	79.94
2	10	75.69	72.60	80.42
3	10	76.79	74.76	79.67
4	20	83.06	73.37	87.08
5	20	80.09	74.61	87.57
6	20	83.33	75.54	87.91
7	30	86.22	74.92	92.99
8	30	89.15	76.01	92.44
9	30	90.43	73.84	93.41

Fuente: Análisis Físico-Químicos del Agua Residual, 2015

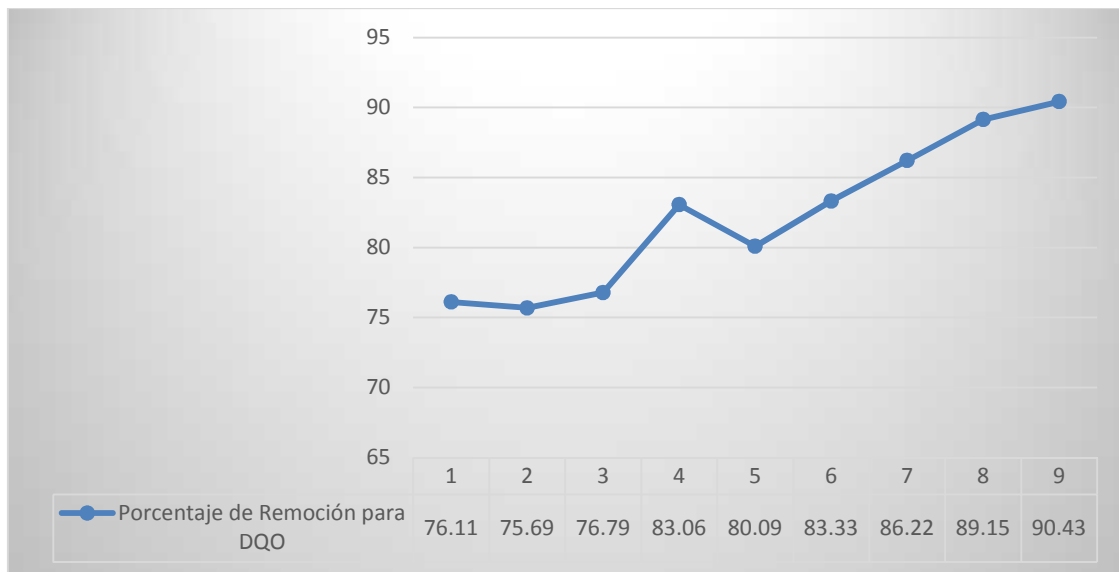


Figura N° 5 Porcentaje de remoción de la demanda química de oxígeno

Figura N° 5 Muestra el grado de remoción de la DQO en los diferentes tiempos de retención, en las nueve muestras realizadas el porcentaje de remoción a incrementado en el tiempo de 30 horas.

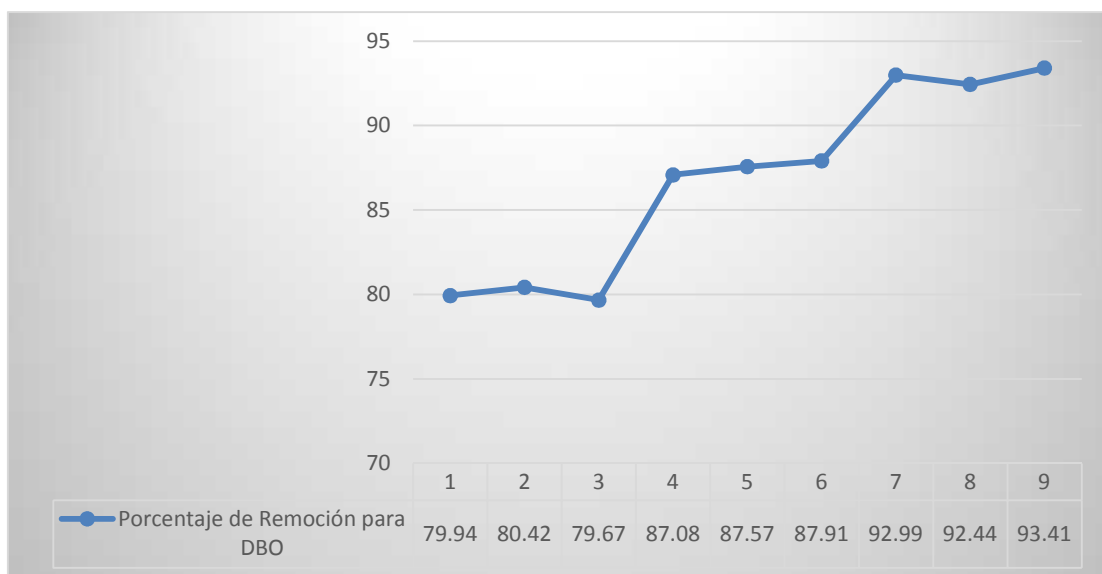


Figura N° 6 Porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno

Figura N°6 Muestra el grado de remoción de la DBO en el cual para el tiempo de retención de 10 horas hay un comportamiento similar para las tres muestras y conforme se aumenta el tiempo de retención, el porcentaje de remoción también aumenta.

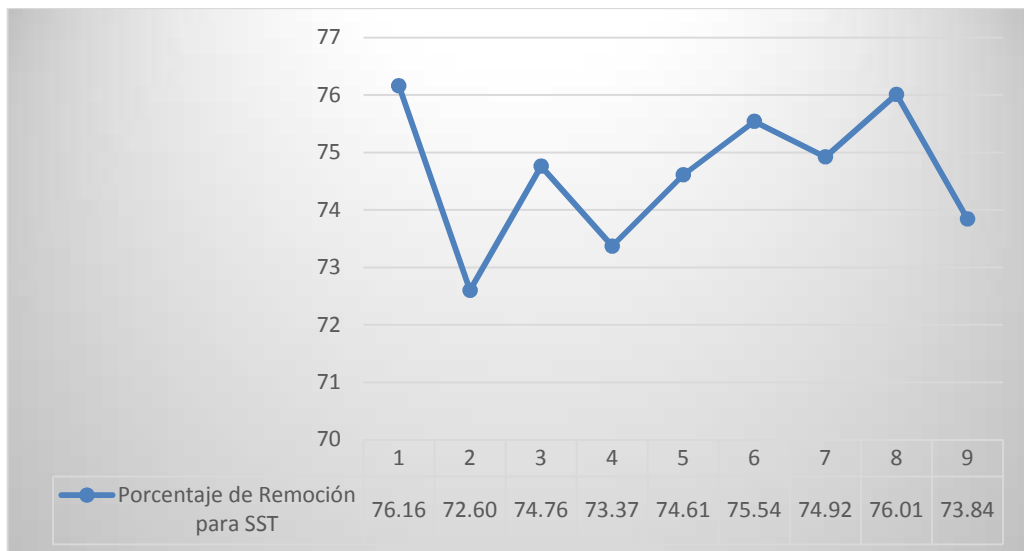


Figura N° 7 Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales

Figura N° 7 Muestra el grado de remoción de los SST en el cual se observa un comportamiento casi constante, no hay una variación relevante para los diferentes tres tiempos de retención hidráulica.

IV. DISCUSIÓN

El resultado del trabajo se llevó a cabo siguiendo las indicaciones de (REYES, 2009), quién en su trabajo de tratamiento de agua proveniente de un camal, el sistema de degradación anaerobia-aerobia pasó por dos etapas fundamentales; la de arranque y operación, la etapa de arranque la desarrollo durante cuatro meses aproximadamente. Sin embargo para realizar la presente investigación la etapa de arranque se realizó en tres meses ya que el lodo se extrajo de una laguna anaerobia lo que ayudó en la aclimatación de microorganismos en menor tiempo y lograr así mejores resultados en la etapa de operación.

Es fundamental seguir el modelo de las dos etapas de operación y arranque en un sistema UASB ya que la primera ofrece al sistema una maduración y adaptación de los organismos que van actuar en la degradación de contaminantes. Es importante sin embargo recalcar lo expuesto por (SIERRA Y VIVAS, 2005) que no todos los lodos responden rápidamente al sustrato aplicado, por ello mientras el lodo y el sustrato (agua residual) tengan similares características el aporte de los microorganismos será mayor.

Para tratar las aguas residuales del camal de José Leonardo Ortíz se trabajó con tres tiempos de retención hidráulica, similar a lo trabajado por (QUISPE, 2014) quién realizó su investigación usando 6 TRH (tiempo de retención hidráulica), en el cuál determinó que en el mayor tiempo (12H) la remoción de contaminantes es mayor obteniendo resultados de hasta más del 50% en remoción de DQO y DBO y hasta más del 70% de remoción de sólidos suspendidos totales.

En las investigaciones realizadas por (CAICEDO, 2006) sobre el uso del sistema UASB para tratar lixiviados de un relleno sanitario y (VILLEGAS, 2004) en el diseño de un reactor UASB para tratar aguas residuales comprueban que este tipo de sistema llega a lograr una remoción de entre 60 al 80 % de DBO₅, los resultados tienen una similitud con los obtenidos en la presente investigación donde se obtuvo una remoción de hasta 90 % de DBO, afirmando de esta manera lo dicho por (SIERRA Y VIVAS, 2005) que el UASB o RAFA tiene ventajas sobre otros sistemas en el tratamiento de efluentes cárnicos.

En la salida del UASB la cantidad de SST en promedio es aproximadamente 162mg/L, demostrando que el sistema UASB no elimina totalmente los sólidos suspendidos que en su mayoría son materia orgánica degradable. Se debe tener en cuenta que los reactores UASB fueron diseñados para el tratamiento de aguas residuales que contienen materia orgánica soluble, es por esto que un contenido elevado de SST puede afectar la calidad del lecho de lodo. La mínima variación el porcentaje de remoción de SST estaría ligado a que si bien el lecho de lodo granular debería funcionar como un filtro de retención de materia suspendida se debe considerar que durante la operación del UASB se forma gas metano por la degradación anaeróbica de la materia orgánica y estas burbujas hacen que el sistema tenga una ligera agitación que impide que los sólidos suspendidos o sedimenten o se filtren totalmente.

Finalmente, según los datos de la Tabla N°14 la variación del pH fue mínima. Según el resultado del análisis de varianza (Tabla N°12) el TRH no tuvo un efecto significativo sobre el aumento de pH durante la operación del reactor UASB. El pH de ingreso fue 6.5 y durante el proceso en la salida del UASB el pH varió de 7.13 a 7.56. Los valores hallados son cercanos a la neutralidad. Estos valores se encuentran dentro del intervalo recomendado para el mantenimiento de las bacterias metanogénicas. Esta variación mínima en el pH dentro del reactor es muy importante ya que en reactores anaeróbicos el pH es un factor relevante para el buen funcionamiento del sistema.

V. CONCLUSIONES

- Se evaluó la eficiencia del reactor UASB en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de José Leonardo Ortiz, obteniéndose 88.60% de remoción de DQO y 92.95% de remoción de DBO para un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 30 horas. La remoción de SST fue en promedio 74%, independiente del TRH.
- Se realizó la medición inicial de los parámetros físico-químicos del agua residual del camal municipal de José Leonardo Ortiz, esto con la intención de saber el grado de contaminación del efluente como resultado de las actividades que se realizan en el camal en estudio, cabe recalcar que estos fluidos son vertidos directamente a una fuente receptora natural alterando sus condiciones normales.
- Se realizó la medición de los parámetros físicos químicos en tres tiempos de retención hidráulica de 10, 20 y 30 horas, cada uno con tres repeticiones para verificar la variación que existe entre cada tiempo y dar mayor confiabilidad a los datos obtenidos después de cada medición.
- Se determinó el tiempo de retención hidráulica óptimo para el tratamiento del agua residual proveniente del camal municipal de José Leonardo Ortiz, mediante el porcentaje de remoción se concluye que la remoción de contaminantes es directamente proporcional al TRH, por lo que a un tiempo de 30 horas la remoción de contaminantes es mayor.
- En base a los valores máximos admisibles (VMA) para la descarga de efluentes líquidos en los sistemas de alcantarillado reglamentado por el Decreto Supremo N°021-2009-VIVIENDA, los valores de los parámetros analizados después del tratamiento mediante el reactor UASB, están dentro de los valores establecidos.
- Se concluye que el sistema UASB es un método aceptable y eficiente para el tratamiento de aguas residuales de matadero.

VI. SUGERENCIAS

- A pesar de que el RAFA es un sistema con muy buenas tasas de remoción de contaminantes, no logra del todo la disminución de los sólidos totales suspendidos, ya que las aguas de los camales se caracterizan por poseer residuos complejos, es decir, residuos parcialmente solubles, que contienen una fracción alta de sólidos suspendidos lentamente biodegradables, por lo que integrando los procesos anaerobios de tratamiento con otros procesos biológicos y con métodos físicoquímicos, puede lograrse un tratamiento completo de las aguas residuales a bajos costos.
- Para nuevas investigaciones se recomienda buscar alternativas de reuso del agua ya tratada. Cabe recalcar que esto se haría implementando sistemas de tratamiento que complemente al RAFA y cumpla con los instrumentos de gestión ambiental.
- Se usó como norma referencial los valores máximos admisibles, ya que en consulta con una especialista de la Dirección de Calidad Ambiental y Ecoeficiencia del MINAM, aún no hay un instrumento de control vigente, como LMP para efluentes de actividades agroindustriales como camales.
- Por lo antes expuesto se debe considerar como una prioridad el desarrollar y evaluar un instrumento que regule el vertimiento de efluentes con alto contenido de contaminantes, de esa manera se podría realizar una fiscalización rigurosa y sanciones si así lo amerita la norma.
- Sería de gran importancia también hacer un estudio y una correcta medición sobre el subproducto que genera este tipo de tratamiento que es la producción de biogás, ya que se podría utilizar como fuente de energía en actividades mismas del Camal de José Leonardo Ortíz.
- Asimismo es de suma urgencia que las autoridades locales competentes tomen las medidas necesarias para mejorar las condiciones del Camal de José Leonardo Ortíz, mejorando el sistema de tratamiento, ya que cuenta con uno

pero se encuentra en condiciones precarias provocando contaminación al cuerpo receptor que es el dren 3710.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANA. Autoridad Nacional del Agua. 2015. CONTROL DEL AGUA – VIGILANCIA Y CONTROL DE VERTIMIENTOS- PAVER. [Consulta 02 de septiembre del 2015]. Disponible en: http://portal.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/4-proteccion_del_agua_vigilancia_y_control_de_vertimientos_paver_lic_juan_ocola_0.pdf

APHA, AWWA, WPCF Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. Ediciones DIAZ DE SANTOS.

BECERRA, et al.2014. “Nivel de contaminación en los efluentes provenientes de camales de la región La Libertad”. [Consulta: 24 de agosto del 2015].

BERNAL, D Y CARDONA, A. (2003).”Selección de tecnológico para el tratamiento de aguas residuales domésticos por métodos naturales: una metodología con énfasis en aspectos tecnológicos. Tesis. Calí, Colombia.

BOBURG.,Carlos. 2010. “PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y DE SU REUTILIZACIÓN PARA UN RASTRO DE PORCINO”. Guatemala. [Consulta: 05 de Septiembre del 2015]

CAICEDO, Francisco. 2006.”DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ARRANQUE DE UN REACTOR U.A.S.B. PILOTO PARA EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS. Manizales, Colombia. [Consulta 21 de Agosto del 2015].

CALDERA., et al. 2003. “Efecto del tiempo de retención hidráulica en el funcionamiento de un reactor UASB tratando efluente cárnicos”. Vol. 3, num.1. ISSN: 1317-2255. Venezuela.[Consulta: 23 de agosto del 2015].

CARACTERÍSTICAS DE AGUAS RESIDUALES. 2010 Cap. 1. “Características químicas”. Disponible en: http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/U3C3S6.htm#Anchor92013-03-16

CASTRO, A. 2003. “Selección de alternativas sostenibles para el tratamiento de aguas residuales municipales en Colombia: un método con énfasis en aspectos tecnológicos”. Tesis. MSc en Ingeniería Sanitaria y ambiental. Calí, Colombia.

CRITES Y TCHOBANOGLOUS. 2000. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Colombia. Mc Graw Hill.

Comisión Europea. 2003. “Contaminación de efluentes provenientes de mataderos a nivel mundial”. Pag. 23.

DINAMA, 1996. "Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes". Disponible en: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/docs/pdfs/manual_dinama.pdf

GRACIA., J; CORSO., A. 2008. "Depuración con Humedales Construidos". Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad Politécnica de Catalunya.

GREFA., L. 2013. Tesis sobre "REDISEÑO DE LA PNATA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES- CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DE GANADO DE ORELLANA". Riobamba, Ecuador. [Consulta: 07 de septiembre del 2015].

IBID., 2000. "Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principios de diseño". Escuela Colombiana de Ingeniería.

LARA, Elena. 2011. "LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DEL CANTON BAÑOS Y SU INCIDENCIA EN LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO PASTAZA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA". [Consulta: 12 de Julio del 2015]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1611/1/Tesis%20587%20-%20Lara%20Villac%C3%ADs%20Ligia%20Elena.pdf>

LETTINGA., et al. 1984. High grate anaerobic wastewater treatment using the UASB-reactor under a wide range of temperature conditions Biotechnol. And Genetic Eng. Review. 2, 253-283.

MALDONADO., J Y RAMÓN., A. 2010. "SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES EN MATADEROS". Colombia. Disponible en: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/publicaciones/revista_ambiental/06082010/rev_ambiental_vol1_nu_m1_art4.pdf

MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA. Cap. 10. Disponible en: [http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/operacion/cap10.pdf]

MATADERO DE MACANAL (CORPOCHIVOR). Bogotá, D.C. [Consulta: 24 de agosto del 2015].

McCarty, P. (1985). Historical Trends in the Anerobic treatment of Dilute Wastewars. Proceedings of the Seminar/Worshop Anaerobic Treatment of Sewage. University of Massachusetts at Amherst. 27 y 28 de junio 1985. EE.UU. pp. 3-15.

MINAM. Ministerio del Ambiente. 2009. "Manual para MUNICIPIOS ECOEFICIENTES". [Consulta: 01 de septiembre del 2015]. Disponibles en http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/manual_para_municipios_ecoeficientes.pdf

MUÑOZ, Deyanira. 2005. "SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MATADERO: PARA UNA POBLACIÓN MENOR DE 2000 HABITANTES". VOL 3. [Consulta: 12 de Julio del 2015].

MVCS, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Valores Máximos Admisibles para aguas no domesticas (D.S. N° 021- 2009- VIVIENDA).

QUISPE, Juan. 2014. "ESTUDIO DE LA REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA EN UN REACTOR ANAEROBIO DE MANTO DE LODOS DE FLUJO ASCENDENTE CON DIGESTOR DE LOSDOS APLICADO A UNA LOCALIDAD UBICADO A UNA ALTITUD DE 3800msnm". Lima, Perú. [Consulta: 20 de Agosto del 2015]

REYES, Marlé. 2009. "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE RASTRO MEDIANTE UN SISTEMA DE BIODEGRADACIÓN ANAEROBIA-AEROBIA". México. [Consulta: 20 de Agosto del 2015]

ROMERO.,J . 1986. Acuiquímica. Primera Edición. Colombia.

SAWYER Y MAC GRAW, 2000. Química para Ingeniería Ambiental. Cuarta edición.

SENASA, Servicio Nacional de Sanidad Agraria. Reglamento Tecnológico de carnes (D.S N° 22-95-AG). 2015.

SIERRA., C Y VIVAS., C. (2005). "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA UNIDAD PILOTO DE TRATAMIENTO NO CONVENCIONAL PARA LOS VERTIMIENTOS GENERADOS EN EL MATADERO DE MACANAL (CORPOCHIVOR). Bogotá, D.C. [Consulta: 24 de agosto del 2015].

VASQUEZ, Geinny. 2013. "Panorama del tratamiento de aguas residuales con tecnología anaerobia en la Costa Atlántica Colombiana". Bogotá, Colombia.

VILLEGAS, Omar. 2004. "DISEÑO TEÓRICO DE UN REACTOR HÍBRIDO MEDIANTE SISTEMAS NO CONVENCIONALES PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES". México, D.F. [Consulta: 22 de agosto del 2015]. Disponible en: http://tesis.ipn.mx:8080/bitstream/handle/123456789/342/TESIS_DISENO_TEORICOUNREACTOR%20HIBRIDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ZUÑIGA, Oscar. "CONTAMINACIÓN EN CAMALES Y MATADEROS". Lambayeque, Perú. [Consulta: 28 de Agosto del 2015].

ANEXOS

Anexo I. Figuras

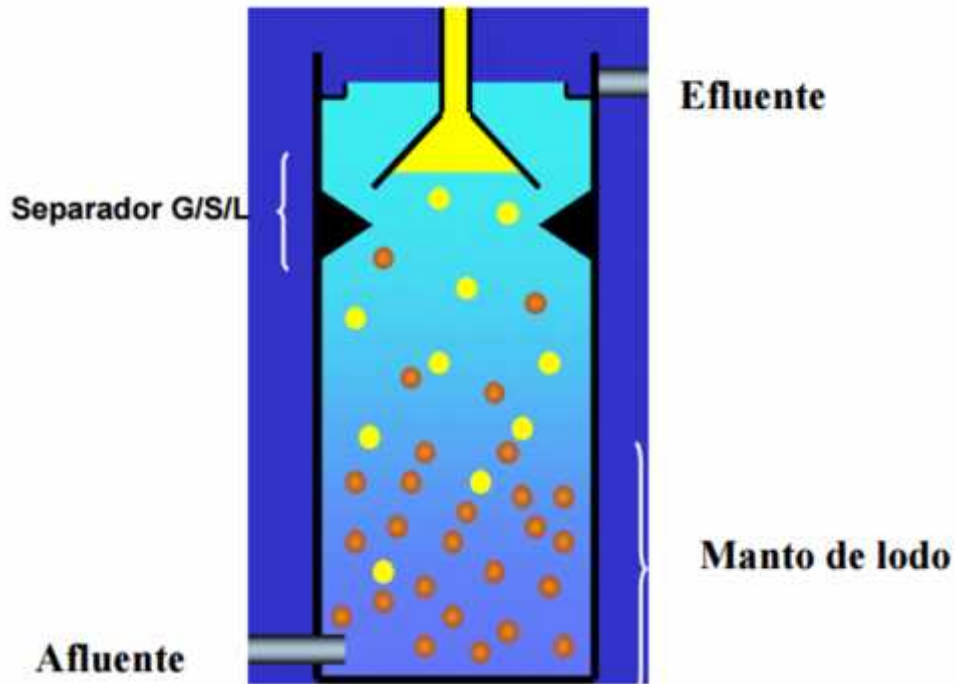


Figura N° 8 Esquema de la Estructura del Reactor U.A.S.B

Fuente: VASQUEZ., G. 2013



Figura N° 9 Cuerpo de agua natural afectado por vertidos sin tratamiento



Figura N° 10 Peligros generados por el vertimiento de agua residual sin tratar hacia la fauna aledaña



Figura N° 11 Condiciones actuales del Camal Municipal de J.L.O



Figura N° 12 Vertidos eliminados en sistema de tratamiento ineficiente



Figura N° 13 Construcción del RAFA, deflector y sedimentador



Figura N° 14 Campana Colectora y desfogue de gas metano



Figura N° 15 Implementación del RAFA



Figura N° 16 Medición Final para verificación del diseño



Figura N° 17 Alimentación con lodos



Figura N° 18 Medición del flujo volumétrico



Figura N° 19 Operación del RAFA



Figura N° 20 Toma de Muestras de Agua



Figura N° 21 Muestra lista para ser analizada

Anexo II. Tablas

Tabla N° 155 Características de las Aguas Residuales

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Turbidez	En el agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.
Color	En las aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. En forma cualitativa, el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual.
Olor	Se produce por desprendimiento de gases de la materia orgánica presente en el agua residual. Una característica de olor es que cantidades muy pequeñas de determinados compuestos pueden producir niveles elevados de olor.
Temperatura	En el agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento como consecuencia de la incorporación de aguas calientes provenientes del uso doméstico e industrial. Es un parámetro muy importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines domésticos.
Sólidos	El contenido de sólidos totales de un agua residual se define como toda materia sólida que permanece como residuos. Los sólidos totales se clasifican como sólidos disueltos (residuo filtrante) y sólidos en suspensión (sedimentable).
Conductividad	Es la expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación.
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	
Alcalinidad	Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos, provocada principalmente por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos. Normalmente el agua residual es alcalina. La alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica.
Ácido sulfhídrico	Es un gas que se forma al descomponerse ciertas sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen azufre en medios aerobios. Su presencia se manifiesta fundamentalmente por los olores que produce, indicativo de su descomposición en azufre e hidrógeno, debido a que es poco estable al calor.
Grasas y Aceites	Aquí se consideran todas aquellas sustancias poco solubles que al ser inmiscibles con el agua, flotan formando natas, espumas y capas iridiscentes sobre el agua. En aguas residuales los aceites, grasas y ceras son principalmente lípidos de importancia, que pueden dificultar cualquier tipo de tratamiento físico o químico.
Nitrógeno	En el agua residual el nitrógeno es de suma importancia ya que es necesario para el crecimiento de los microorganismos, y si no contiene suficiente nitrógeno pueden ocurrir dificultades en los tratamientos biológicos. Pero también el nitrógeno es un contribuyente especial para el agotamiento del oxígeno y la eutrofización de las aguas cuando se encuentra en elevadas concentraciones.
Fósforo	Es otro componente importante para el desarrollo de los microorganismos. Tanto el fósforo como el nitrógeno es esencial para el crecimiento biológico. En el agua residual el fósforo se encuentra en formas: ortofosfatos solubles, polifosfatos inorgánicos y fosfatos orgánicos, siendo más fácil asimilado por los microorganismos el ortofosfato.
pH	El valor del pH es un parámetro de gran importancia para determinar la calidad del agua residual, debido a que el rango en el cual se desarrollan los procesos de tratamiento biológicos del agua corresponden a un intervalo estrecho y crítico (5,5- 9,5). Se debe tener en cuenta que el pH del agua se ve afectada por la toxicidad de determinados productos químicos.
Gases	Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno (N ₂), oxígeno (O ₂), dióxido de carbono (CO ₂), sulfuro de hidrógeno (H ₂ S), el amoníaco (NH ₃), y el metano (CH ₄). Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Este parámetro en el agua residual se define como la cantidad de oxígeno que precisan los microorganismos, para la eliminación de la materia orgánica biodegradable durante cinco días y a 20 °C y corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica. La DBO puede medir la eficiencia de algunos procesos de tratamiento.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Es la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación de la materia orgánica y algún compuesto inorgánico, por medio de reactivos químicos. La relación entre la DBO ₅ y DQO siempre será menor que la unidad (DBO ₅ /DQO < 1), debido a que la DQO oxida toda la materia orgánica y algunos compuestos inorgánicos, y la DBO solo la biodegradable.
CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	
Microorganismos	Los principales grupos de organismos presentes en el agua residual como superficiales tenemos: organismos eucariotas, bacterias y arqueobacterias.
Organismos Patógenos	Entre los principales organismos patógenos tenemos a las bacterias, virus y protozoarios.
Organismos Indicadores	Debido a que los organismos patógenos son muy difíciles de aislar y de identificar, se emplea al organismo coliforme como organismo indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de distinguir.

Tabla N° 166 Principales Procesos de Tratamiento Aerobio

CRECIMIENTO	PROCESO
SUSPENDIDO	Lodos activados (convencional, mezcla completa, aireación escalonada, estabilización y contado, oxígeno puro, aireación prolongada)
	lagunas aireadas
	digestión aerobia
	lagunas aerobias
ADHERIDA	Filtros percoladores
	Torres biológicas
	Unidades rotatorias
	De Contacto biológica
	Reactores de lecho fijo

Fuente: ROMERO., J. 2000

Tabla N° 177 Clasificación de los procesos de tratamiento anaerobio

Procesos de tratamiento anaerobio						
Procesos de crecimiento en suspensión		Procesos híbridos de crecimiento en suspensión y película bacterial adherida			Procesos de película bacterial adherida	
Digestión con mezcla completa	Procesos de contacto anaerobio	Manto de lodos anaerobio de flujo ascendente	Reactor de manto de lodos con flujo ascendente/ lecho fijo	Lagunas anaerobias	Procesos de lecho fijo	Procesos de lecho expandido/lecho fluidizado

Fuente: CRITES Y TCHOBANOGLIOUS, 2000.

Tabla N° 18 Reacciones del proceso de digestión anaeróbica

Etapas	Descripción
Hidrólisis	<ul style="list-style-type: none"> - Sustratos poliméricos como polisacáridos , proteínas y lípidos son hidrolizadas por enzimas extracelulares producidas por bacterias hidrolíticas hasta monómeros de bajo peso molecular como azúcares, aminoácidos, ácidos grasos y alcoholes los cuales atraviesan fácilmente la membrana celular de las bacterias fermentativas. - Se llama hidrólisis, porque el fraccionamiento de la materia orgánica absorbe agua.
Acidogénesis	<ul style="list-style-type: none"> - Las bacterias fermentativas metabolizan los sustratos monoméricos dentro de la célula hasta convertirlos en ácidos grasos con bajo número de carbonos como el ácido acético, fórmico, propiónico y butírico y en compuestos reducidos como el etanol, H₂ y CO₂. - El resultado total de la fermentación es la conversión de sustratos neutros, como azúcares y aminoácidos en ácidos orgánicos relativamente fuertes.
Acetogénesis	<ul style="list-style-type: none"> - Y co₂ Toman los productos finales de la fermentación como el ácido butírico y el ácido propiónico dentro de sus células y los oxidan anaeróbicamente hasta acetato, H₂ y CO₂ y luego son excretados fuera de la célula. - Aprox. el 70 % de la DQO es convertida en ácido acético y el resto en H₂.
Metanogénesis	<ul style="list-style-type: none"> - El acetato y el H₂ provenientes en parte de la fermentación y otra de la acetogénesis, son tomados dentro de las células bacteriales metanogénicas, metabolizados a metano y excretado fuera de la célula. - En menor proporción, compuestos como el metanol, las metil aminas y el ácido fórmico pueden también ser usados como sustratos del grupo metanogénico.

Fuente: CRITES Y TCHOBANOGLIOUS, 2000.

Tabla N° 19 Etapa de uso de la tecnología anaeróbica

Etapa	Características
Arranque	<ul style="list-style-type: none"> - Periodo donde la biomasa se adapta en cantidad y calidad a las características del agua residual - Duración depende del tiempo que se requiera para obtener una calidad constante del efluente. - Fases principales: <ol style="list-style-type: none"> 1. Adaptación primaria de bacterias degradadores de ácidos grasos. 2. Formación de biomasa anaerobia metanogénica activa y 3. Formación película biológica estable. - Inicio: Aplicación de cargas orgánicas bajas; se incrementan cuando la salud del sistema lo permite en cuanto al contenido de AGV y % de remoción de MO - Para reducir el tiempo inocular lodo de PATAR de iguales características.
Operación	<ul style="list-style-type: none"> - Inicio: cuando se alcanzan las condiciones de diseño de CO y CH y la E de remoción de MO se estabiliza - Se espera que el reactor funcione en condiciones de estabilización donde las variables de salida del sistema se mantienen relativamente constantes a pesar de

Fuente: CRITES Y TCHOBANOGLIOUS, 2000.

Tabla N° 180 Valores máximos admisibles para aguas no domesticas

PARÁMETRO	UNIDAD	Valores máximos admisibles para aguas no domésticas.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	1000
pH	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	500
Temperatura	°C	<35

Fuente: DS 021-2009/VIVIENDA

Anexo III. Ficha Técnica de Recolección de Datos de parámetros de Agua Residual.

1. DATOS GENERALES				
A. LOCALIDAD				
B. PUNTO DE MUESTREO				
C. NOMBRE DE LA FUENTE				
	Distrito:		Provincia:	
			Departamento:	
2. CARACTERISTICAS DE LA TOMA DE MUESTRA				
Nombre del Laboratorio:				
Tipo de agua.				
Fecha:				
Hora:				
Responsable de la toma de muestra				
Código				
Parámetros	Unidades	N° de Muestra	Tipo de Muestra	
DBO	mg/L			
DQO	mg/L			
pH	Unidad			
Sólidos Totales en suspensión.	mL/L			
Temperatura	°C			
Observaciones				

Muestreador

Anexo IV. Normatividad

Constitución Política del Perú

Artículo 2°.- Toda persona tiene derecho:

22 - A la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Artículo 7°.- Todos tienen derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y la de la comunidad así como el deber de contribuir a su promoción y defensa. La persona incapacitada para velar por sí misma a causa de una deficiencia física o mental tiene derecho al respeto de su dignidad y a un régimen legal de protección, atención, readaptación y seguridad.

Ley 28611- Ley General del Ambiente

Título Preliminar

Derechos y Principios

Artículo I – Del derecho y deber fundamental

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

TÍTULO I

Política Nacional del Ambiente y Gestión Ambiental

Capítulo 3- Gestión Ambiental

Artículo 31.- Del Estándar de Calidad Ambiental

31.1 El Estándar de Calidad Ambiental - ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

31.2 El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. Es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Ley 29338 - Ley de Recursos Hídricos

Artículo 79.- Vertimiento de agua residual

La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.

En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados, según los estándares de calidad establecidos o estudios específicos realizados y sustentados científicamente, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas. Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado.

Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

Artículo 1º.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Anexo I- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

-) Categoría 1: Poblacional y Recreacional.
-) Categoría 2. Actividades Marino Costeras
-) Categoría 3: Riego de vegetales y Bebidas de Animales
-) Categoría 4: Conservación del Ambiente acuático

Anexo IV. Resultados de laboratorio



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CONSTANCIA DE ANALISIS DE LABORATORIO

RESULTADOS (T0)

Nº	PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
01	DQO	mg/L	2185
02	DBO	mg/L	1456
03	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	646
04	pH	-	6.5

Pimentel, octubre del 2015

Ing. Raquel Maxe Malca
Responsable de Laboratorio

Ing. José Modesto Vásquez Vásquez
Director de Escuela de Ingeniería Ambiental



CONSTANCIA DE ANALISIS DE LABORATORIO

RESULTADOS
(T1-10H)

Nº	PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
1	DQO	mg/L	522
			531
			507
2	DBO	mg/L	292
			285
			296
3	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	154
			177
			163
4	pH	-	7.3
			7
			7.7

Pimentel, noviembre del 2015

Ing. Raquel Maxe Malca
Responsable de Laboratorio

Ing. José Modesto Vásquez Vásquez
Director de Escuela de Ingeniería Ambiental



CONSTANCIA DE ANALISIS DE LABORATORIO

RESULTADOS
(T2-20H)

Nº	PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
1	DQO	mg/L	370
			435
			353
2	DBO	mg/L	188
			181
			176
3	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	172
			164
			158
4	pH	-	7.4
			7.1
			7.6

Pimentel, noviembre del 2015

Ing. Raquel Maxe Malca
Responsable de Laboratorio

Ing. José Modesto Vásquez Vásquez
Director de Escuela de Ingeniería Ambiental



CONSTANCIA DE ANALISIS DE LABORATORIO

RESULTADOS
T3 (30H)

Nº	PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
1	DQO	mg/L	301
			237
			209
2	DBO	mg/L	102
			110
			96
3	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	162
			155
			169
4	pH	-	7.4
			7.3
			7.5

Pimentel, diciembre del 2015

Ing. Raquel Maxe Malca
Responsable de Laboratorio

Ing. José Modesto Vásquez Vásquez
Director de Escuela de Ingeniería Ambiental

Anexo V. Guía de observación

TÍTULO DEL PROYECTO: “REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ, 2015”

Autor: Karen Kelly Monsalve Monteza

GUÍA DE OBSERVACIÓN

GUÍA DE OBSERVACIÓN		
1. Considera la cantidad de flujo volumétrico para el diseño del biorreactor.	Si (X)	No ()
2. Considera un pre-tratamiento a las aguas antes de ser tratadas en el RAFA	Si (X)	No ()
3. ¿Se emplea lodos anaerobios como un buen sustrato, para el crecimiento bacteriano y eficiencia del reactor?	Si (X)	No ()
4. ¿Se emplea el uso de una campana colectora para el desfogue de gas metano generado?	Si (X)	No ()
5. ¿El RAFA cuenta con control de afluente y efluente?	Si (X)	No ()
6. ¿El RAFA cuenta con tanque de distribución y de almacenamiento?	Si (X)	No ()


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. José M. Quintana Montez
Director de Escuela de Ingeniería Ambiental

Anexo VI. Validación de instrumento de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO: GUIA DE OBSERVACION

TÍTULO DEL PROYECTO: "REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ, 2015"

Experto: Dr. (Mg) Ing. José Modesto Vásquez Vásquez
 Centro de Trabajo: Universidad César Vallejo - Filial Chiclayo
 Dirección: Carretera Pimental Km 3.5
 e-mail: jvasquez@ucv.edu.pe Teléfono: 958917682

Nº	PREGUNTAS	SI	NO
01	¿El instrumento responde al título del proyecto de investigación?	X	
02	¿El instrumento responde a los objetivos de investigación?	X	
03	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?	X	
04	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?	X	
05	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?	X	
06	¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?	X	
07	¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?	X	
08	¿Existe coherencia entre variables e ítems?	X	
09	¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?	X	
10	¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?	X	

Opinión de Aplicabilidad:

.....

Puntaje	20
---------	----


 Ing. José Modesto Vásquez Vásquez
 DNI 05343326

Anexo VII. Constancia validación de instrumento de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

CONSTANCIA

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia haber revisado el instrumento de investigación para ser utilizado en la investigación, cuyo título es: "REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ, 2015". Su autora es Karen Kelly Monsalve Monteza, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo - Campus Chiclayo.

Dichos instrumentos serán aplicados a una muestra representativa de agua residual participantes del proceso de investigación, que se aplicará durante el mes de Septiembre a Diciembre del 2015, según un sistema de tratamiento anaerobio.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por la autora, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente considerando las variables del trabajo de investigación.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que considere pertinentes.

Chiclayo, octubre de 2015



Ing. José Modesto Vásquez Vásquez
DNI 05343326