

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIAS, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“TRATAMIENTO DE EFLUENTES URBANOS DE LA ZONA
CONTIGO PERÚ-HUARAL, 2020”,**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AMBIENTAL

CÉSAR WALTER SALAZAR GARCÍA

ASESOR

ORBEGOSO LOPEZ JOSE SAUL

HUACHO – PERÚ

2022

Borrador de tesis 1

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	manejodeaguasresiduales.blogspot.com Fuente de Internet	1%
2	riull.ull.es Fuente de Internet	1%
3	repository.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	<1%
4	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	<1%
5	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad de San Martín de Porres Trabajo del estudiante	<1%
7	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
8	www.elimpulso.com Fuente de Internet	<1%
9	www.worldcat.org Fuente de Internet	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIAS, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“TRATAMIENTO DE EFLUENTES URBANOS DE LA ZONA
CONTIGO PERÚ-HUARAL, 2020”**

Sustentado y aprobado ante el Jurado Evaluador



Segundo Rolando Alvites Vigo
presidente



CHÁVEZ BARBERY, LUIS MIGUEL
INGENIERO AGRÓNOMO
C.I.P. N° 24794 - DNZ-053

Luis Miguel Chávez Barbery
secretario



Saul Robert Manrique Flores
Vocal



JOSÉ SAUL ORBEGOSO LÓPEZ
INGENIERO QUÍMICO
M.I. DEL COLLEJO DE INGENIEROS Nº 1799 1996.

José Saul Orbegoso López
Asesor

HUACHO – PERÚ

2022



ACTA DE SUSTENTACIÓN N°002-2023-FIAIAyA

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS VIRTUAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AMBIENTAL**

En la ciudad de Huacho, el día 06 de enero del 2023, siendo las. nueve HORAS en la sala virtual de la Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador integrado por:

Presidente	Dr. SEGUNDO ROLANDO ALVITES VIGO	DNI N°26620605
Secretario	Ing. LUIS MIGUEL CHÀVEZ BARBERY	DNI N°15759159
Vocal	M(g. Sc. SAUL ROBERT MANRIQUE FLORES	DNI N°30655365
Asesor	Mg. JOSÉ SAÚL ORBEGOSO LÓPEZ	DNI N°06800598

Para evaluar la sustentación de la tesis titulada: "TRATAMIENTO DE EFLUENTES URBANOS DE LA ZONA CONTIGO PERÚ-HUARAL, 2020".

El postulante al Título Profesional de Ingeniero Ambiental don: **CESAR WALTER SALAZAR GARCIA**, Identificado con DNI N°76452839, procedió a la sustentación de Tesis, autorizada mediante Resolución de Decanato N°0812-2022-FIAIAyA, de fecha 27/12/2022 de conformidad con las disposiciones vigentes, el postulante SI absolvió las interrogantes que le formularon los miembros del Jurado.

Concluida la sustentación de Tesis, se procedió a la votación correspondiente resultando el candidato APROBADO por UNANIMIDAD con la nota de:

CALIFICACIÓN		EQUIVALENCIA	CONDICIÓN
NÚMERO	LETRAS		
16	DIECISEIS	BUENO	APROBADO

Siendo las diez horas y 10 minutos del día 06 de enero del 2023 se dio por concluido el ACTO DE SUSTENTACIÓN de Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental inscrito en el folio N°341 del Libro de Actas.



Dr. SEGUNDO ROLANDO ALVITES VIGO
Presidente



Ing. LUIS MIGUEL CHÀVEZ BARBERY
Secretario



Mg. Sc. SAUL ROBERT MANRIQUE FLORES
Vocal



Mg. JOSÉ SAÚL ORBEGOSO LÓPEZ
Asesor

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi corazón a dios y a mis padres por su apoyo constante, por llenar mi vida con sus valiosos consejos.

A mi pareja por apoyarme en todo momento con su amor, dedicación y consejos y a mis amigos que en el transcurso de toda esta etapa universitaria me han brindado su apoyo y orientación en el camino de la carrera universitaria.

César Walter

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión, Gracias a mi asesor por apoyarme y orientarme en el proceso de mi tesis, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermoso que es la vida y justo que puede llegar a ser, Gracias por creer en mí y gracias a dios por permitirme vivir y disfrutar cada día.

César Walter

INDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ABSTRACT	1
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción de la realidad problemática	2
1.2 Formulación del problema.....	4
1.2.1 Problema general.....	4
1.2.2 Problemas específicos	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación de la investigación	5
1.5 Delimitación del estudio.....	5
II. CAPITULO II MARCO TEORICO	6
2.1 Antecedentes de la Investigación	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	8
2.2 Bases Teóricas	10
2.3 Definiciones de términos básicos	40
2.4 Hipótesis de la investigación	43
2.4.1 Hipótesis general	43
2.4.2 Hipótesis específicas	43
2.5 Operacionalización de la Variable.....	44
III. CAPITULO III METODOLOGIA.....	47
3.1 Diseño metodológico.....	47
3.2 Población y muestra	48
3.2.1 Población.....	48
3.2.2 Muestra.....	48
3.3 Técnica para la recolección de Datos	48
CAPITULO IV. RESULTADOS	48
CAPITULO V. DISCUSION	52
VI. CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53

6.1 Conclusiones.....	53
6.2 Recomendaciones	54
CAPITULO VII. REFERENCIAS.....	55
ANEXOS.....	59

Índice de Figuras

Figura 1. Localización de la zona de Contigo Perú, Huaral.	6
Figura 2. Esquema de una contención impermeable y permeable	15
Figura 3. Localización del nivel freático.	16
Figura 4.: Sulfato reducción de la materia orgánica (tomado de Rodríguez V., J.A., 2004), pág. 8.	19
Figura 5. Diagrama de bloques de un proceso de tratamiento biológico del agua residual con lodos activos (Buitrón y col., 2016, p. 13)	20
Figura 6. Proceso de eliminación biológica de materia orgánica, nitrógeno y fósforo (Buitrón y col., p. 14)	20
Figura 7. Comparación de los rendimientos entre el reactor aerobio y el reactor anaerobio (Sistemas de tratamiento de aguas residuales, (2021), Universidad de Antioquia, Colombia)	21
Figura 8. Reactor anaerobio de flujo ascendente (elaboración propia del autor)	30
Figura 9. Línea de tendencia demográfica en Centro Poblado Contigo Perú	35
Figura 10. diagrama de flujo del Proceso	xl
Figura 11. Salidas y abastecimiento del gas	52
Figura 12. Matriz de validación de instrumentos por juicio de Expertos	69

Índice de Tabla

Tabla 1 Tecnologías aceptadas para el tratamiento de aguas residuales (flujo bajo)	13
Tabla 2 Tecnologías aceptadas para el tratamiento de aguas residuales (flujo alto)	13
Tabla 3 Guías para el saneamiento y la salud.	14
Tabla 4 Propiedades fisicoquímicas del agua residual	16
Tabla 5 Composición típica del agua residual doméstica bruta	17
Tabla 6 Valores típicos del TRS en el tratamiento biológicos de lodos activos	23
Tabla 7 Cantidad de material cribado en aguas residuales vs abertura de reja	28
Tabla 8 Balance molar de composición del agua residual en el centro poblado Contigo Perú (base 2022)	34
Tabla 9 Crecimiento demográfico en el Centro Poblado Contigo Perú	35
Tabla 10 Proyección demográfica en el Centro Poblado Contigo Perú (2022 -2036)	36
Tabla 11 Composición del agua residual doméstica en C.P. Contigo Perú – Balance total	

(Proyección estadística)	xxxvii
Tabla 12 Cálculos en proyección de diseño del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)	xxxviii
Tabla 13 Operacionalización de las variables “Tratamiento de Efluentes Urbanos de la zona Contigo Perú, Huaral, 2020”	46
<u>Índice de Anexos</u>	
Anexo 1 :Matriz de consistencia	61
Anexo 2 :Ficha De Observación Del Almacenamiento Y Toma De Muestras De Agua Residual	62
Anexo 3 :Cuestionario para aplicar a los habitantes de la comunidad Contigo Perú, Huaral, 2021.	63
Anexo 4 :Análisis de Laboratorio	65
Anexo 5 :Petar de Contigo Peru	68
Anexo 6 :Validación De Instrumentos Por Juicio De Expertos	69

RESUMEN

La presente investigación dirigida al análisis técnico para el tratamiento de efluentes urbanos Tiene como **objetivo** principal diseñar un método de tratamiento de las aguas servidas urbanas mediante el uso de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente favorecerá el saneamiento ambiental de la comunidad Contigo Perú, distrito de Huaral, 2021 que tiene como coordenadas: Latitud: -11.4917 Longitud: -77.2053. **La metodología** utilizada fue teórico analítico, que corresponde a una investigación mixta, consistente en el diseño de un reactor UASB, el análisis de muestras de efluentes y la aplicación de una encuesta a la población Como **resultado** de esta investigación se realizó el diseño de un reactor UASB con capacidad adecuada para tratar los efluentes urbanos de Contigo Perú, Se tomaron muestras para análisis de los efluentes de la zona contigo Perú – Huaral los mismos que se llevaron al laboratorio el cual dio como **resultado** el estado en el cual se encuentra los diferentes valores de los parámetros de contaminación (Carga bacteriana, Coliformes, DBO y DQO).considerando que los resultados de laboratorio determinaron una DBO5 de 455 mg/L , Finalmente se **concluyó** que el tratamiento de efluentes será viable si se implementa el sistema combinado aeróbico - anaeróbico a través del diseño del reactor UASB diseñado; está implícito que será necesaria la participación del gobierno municipal y del gobierno regional de Lima – Provincias, y la participación de la población , Es recomendable, igualmente, que exista un programa de sensibilización y educación para el Centro Poblado Contigo Perú, que permita mejorar y adquirir buenos hábitos de uso de los servicios Es conveniente profundizar en la presente investigación a objeto de complementar con otras investigaciones el trabajo iniciado.

Palabras claves: Efluentes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Reactor Anaeróbico.

ABSTRACT

The present investigation directed to the technical analysis for the treatment of urban effluents Its main objective is to design a method of treatment of urban wastewater through the use of an Upflow Anaerobic Reactor will favor the environmental sanitation of the Contigo Peru community, district of Huaral , 2021 which has as coordinates: Latitude: -11.4917 Longitude: -77.2053. The methodology used was theoretical-analytical, which corresponds to a mixed investigation, consisting of the design of a UASB reactor, the analysis of effluent samples and the application of a survey to the population. As a result of this investigation, the design of a reactor was carried out. UASB with adequate capacity to treat the urban effluents of Contigo Peru, samples were taken for analysis of the effluents of the area with you Peru - Huaral, the same ones that were taken to the laboratory which resulted in the state in which the different values are found. of the contamination parameters (bacterial load, coliforms, BOD and COD). Considering that the laboratory results determined a BOD5 of 455 mg/L, it was finally concluded that the treatment of effluents will be viable if the combined aerobic - anaerobic system is implemented. through the designed UASB reactor design; it is implicit that the participation of the municipal government and the regional government of Lima – Provinces, and the participation of the population will be necessary. acquire good habits of use of services It is advisable to delve into this research in order to complement the work started with other research.

Keywords: Effluents, Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand,, Anaerobic Reactor.

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Los problemas ambientales globales tienen como fuentes importantes a los efluentes urbanos e industriales, fundamentalmente por la falta de un tratamiento y una disposición adecuados, lo cual se agrava por el incumplimiento de las normas existentes.

Es el caso de las aguas residuales urbanas, que, por falta de tratamiento, conlleva la pérdida de ambientes de uso agrícolas, y la contaminación de los cuerpos de agua dulce y agua marina, que producen la anoxia de los sistemas y la incapacidad del sistema para generar reacciones típicas de la naturaleza, como la fotosíntesis.

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019), la disposición final, y/o los usos previstos, están referidos al uso de las tecnologías y métodos conocidos, los cuales permiten que los productos puedan ser descargados al medio ambiente, ya sea como productos de uso final o como materiales de riesgo menor.

Los criterios de la OMS contemplan dos opciones: una, “cuando se ha previsto un uso final para los productos del tratamiento, o sea que las aguas residuales y lodo, idealmente, éstos pueden aplicarse o usarse directamente”; dos, “de lo contrario si no existió el suficiente tratamiento, se necesitan barreras complementarias de reducción de riesgos...” (OMS, 2019). Estos criterios son válidos en términos generales.

De acuerdo a los criterios y recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020a), en que se indica que “es una preocupación en todos los países del mundo, la calidad del agua”, debido a que afecta la salud de las personas.

Asimismo, la Organización Mundial de la Salud, con respecto al saneamiento y aguas residuales, consideraba en 2019, que “El saneamiento es fundamental para proteger la salud pública. Para no exponernos a los residuos que generamos, es necesario mejorar el acceso a servicios de saneamiento básico en los hogares y las instituciones y gestionar sin riesgos la totalidad de la cadena de saneamiento (recogida, transporte, tratamiento, eliminación y uso de los residuos). Una parte significativa de la población mundial continúa sin disponer de un saneamiento adecuado”

(https://www.who.int/water_sanitation_health/sanitation-waste/es/).

Además, la OMS (2020b) en lo que respecta al agua, saneamiento, higiene y gestión de los desechos, en relación con el virus de la COVID -19, recomienda “proporcionar condiciones seguras en materia de agua potable, saneamiento e higiene para proteger la salud humana

durante cualquier brote infeccioso, como es el caso de la enfermedad por el nuevo coronavirus de 2019 (COVID-19)” (p. 1).

En el Perú, de acuerdo a las cifras que reporta la OEFA (Fiscalización ambiental en aguas residuales, 2012), de los más de 2'217,946 m³ por día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado de las EPS, solo el 32% de éstas recibe tratamiento, siendo que cada habitante por día genera 142 litros de aguas residuales. Ello significa que, más allá de la normatividad existente, en la actualidad, esas cifras no han variado significativamente, por lo que se hace necesario abordar el problema de manera focalizada en cada lugar de generación, siendo una responsabilidad compartida por las entidades vinculadas a la fiscalización ambiental de las aguas residuales municipales, como es el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), los Gobiernos locales (Municipalidades Provinciales y Distritales), el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y otras entidades vinculadas al control de las aguas residuales en el Perú (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, SUNASS; las Entidades Prestadores de Servicios de Saneamiento, EPS Saneamiento; el Ministerio de Salud, MINSA, a través de la Dirección General de Salud Ambiental). Todo ello referido solamente a las aguas residuales urbanas de tipo doméstico.

Por lo que, se hace necesario atender debidamente la normatividad existente en lo referente a saneamiento de las aguas servidas, aumentar la calidad del agua potable, de acuerdo al objetivo 6 de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe, de CEPAL (2018), sobre agua limpia y saneamiento, donde indica la finalidad de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Entre ellos se puede resaltar los siguientes factores relacionados al estudio:

En el distrito de Huaral, en la zona urbana Contigo Perú, se tiene un abastecimiento de agua potable de una calidad media por la empresa prestadora de ese servicio, ya que es la responsable de verificar la calidad de agua tratada y distribuirla a los consumidores finales, lo que lleva a suponer que, más allá de la prestación del servicio, es urgente la necesidad de velar por un tratamiento adecuado, lo que conllevaría a prevenir los riesgos de la salud de los consumidores.

En lo referente a la realidad local, de la zona de Contigo Perú, en el distrito de Huaral, en la actualidad, no existe un tratamiento eficaz de aguas servidas, por lo que el problema se

agudiza a medida que pasa el tiempo, por factores como el crecimiento poblacional y la nula atención del gobierno municipal del distrito de Huaral.

La existencia de varios factores que contribuyen al agravamiento del problema, como la presencia de porquerizos, constituyen parte del problema de la contaminación de los efluentes urbanos, por que contribuyen significativamente a aumentar la carga patógena (como la presencia de helmintos), con el consiguiente riesgo ambiental para la población, debido a que por el momento se vienen disponiendo directamente para el cultivo de productos de panllevar.

Por lo que, ante esa realidad el desarrollo de esta investigación propuso la alternativa tecnológica consistente en el diseño de un biodigestor que permita abordar el tratamiento y consecuente saneamiento ambiental de la zona de Contigo Perú, Distrito de Huaral.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Será posible el tratamiento de las aguas servidas mediante el uso de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente, que incida en el saneamiento ambiental de la comunidad Contigo Perú, Distrito de Huaral?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cómo determinar el grado de eficacia del sistema de tratamiento de las aguas servidas existente en la comunidad Contigo Perú, Distrito de Huaral?

¿Cómo caracterizar la carga bacteriana del agua servida de la comunidad Contigo Perú, distrito de Huaral?

¿Cómo evaluar el grado de conversión de los sustratos del agua residual en el reactor anaeróbico de flujo ascendente?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un método de tratamiento de las aguas servidas urbanas mediante el uso de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente favorecerá el saneamiento ambiental de la comunidad Contigo Perú, distrito de Huaral, 2021.

1.3.2 Objetivos específicos

Evaluar el grado de eficacia del tratamiento actual de las aguas servidas en la comunidad Contigo Perú, distrito de Huaral.

Analizar la carga bacteriana de las aguas servidas de la comunidad Contigo Perú, distrito de Huaral en el año 2021.

Analizar el grado de conversión de los sustratos del agua residual con el uso de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente en la comunidad Contigo Perú del Distrito de Huaral,

1.4 Justificación de la investigación

Justificación teórica

La caracterización del agua servida de la población de la zona Contigo Perú, del distrito de Huaral, permite que éste trabajo de investigación y aplicación viabilice el tratamiento adecuado de los efluentes urbanos.

Justificación práctica

Con la presente propuesta, se está contribuyendo con una solución práctica en el tratamiento de la calidad de los efluentes urbanos de la zona Contigo Perú, Distrito de Huaral, y mejores condiciones sanitarias a la población.

Justificación legal

Como estudio realizado desde el ámbito formativo profesional de la UNJFSC, se cumple con la normatividad existente en lo referente a desarrollo de tesis de Grado, que para su ejecución determina la reglamentación (R.C.U 0146 – 2020 – CU – UNJFSC). Asimismo, los instrumentos de recolección de datos y los equipos utilizados en la investigación, garantizan resultados válidos y confiables.

Justificación metodológica

Para el estudio de evaluación de la calidad de los efluentes urbanos zona Contigo Perú del Distrito de Huaral, considerando el diseño del biorreactor. Para ello se tomaron los servicios de un laboratorio de análisis especializado, que permita validar los resultados.

1.5 Delimitación del estudio

Delimitación espacial ○ Zona

urbana Contigo Perú.

○ Distrito de Huaral. ○

Provincia de Huaral. ○

Departamento de Lima. ○

Región de Lima Provincias.

Delimitación temporal

Meses : octubre Año : 2021



Figura 1. Localización de la zona de Contigo Perú, Huaral.

Delimitación teórica

El estudio se limitó a realizar el análisis y evaluación del DBO (Demanda bioquímica de oxígeno), los fosfatos y carga bacteriana en el agua tratada a la salida del reactor anaeróbico de flujo ascendente, a fin de que pueda ser utilizado para riego en las áreas agrícolas de la zona urbana Contigo Perú, del Distrito de Huaral.

II. CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Soriano (2015), en su tesis de guayaquil ecuador “Diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales de una recicladora de tanques”, se planteó como objetivo general “estudiar y proponer una alternativa de solución a los efluentes que se generan en el proceso industrial de lavado en húmedo de la industria de reciclaje de tanques”, Metodología el tipo de investigación fue experimental; obtuvo como resultados en mejora en la calidad del agua residual, particularmente en el DQO que fue en promedio de 11,203.33 mg/l hasta 429 mg/l; y, concluyó en que “luego del estudio realizado se propone el diseño y construcción de una planta de tratamiento primario, como solución a los efluentes que se generan en el proceso industrial de lavado en húmedo del reciclaje de tanques, en función de los parámetros permisibles”, en el municipio de Cantón, Guayaquil, Ecuador, aplicando “el test de jarras y pruebas de sedimentación, otorgando a la empresa una ventaja competitiva e innovativa, por utilizar materiales reciclados y de bajo costo a la empresa”.

Yepes (2018), en su tesis “Tratamiento de aguas grises de lavandería por medio de un reactor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos (UASB) híbrido”, desarrollado en la Universidad Militar de Nueva Granada, España, planteó como objetivo general “Evaluar la eficiencia y el comportamiento del reactor UASB híbrido en la remoción de materia orgánica, en el tratamiento de aguas grises, especialmente de lavandería”, y como objetivos específicos: “Conocer las características fisicoquímicas y la composición del agua residual doméstica gris de lavandería; evaluar la remoción de materia orgánica en las diferentes fases del proceso; y realizar seguimiento a la estabilidad del reactor por medio de la relación AI/AP”; siendo la investigación de tipo teórico y práctica, tomando en cuenta los parámetros de efectividad para el manejo de los parámetros (pH, DQO, DBO, N₂, P, UV254, dureza, alcalinidad, cloruros y alcalinidad, etc, logrando remociones cercanas al 58 ± 0.1%, como resultados lograron caracterizar las aguas grises determinando las mediciones de sus parámetros índices de buffer estables, pero, finalmente, concluyó que el reactor UASB híbrido no es el más recomendable para tratar aguas grises, y también de los índices de DQO eran muy bajos, no logró los resultados esperados.

La **ONU** (en el Informe sobre aguas residuales), (2017), expone que la composición bioquímica del agua residual promedio en los países del primer mundo y en los que se encuentran en el grupo de los países menos desarrollados, en lo referente a los parámetros DBO, DQO, SST, Potasa y Nitrógeno totales, y fósforo total (p.69), es la siguiente:

Tabla 1 *Composición Bioquímica del Agua Residual*

Parámetro	EEUU	Francia	Marruecos	Pakistán	Jordania
Demanda bioquímica de O ₂	110-400	100-400	45	193-762	152
Demanda química de O ₂	250- 1000	300- 1000	200	83-103	386
Sólidos suspendidos totales	100-350	150-500	160	76-650	nd
Potasa y nitrógeno totales	20 – 85	30-100	29	nd	28
Fósforo total	4-14	1-25	4-5	nd	26

Fuente: Organización de las Naciones Unidas

Y la presencia de patógenos (coliformes) en alta cantidad, a lo largo de todas las estaciones del año, siendo la causa de enfermedades transmitidas por el agua (gastrointestinales, principalmente), (p. 70)

Medina y Muñoz (2012), en su tesis Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el casco urbano del municipio de Macanal, Boyacá, Colombia, cuyo objetivo fue diseñar una solución definitiva para el tratamiento de aguas residuales, utilizando el método de tipo descriptivo, llegaron a la determinación de que solo se trata el 9% de las aguas residuales, y que persiste el problema de saneamiento urbano, y su conclusión fue la propuesta de construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, para el Distrito de Boyacá, utilizando el monitoreo de los parámetros de DBO, SST y carga patógena, hasta alcanzar los valores recomendados por la OMS. **Alayón**, (2020), realizó un trabajo de investigación en Tenerife, España, referido a la depuración de aguas residuales mediante tratamientos anaerobios, los cuales presentan ventajas sobre los sistemas aerobios, respecto a sus sostenibilidad energética y baja producción de lodos residuales. El sistema diseñado “trabajó a 35°C, temperatura mesófila, a un tiempo de residencia de 5 horas, una velocidad de ascensional de 0.5 m/h y un caudal de circulación a 18.6 ml/min, obteniendo una eficiencia promedio de eliminación de DQO igual a 74.6 % para todo el sistema y para el reactor UASB igual a 28.8%. Además, la cantidad de sólidos suspendidos totales disminuyó un 73% en todo el sistema y un 39.8% para el reactor UASB. El reactor pudo mantenerse a una relación promedio AI/AP=0.29, mostrando una buena capacidad buffer”.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Arocutipa L., J., (2013), en su tesis para título profesional, “Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari – Sandía”, presentada en la UNAP, Puno, objetivo “realizar la evaluación de la laguna de estabilización y plantear una propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de reducir la contaminación causada por efecto de las descargas de aguas residuales en el distrito de Alto Inambari”; y como objetivo específicos, “evaluar el funcionamiento de la laguna de estabilización de aguas residuales, determinando sus parámetros físicos, químicos y bacteriológicos (temperatura, DQO5, DQO, SSS, nitritos y nitratos)”; así como “plantear una propuesta técnicas de una planta de tratamiento de aguas residuales con filtración

biológica”; el tipo de investigación experimental y aplicada; y, concluye en que “su propuesta incluye trabajo de gabinete, campo y laboratorio;

Espinoza R., H. J., (2018), en su tesis de título profesional propone como objetivo general “determinar como influye los procesos constructivos en la planta de tratamiento en el Mall El Quinde de Ica – 2018, mediante la reutilización de aguas residuales”, sus conclusiones, como consecuencia de un trabajo experimental, e indica que: “la aplicación de procesos constructivos en la planta de tratamiento compacta influyen favorable y significativamente en el centro comercial El Quinde de Ica”; “Con la reutilización de aguas residuales mediante la implementación de una PTAR utilizando la tecnología LAOTSS y la conexión de redes sanitarias hacia sus instalaciones, el centro comercial genera un ahorro económico del 67% anual aproximadamente, con respecto al consumo promedio de agua potable en el mall, y que traducido a valor monetario estaríamos hablando de s/. 145,371.24 aproximadamente por año”, y considera que: “Toda planta de tratamiento de aguas residuales PTAR deben cumplir obligatoria y necesariamente con las normas legales dispuestas por su localidad, región, y país. Con el fin de evitar posibles sanciones por las entidades supervisoras y reguladoras, es por ello que para utilizar una planta de tratamiento AclaraPack con tecnología LAOTSS, primero se debe proporcionar el caudal que se requiere tratar, las normas que debe cumplir, es decir el uso que le queremos dar al agua tratada, para que con ello se pueda cotizar y encontrar el modelo más óptimo y económico”.

Reyes A., W., (2020), en su tesis para optar el grado de Magister en Ciencias Ambientales, propone como objetivo general: “optimizar el tratamiento de aguas residuales domésticas de la planta de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico de Caylloma”; el tipo de investigación utilizado fue teórico y experimental, llegando a las siguientes conclusiones: “Permite menores tiempos de retención hidráulica, lo cual se traduce en una mayor cantidad de agua tratada en menor tiempo.”; “La adición de los Biocarriers influye sobre el comportamiento biológico de los procesos de degradación de materia orgánica, aumentando la estabilización del sistema debido al incremento de la concentración de la biomasa acumulada en el reactor biológico”; “La calidad final del efluente a la salida de la PTAR, una vez implementado el sistema MBBR, en comparación con la calidad del efluente sin la implementación de este sistema mejora. Esto demuestra la efectividad del sistema MBBR, que posibilita utilizar el efluente inclusive para fines de riego mediante la

aplicación de pequeños ajustes”; “El sistema a implementar genera costos de implementación mínimos: los costos de inversión solo requirieron la adquisición e instalación de los Biocarriers”

Pacco et al, (2018), en su trabajo de investigación *Propuesta de parámetros de diseño de un reactor UASB para el tratamiento de aguas residuales porcinas* , se plantearon como objetivo evaluar el comportamiento y eficiencia de un reactor UASB de 1 m³ alimentado con aguas residuales de la crianza intensiva de cerdos, y buscaron la determinación de los tiempos de retención hidráulica (TRH) y la velocidad de la carga orgánica (VCO) para el diseño de instalaciones industriales. El método utilizado fue de observación y medición de la DQO, los SST y la carga bacteriana del agua residual. La conclusión a la que arribaron fue de que era posible remover la DQO entre 72.1% y 70.7%, y la remoción de sólidos totales estuvo entre el 52% y 60.2%, siendo necesario abordar el tratamiento de la carga microbiana en el UASB.

García, (2019), en su tesis “Construcción de un reactor anaeróbico de flujo ascendente para el tratamiento de aguas residuales domésticas a escala de laboratorio para el A.H. San Valentín, distrito de Castilla, Piura, Perú, 2017”, reporta el diseño, construcción y montaje de un reactor RAFA piloto con un volumen de 28 litros, logrando remover lentamente las grasas y aceites de 2515.3 d a 0.30 d; la DBO₅ varió de 742.45 mg/l a 149.36 mg/l, la DQO de 30800 mg/l hasta 4220 mg/l; los SST cambiaron de 11816 mg/l a 199 mg/l; y, el análisis microbiológico, de 1600 NMP/100 ml a 1.8 NMP/100 ml.

2.2 Bases Teóricas

Composición fisicoquímica de efluentes urbanos

Los efluentes urbanos tienen tres tipos de contaminantes: físicos, químicos y microbiológicos. Los primeros se conforman de sólidos suspendidos, disueltos y flotantes, los mismos que pueden ser orgánicos e inorgánicos. Los segundos están constituidos por ácidos, bases, detergentes, solventes y otras sustancias utilizadas en los hogares. Y, los contaminantes microbiológicos, son parte de la descarga biogénica que cambia la disponibilidad de nutrientes del agua y el consecuente desbalance de especies que pueden subsistir (Encinas Malagón, 2011).

Agua, saneamiento y salud

La escasez cada vez mayor de las aguas dulces debido al crecimiento demográfico, a la urbanización y, probablemente, a los cambios climáticos, ha dado lugar al uso creciente

de aguas residuales para la agricultura, la acuicultura, la recarga de aguas subterráneas y otras áreas. En algunos casos, las aguas residuales son el único recurso hídrico de las comunidades pobres que subsisten por medio de la agricultura. Si bien el uso de aguas residuales en la agricultura puede aportar beneficios (incluidos los beneficios de salud como una mejor nutrición y provisión de alimentos para muchas viviendas), su uso no controlado generalmente está relacionado con impactos significativos sobre la salud humana. Estos impactos en la salud se pueden minimizar cuando se implementan buenas prácticas de manejo. Serviclora (Colombia 2018)

De acuerdo con las Guías para el saneamiento y la salud, de la OMS, (2019), “Para proteger la salud pública es indispensable que las instalaciones tengan un diseño y un funcionamiento adecuados para un objetivo específico de disposición y uso final. Este es el principio fundamental en la etapa de tratamiento. Por ejemplo, cuando los efluentes se usarán para el riego o se verterán en cuerpos de agua que se utilizan para el agua de bebida o las actividades recreativas o donde el lodo se usará como acondicionador para el suelo en la producción de cultivos, el proceso de tratamiento se debe diseñar para remover, reducir o inactivar los patógenos. Al eliminar o reducir el riesgo a un nivel aceptable, también se aminora el riesgo para las comunidades vecinas que podrían estar expuestas al peligro. El nivel del riesgo depende de la probabilidad de exposición de los seres humanos (es decir, el uso por los usuarios) a los patógenos en el efluente o los lodos”.

Sistemas básicos de alcantarillado

Es necesario en esta propuesta, considerar el sistema de alcantarillado, que son esencialmente redes de tuberías subterráneas, y existen dos opciones:

- Por gravedad:
- Simplificado.

En los criterios de la OMS del 14 de junio del 2019:

“El alcantarillado convencional por gravedad: transporta las aguas negras de los inodoros y las aguas grises, en muchos casos junto con los efluentes industriales y las aguas pluviales, por tuberías de gran diámetro hasta una instalación de tratamiento usando la gravedad (y bombeo cuando es necesario); el alcantarillado simplificado: un diseño de bajo costo instalado con tuberías de menor diámetro, a menor profundidad y con una menor pendiente que el alcantarillado convencional por gravedad; y finalmente,

el alcantarillado libre de sólidos: el diseño es semejante, pero incluye un tratamiento previo”.

Conducción de las aguas residuales:

Desde el punto de vista técnico, el manejo de sistemas hidráulicos como es el caso de las aguas residuales urbanas, requiere de sistemas de conducción, los cuales deben considerar en el diseño las pendientes mínimas para llevar el agua de un punto a otro.

Tecnologías aceptadas para el tratamiento de aguas residuales:

Víctor Arrollo (2019), pueden ser para flujo bajo y para flujo alto. En el siguiente cuadro se ilustran las posibilidades:

a) Para Velocidad de flujo bajo (inferior a 3 m³ /s):

Se considera que el valor máximo de la velocidad de flujo está determinado por la posible erosión o desgaste de las paredes de los tubos o de los canales. Para este caso, se emplean lagunas de estabilización de residuos y humedales artificiales, con el propósito de reducir la DBO, la gestión de nutrientes y la reducción de patógenos, así como la remoción de sólidos en suspensión.

Como resultados del tratamiento se obtienen lodos líquidos con baja concentración de patógenos y crecimiento de plantas acuáticas, que contribuyen a la eliminación de **patógenos:**

Tabla 2 *Tecnologías aceptadas para el tratamiento de aguas residuales (flujo bajo)*

Proceso de Tratamiento	Nivel	Objetivos del tratamiento	Medidas de reducción de patógenos	Nivel de reducción de patógenos	Productos del tratamiento de concentración de patógenos
Velocidad de flujo baja					
Lagunas de estabilización de Residuos	No Procede	Reducción de la DBO Gestión de nutrientes Reducción de patógenos	Lagunas aeróbicas (maduración) Radiación ultravioleta	alto	Lodo Líquido con concentración baja de patógenos Efluente con concentración baja de patógenos
Humedales artificiales	Secundario o terciario	Reducción de la DBO Remoción los sólidos suspensión Gestión de nutrientes en de Reducción de patógenos de	Descomposiciones naturales Depredación por organismos superiores Sedimentación Radiación ultravioleta	Medio	Plantas, ningún patógenos Efluente con concentración media de patógenos

Fuente: Organización mundial de la salud, OMS.

b) Para Velocidad de flujo alto:

Cuando los caudales son altos (descargas poblacionales) Tabla 3

Tecnologías aceptadas para el tratamiento de aguas residuales (flujo alto)

Velocidad de flujo alta					
Sedimentación primaria	Primario	Reducción de sólidos en suspensión	Almacenamiento	Bajo	Lodo líquido con concentración alta de patógenos Efluente con concentración alta de patógenos
Sedimentación Avanzada o reforzada químicamente	Primario	Reducción de sólidos en suspensión	Coagulación o floculación almacenamiento	Medio	Lodo líquido con concentración Media de patógenos Efluente con concentración Media de patógenos
Reactores anaeróbicos de flujo ascendente con manto de lodos	Primario	Reducción de la DBO	Almacenamiento	Bajo	Lodo líquido con concentración alta de patógenos Efluente con concentración alta de Biogás
Reactores anaeróbicos con deflectores	Primario o Secundario	Reducción de la DBO Estabilización con o sin gestión de Nutrientes	Almacenamiento	Bajo	Lodo líquido con concentración alta de patógenos Efluente con concentración alta de Biogás
Lodo activado	Secundario	Reducción de la DBO Gestión de Nutrientes	Almacenamiento	Medio	Lodo líquido con concentración Media de patógenos Efluente con concentración Media de patógenos
Filtro percolador	Secundario	Gestión de Nutrientes	Almacenamiento	Medio	Lodo líquido con concentración Media de patógenos Efluente con patógenos

Fuente: Organización mundial de la salud, OMS.

Tabla 4 *Guías para el saneamiento y la salud.*

* Nivel de reducción de patógenos (reducción log 10) de los sistemas bien diseñados con funcionamiento

Inodoro y tecnología de contención.	Objetivos del tratamiento	Mecanismo de reducción de organismos patógenos	Nivel de Reducción de organismo de patógenos	Productos de tratamientos y concentración de organismos patógenos
Inodoro con Arrastre de Agua y tanque séptico conectado a un pozo de absorción o un lecho de infiltración	Disminución de la demanda bioquímica de oxígeno (pequeña) Estabilización	Almacenamiento de observación (en pozo de absorción)	Bajo	Lodo líquido con alta concentración de patógenos. El efluente contiene muchos patógenos, pero estos son adsorbidos en condiciones aeróbicas en el pozo de absorción o lecho de infiltración
Inodoro seco de pozo único (que se abandona cuando está lleno)	Reducción de patógenos Estabilización, con o sin gestión de nutrientes	Absorción	Bajo	Lodo líquido con alta concentración de patógenos. El líquido (producto de lixiviado) con alta concentración de patógenos es adsorbido por el suelo en condiciones aeróbicas. La remoción de patógenos depende de las condiciones del suelo.

Inodoro con arrastre de agua y pozo doble para uso alternativo	Reducción de patógenos Estabilización, con o sin gestión de nutrientes	Almacenamiento Nota: Los pozos únicos no se debe vaciar manualmente	Alto	El lodo en el pozo se estabiliza en forma de humus con concentración baja de patógenos
Inodoro con arrastre de agua y pozo doble para uso alternativo	Reducción de patógenos Estabilización, con o sin gestión de nutrientes	Almacenamiento (al menos de 2 años) absorción	Alto (Excepto para los huevos de áscaris)	El lodo en el pozo “en reposo” se estabiliza en humus con baja concentración de patógenos. El líquido (producto de lixiviado) es adsorbido por el suelo en condiciones aeróbicas.
Inodoro seco con pozo doble (fosa alterna)	Reducción de patógenos Estabilización	Almacenamiento (al menos de 2 años) absorción	Alto (Excepto para los huevos de áscaris)	El lodo en el pozo “en reposo” se estabiliza de manera aeróbica en humus con baja concentración de patógenos
Inodoro de compostaje	Reducción de patógenos Estabilización, con o sin gestión de nutrientes	Temperatura almacenamiento	Lodo – medio + producto de lixiviado - bajo	Lodo desaguado estabilizado (compost) con concentración media de patógenos. Lixiviado con alta concentración de patógenos.

adecuado: Bajo = $\leq \log 10$; Medio = 1 a 2 $\log 10$, alto = $> 2 \log 10$.

Nivel de reducción utilizado para las bacterias a modo de ejemplo y talvez no se aplica a los virus, los protozoos ni los helmintos.

** Concentración de patógenos (patógenos por litro) Baja = $\leq 2 \log 10$; Media = 2 a 4 $\log 10$; alta = $> 4 \log 10$.

Fuente: Organización mundial de la salud, OMS, pág. 37

Sistema de acopio de las aguas residuales Contención – Almacenamiento - Tratamiento

De acuerdo a lo definido en las Guías para el saneamiento y la salud, publicación de la OMS, (2019):

“la etapa de contención solo es pertinente en los sistemas de saneamiento sin conexión a un alcantarillado y se refiere al contenedor, generalmente subterráneo, al cual se conecta el inodoro. Estos contenedores están diseñados ya sea para: La contención, el almacenamiento y tratamiento del lodo fecal y efluente (por ejemplo, tanques sépticos, letrinas de pozo secas y húmedas, letrinas de compostaje, cámaras de deshidratación, tanques de almacenamiento de orina etc.); o para • la contención y el almacenamiento (sin tratamiento) del lodo fecal y las aguas residuales (por ejemplo, tanques con revestimiento completo, saneamiento basado en el uso de contenedores)” (pp. 34). OMS (Organización Mundial de la Salud) Laura alpe - 2019

Ese no es el caso, porque actualmente, las aguas servidas son vertidas directamente al río Chancay, sin ningún tratamiento. Es decir, el poblado de Contigo Perú tiene un sistema de alcantarillado parcial, lo que presupone que hay un sector que no cuenta con el servicio. Para ese sector, se podrían utilizar pozos sépticos, sin embargo, eso plantearía otros problemas al gobierno local, porque, a pesar de ser una alternativa viable, el cumplir con los pasos adecuados para que los desechos sean almacenados, lixiviados y tratado, estos devienen en eventos con ciertos riesgos, por cuanto si la contención es permeable, las filtraciones de los

tanques sépticos (subterráneos) van a pasar a la napa freática, con el consiguiente riesgo de contaminación de las aguas subterráneas que son utilizados en los pozos de agua del subsuelo.



Figura 2. Esquema de una contención impermeable y permeable (fuente: Guías para el saneamiento y la salud OMS, 2019, p.35)

A la fecha actual, se han desarrollado tecnologías suficientemente seguras para este tipo de tratamiento, que incluye una gran cantidad de factores de diseño sanitario, tanto para el acopio y la construcción de los contenedores, como para el tratamiento de los sobrenadantes y filtraciones, y el vaciado de los desechos fecales. De modo que esta tecnología, siendo una alternativa de saneamiento de las aguas servidas, requiere de una logística, que habría que evaluar las reales posibilidades de la municipalidad de Chancay.

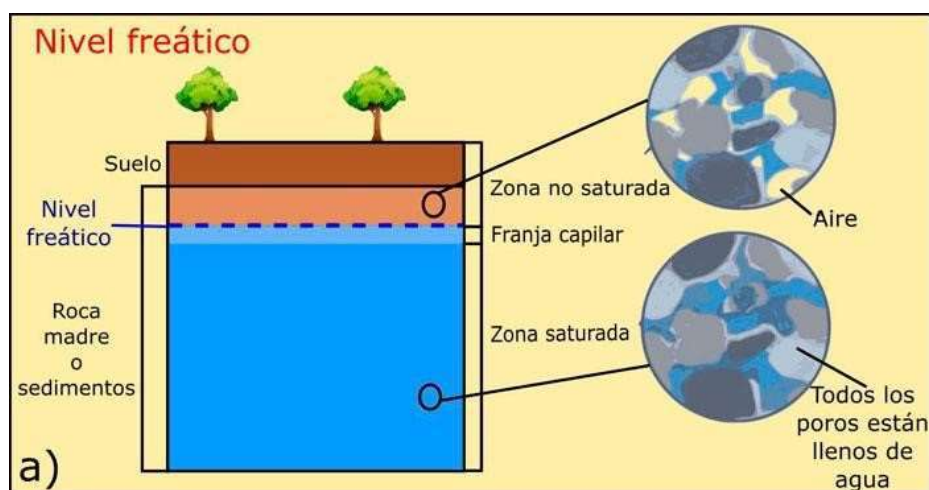


Figura 3. Localización del nivel freático.

Ref.: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-nivel-freatico> La

caracterización de las aguas residuales:

Las propiedades fisicoquímicas del agua residual doméstica, a tomarse en cuenta, según CYTED (2017), son:

Tabla 5 *Propiedades fisicoquímicas del agua residual*

Características	Fuentes
<u>Propiedades físicas</u>	
Color	Aguas residuales domésticas
Olor	Aguas residuales en descomposición
Sólidos	Aguas residuales domésticas y erosión del suelo
<u>Componentes orgánicos</u>	
Carbohidratos	Residuos domésticos
Grasas y aceites	Residuos domésticos
Fenoles	Residuos domésticos
Proteínas	Residuos domésticos
Tóxicos prioritarios	Residuos domésticos
Surfactantes	Residuos domésticos
COVs	Residuos domésticos
<u>Componentes inorgánicos</u>	
Alcalinidad	
Cloruros	
Nitrógeno	Aguas domésticas, infiltración de aguas subterráneas
Fósforo	Aguas domésticas, infiltración de aguas subterráneas
pH	Residuos domésticos
Tóxicos prioritarios	Aguas domésticas, escurrimiento natural
Azufre	Residuos domésticos
	Residuos domésticos
	Distribución de aguas domésticas y residuos domésticos
<u>Gases</u>	
Ácido sulfhídrico	Descomposición de residuos domésticos
Metano	Descomposición de residuos domésticos
Oxígeno	Abastecimiento de aguas domésticas, infiltración de agua superficial

Fuente: Buitrón M., G. y col. (2017), Manual técnico sobre tecnologías biológicas aerobias..., p. 7

Composición típica del agua residual doméstica en Perú

La generación de agua residual en el Perú ha ido aumentando año a año, y de acuerdo al reporte del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, OEFA, (2014), y es notoria la variación de región a región. En la selva, se tenía en el año 2012, un consumo diario de 136 litros/habitante/día; en la sierra, 144 litros/habitante/día; y, en la costa, 145 litros/habitante/día, lo cual es un dato de referencia muy importante para los efectos de cálculo y dimensionamiento que se han realizado. Asimismo, se espera que la producción de agua residual para el 2024 sea un poco más del 100% de la producida en 2012 (que fue de 2'217,945 m³/día).

Para el centro poblado Contigo Perú, del Distrito de Chancay, que cuenta con una población de 440 habitantes al 2020, dato utilizado para determinar las dimensiones de biodigestor. Guillermo R., K, (2011) presenta una tabla de composición típica del agua residual doméstica:

Tabla 6 *Composición típica del agua residual doméstica bruta*

CONTAMINANTES	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales (ST)	mg/l mg/l	350	720	1200
Disueltos totales (SDT)	mg/l mg/l	250	500	850
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	100	220	350
Sólidos sedimentables		5	10	20
Demanda bioquímica de oxígeno, mg/l 5 días, 20°C (DBO ₅ , 20°C)	mg/l mg/l mg/l mg/l	110	220	400
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/l mg/l	250	500	1000
Nitrógeno (total de la forma N)	N°/100 ml mg/l	20	40	85
Fósforo (total de la forma N)	mg/l	4	8	15
Cloruros		30	50	100
Sulfato		20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)		50	100	200
Grasa		50	100	150
Coliformes totales		10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸
Compuestos orgánicos volátiles		< 100	100-400	> 400

Fuente: *Guillermo, 2011, (p. 16), tomado de Kiely, 1999.*

El tratamiento aerobio

Considerando que el agua residual a tratar es proveniente del área urbana del centro poblado Contigo Perú, se trata de un agua contaminada por sustancias de usos domésticos, y considerando que como factores coadyuvantes a aumentar la carga orgánica y/o bacteriana, están algunas chancherías que aportan a contaminar el agua gris (llamada así por el color que adquieren, por la presencia de residuos de detergentes y jabones utilizados para lavar conformando las llamadas lavazas

Estas aguas grises, muy prontamente adquieren el color negruzco debido a la presencia de fosfatos.

Para llevar adelante este tipo de tratamiento biológico, es necesario el uso de microorganismos, los cuales tienen una acción sobre la materia orgánica soluble e insoluble y el nitrógeno, y bajo condiciones de pretratamiento previo, los fosfatos.

Etapas de la digestión anaerobia

La digestión anaerobia de la materia orgánica presente en las aguas residuales, de acuerdo con Rodríguez V., J. A. (2004), “se requiere de la intervención de diversas bacterias facultativas (que actúan sin o con oxígeno) y anaerobias estrictas”. Este proceso digestivo involucra tres grupos tróficos y cuatro pasos de transformación: *Tabla 7 El proceso digestivo anaerobio y sus etapas*

Grupo	Proceso	Bacterias	Familia y/o Género
I	Hidrólisis	Hidrolíticas	Enterobacteriaceae
	Acidogénesis	Fermentativas	Clostridium, Peptococcus
II	Acetogénesis	Acetogénicas	Syntrophomonas, syntrophobacter
III	Metanogénesis	Metanogénicas	Archeaeae

Fuente: von Sperling y de Lemos, 2005, págs. 300 - 310

La esquematización de las reacciones sulfato – reductoras de los sustratos orgánicos, es referida por Rodríguez V., J. A., (2004), en su informe técnico sobre tratamiento anaerobio de aguas residual, pág. 8, tomado de Gibson, 1990, en el que se muestra la siguiente:

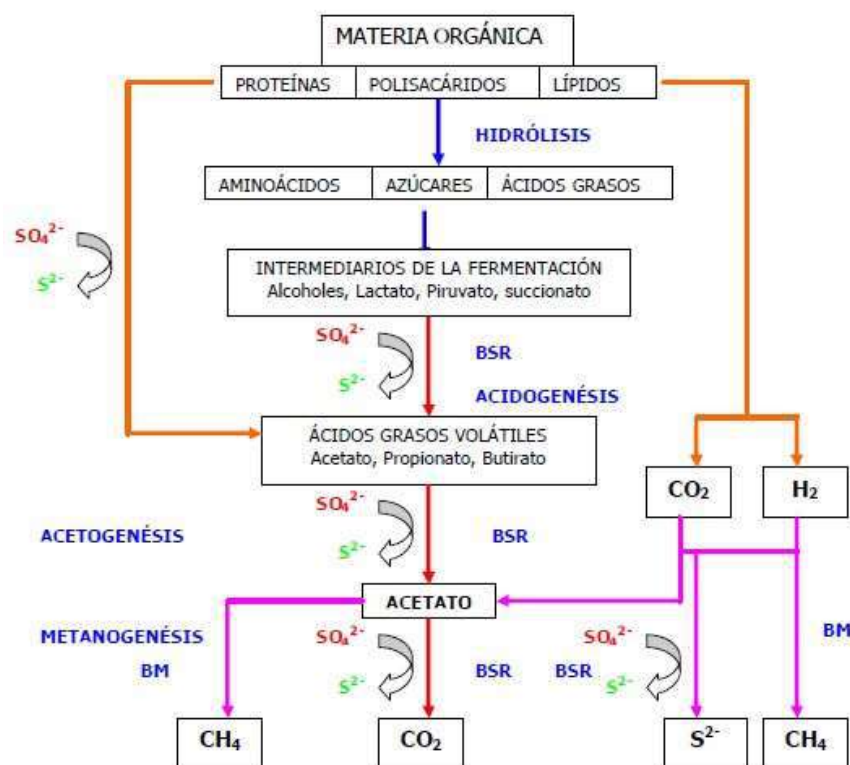


Figura 4.:Sulfato reducción de la materia orgánica (tomado de Rodríguez V., J.A., 2004), pág. 8.

Como refieren Buitrón y colaboradores (2016, p. 11), la acción sobre las materias orgánicas coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica es por la presencia de una gran variedad de microorganismos (bacterias, principalmente), por lo que, para diseñar cualquier tipo de tratamiento biológico de aguas, es necesario tener en cuenta:

- (i) Los requerimientos nutricionales de los microorganismos (necesarios para el crecimiento celular y la obtención de energía)
- (ii) El metabolismo de los microorganismos

- (iii) La relación entre crecimiento microbiano y utilización de sustrato (iv) Los factores ambientales que afectan el crecimiento microbiano. Considerando en principio que la carga microbiana en las aguas residuales es significativamente alta, para el tratamiento biológico, se utilizan esas características de concentración microbiana para activarlas y en consecuencia actúe en el medio acuoso: Es el principio del uso de los lodos activados, y que como es conocido convierten la materia orgánica disuelta y particulada, en productos más simples, de acuerdo con Buitrón y colaboradores (p. 13), el proceso de los lodos activados consta de:
- (i) Un tanque de aireación (reactor) en el cual los microorganismos se mantienen en suspensión.
 - (ii) Un sistema de separación de sólidos (tanque sedimentador)
 - (iii) Un sistema de recirculación para retornar la biomasa sedimentada (microorganismos y sólidos inertes) al reactor:

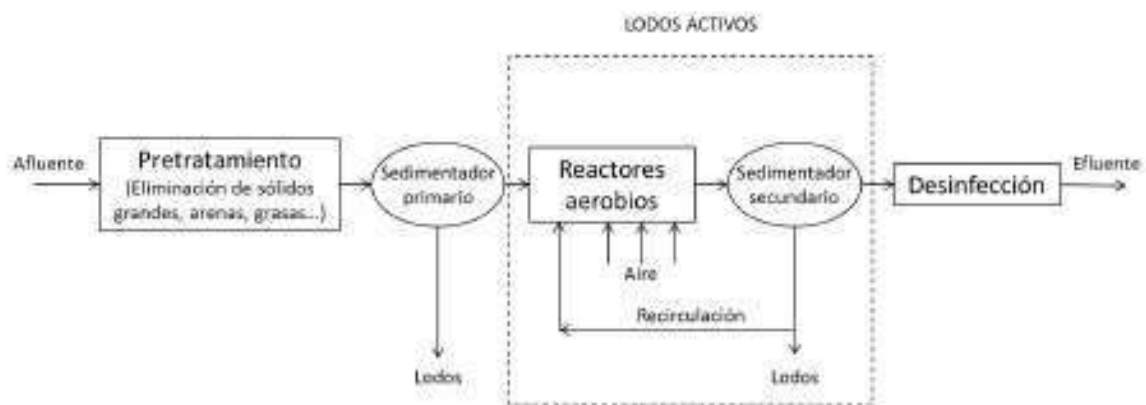


Figura 5. Diagrama de bloques de un proceso de tratamiento biológico del agua residual con lodos activos (Buitrón y col., 2016, p. 13)

El tratamiento anaerobio

La idea primordial en el tratamiento de las aguas residuales urbanas, es eliminar una gran parte de la carga orgánica presente en las aguas residuales, como el nitrógeno mediante el proceso de nitrificación a condiciones aerobias, y para la desnitrificación, condiciones anóxicas. Sin embargo, es necesario eliminar el fósforo (en forma de fosfatos). Para ello, se deberá implementar al sistema un reactor anaerobio, lo cual facilita además la eliminación del nitrógeno (Buitrón y col., p. 14):



Figura 6. Proceso de eliminación biológica de materia orgánica, nitrógeno y fósforo (Buitrón y col., p. 14)



Figura 7. Comparación de los rendimientos entre el reactor aerobio y el reactor anaerobio (Sistemas de tratamiento de aguas residuales, (2021), Universidad de Antioquia, Colombia)

El tratamiento anaerobio tiene algunas características (Monge, 2010), que le dan algunas ventajas, como:

- (i) Es suficientemente eficiente para depurar la elevada carga orgánica del agua residual.
- (ii) Tiene bajo consumo energético
- (iii) Baja producción de fangos
- (iv) Reducida superficie de implantación
- (v) Bajo consumo de productos químicos
- (vi) Reducción de costos de tratamiento (comparativamente hablando frente al tratamiento aerobio)

En el proceso de biodegradación anaerobio, la materia orgánica se transforma en biogás (aproximadamente 70% de metano, de 10 a 30% dióxido de carbono, siendo la ratio de la conversión anaerobia (Monge, p.1) dependiente de factores como:

- La naturaleza de la materia orgánica (composición del agua residual)
- La biomasa anaerobia (medida en la concentración y capacidad de adaptación)
- La mezcla y el tiempo de contacto
- Los factores ambientales (pH, temperatura, concentración de nutrientes, toxicidad, etc.)

Estos factores deberán ser controlados y optimizados para obtener mejores resultados.

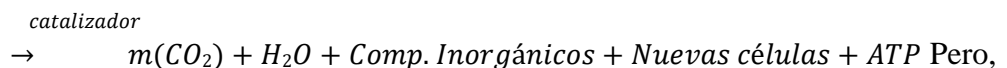
El mecanismo anaerobio facilita la reducción de la carga orgánica a gas metano mediante el empleo de bacterias anaerobias (sin presencia de oxígeno). ... El consumo de energía se reduce hasta 10 veces respecto a los procesos aerobios.

En lo que respecta al aprovechamiento energético del biogas, éste puede ser utilizado directamente en unidades de combustión, generadores de energía eléctrica y térmica. Y, respecto a las consecuencias, es que proporciona una reducida huella de carbono. (Monge, p. 1).

La ventaja para la implementación del tratamiento anaerobio, es que los reactores anaerobios son compactos y con menor requerimiento de espacio, respecto al tratamiento aerobio, y la carga volumétrica de diseño puede estar entre 10 y 25 kg DQO/m³/día, mientras que, en los reactores aerobios, ésta es del orden de 2 kg DQO/m³/día.

Otra ventaja es la reducción drástica de la producción de lodos (típicamente de 1 – 3% de la DQO biodegradada). Todos los compuestos orgánicos, salvo excepciones, pueden ser oxidados a CO₂ y agua, por la acción de agentes oxidantes fuertes

Materia Orgánica + O₂ + Nutrientes



la DQO está relacionada con la DBO₅, y se define como la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias durante la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición (sustratos) en condiciones aerobias, por lo que para su determinación la prueba debe realizarse a la temperatura media del agua natural (20°C). Mientras que la DBO se realiza por bioensayo y mide el oxígeno consumido por las bacterias en los sustratos, la DBO₅ es el valor de BDO a los 5 días, y en las aguas residuales urbanas representa 65 a 80% del total de la materia orgánica oxidable, sin embargo, para que finalice la oxidación biológica se requiere de más tiempo, aunque para fines prácticos, se considera completa los 20 días. (Rodríguez L., D. C., 2018, Universidad de Antioquía, Colombia).

El estado de arte en lo referente a lodos activados, una tecnología para asegurar que el proceso se cumpla de manera adecuada y exitosa, lo cual se puede resumir en el manejo de algunos

parámetros y condiciones de operación, como, por ejemplo, que la generación de la biomasa activa sea suficiente para que pueda digerir los contaminantes del agua residual; de igual modo, que se produzca la floculación ; y, que se logre una buena sedimentación de los flocs, para concentrar los lodos, recircularlos, y como resultado, obtener el sobrenadante con menos NTU (nephelometrics turbidity units), o grado de clarificación o transparencia, debido a la concentración de partículas suspendidas (<https://www.tecnocverting.es/articulos tecnicos/que-es-la-ntu/>) .

Lo recomendable, es entonces, la implementación de un sistema combinado aerobio – anaerobio, para dar tratamiento integral al problema.

Los parámetros operacionales con lodos activos:

De acuerdo a lo referido por Butrón y colaboradores (2016), se han tomado y considerado los principales parámetros operacionales:

La concentración de sólidos suspendidos (SS), en la mezcla o licor de lodos activos: La cual no debe sobrepasar los límites funcionales, o cotas de operación. Para que se pueda considerar la característica de concentración de los SS, éstos deberán estar entre 1500 y 5000 ppm (incluyendo sustrato, biomasa e inertes), tomando en cuenta que dentro de la biomasa habrá sólidos suspendidos volátiles (SSV), que en algunos casos se puede considerar que los SSV son la parte activa de la mezcla. La importancia de este factor radica en que la transferencia de oxígeno en los reactores biológicos depende del sistema de mezclado. En este proceso se ha observado que, para lograr mejor transferencia de oxígeno, la potencia requerida también será mayor. Y se debe tomar en cuenta que la potencia de mezclado debe ser igual a la aireación. Ello significa que la oxigenación depende de la potencia de agitación, dentro de los límites señalados. Buitrón y colaboradores (2016), p.17

- (i) **El tiempo de retención de sólidos (TRS) o tiempo de residencia celular (TRC)**, es el tiempo de permanencia de la biomasa en el sistema de reacción. Es un parámetro necesario para la operación con lodos activos:

$$TRS = \frac{V * SSV, en reactor}{Q_p * SSV, purga + Q_{efluente} * SSV_{ef}} , \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

- V : volumen del reactor
- SSV_{Reactor} : es la concentración de SSV en el reactor
- Q_P : es el caudal volumétrico en la purga de lodos
- Q_{efluente} : es el caudal volumétrico en el efluente

SSV_{ef} : : es la concentración de SSV en el efluente

Tabla 8 *Valores típicos del TRS en el tratamiento biológicos de lodos activos*

Objetivo del tratamiento	TRS (días)
Eliminación biológica de materia orgánica	3 – 5
Eliminación biológica de materia orgánica y nitrógeno	5 – 20
Eliminación biológica de fósforo	5 – 10
Degradación de compuestos xenobióticos	10 – 50

Fuente: Buitrón y colaboradores (2016), p.17

(ii) **Carga orgánica y relación alimento/microorganismos (F/M)**

Es la cantidad de DQO o DBO que ingresa al sistema por unidad de tiempo (VCO)

$$VCO = Q_{in} * [DQO] \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

Q_{in} : es el influente al sistema en m^3/d

[DQO]: es la concentración de la DQO, en g/m^3

$$\frac{F}{M} = \frac{DQO * Q_{in}}{V * X} = \frac{DQO}{TRH * X} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

V: Es el volumen del reactor, en m^3

X: es la concentración de SSV, en kg/m^3

TRH: es el tiempo de residencia hidráulico del sistema (TRH = V/Q_{in}).

(iii) **Niveles de oxígeno disuelto**

De acuerdo a los parámetros de la OMS (2019), la concentración mínima de oxígeno disuelto en el tanque de aireación, se debe mantener en el intervalo de 1 – 2 $mg O_2/L$. Pero, si hay nitrificación, el valor puede estar entre 2 – 4 $mg O_2/L$. En el caso de valores superiores a 4 $mg O_2/L$, éstos no mejoran significativamente la operación, pero afectan los costos económicos de operación.

(iv) **Sedimentabilidad**

Permite determinar la eficacia del lodo activo en la formación de sedimentos. Y lo recomendable, es que el lodo activo coadyuve a la sedimentación, mejorando con ello los TRS (v) **Aspectos ecológicos:**

Se ha determinado mediante monitoreo de los efluentes, la condición del agua saliente. Lo deseable es que quede libre de componentes indeseables, o al menos dentro de los valores que los estándares de calidad ambiental lo permiten. Ello contribuye a la sustentabilidad.

Diseño y Construcción del Biorreactor

De acuerdo a los criterios de la referencia, el diseño debe adecuarse a varios factores, como la densidad poblacional, las tecnologías de contención, la capa freática, las fuentes de aguas potables locales utilizadas, de modo que este tipo de disposición tiene algunas restricciones. En la zona urbana de Contigo Perú existe una planta de tratamiento de agua residual en estado de inoperatividad desde hace muchos años, y solo sirve como un retén transitorio del agua residual de la población, pero que no recibe ningún tratamiento.

Ante ello, se ha abordado el tratamiento anaerobio de flujo ascendente, que resulta ser una variación del proceso de contacto anaerobio desarrollado hace varias décadas, que consta de un reactor en el cual el flujo ingresa por la base del tanque reactor, fluye en forma ascendente, atravesando el medio anóxico conformado por el agua pre procesada, y luego en la parte superior se separan la gaseosa generados por la reacción anaerobia. El líquido efluente del reactor sale clarificado, y los tiempos de residencia de la masa con los sustratos son relativamente cortos. Ese es básicamente el principio del tratamiento anaerobio.

Tipos de reactores anaerobios:

Son dos, (Norma de saneamiento S.090) aunque puede haber variantes o combinatorias:

- (i) El reactor de lecho fluidizado, en el cual el medio de contacto es generalmente arena, y el ingreso del agua residual doméstica efluente, se realiza a una tasa controlada, implementándose un circuito para la recirculación. De modo que, ante la turbulencia generada por el caudal de ingreso al reactor, se forma el lecho fluidizado, en el seno del cual se verifica el contacto donde chocan los componentes del sustrato y por acción de la biomasa, ésta se nutre y forma los glomérulos alrededor de los granos del medio.

- (ii) El reactor de flujo ascendente con manto de lodos (conocido como RAFA o UASB), en el cual se verifica el flujo del agua residual atravesando la zona de manto de lodos.

La digestión anaeróbica: Es un proceso biológico degradativo, complejo que se presenta cuando un sustrato orgánico es convertido en biogas, por la reacción de las bacterias sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno. La digestión anaeróbica tiene cuatro fases (hidrólisis, etapa fermentativa o acidogénica, etapa acetogénica y la etapa metanogénica). Para discriminar adecuadamente la conveniencia de una de las alternativas, se evaluaron las ventajas y desventajas del proceso.

Entre las ventajas, están las siguientes:

- Se eliminaría el proceso de sedimentación.

- El tiempo de retención es corto

- Se forma biogas

- Se pueden generar desechos sólidos de alta concentración (los cuales deberán ser tratados posteriormente, pero ya como sólidos separados) Las desventajas son:

- Requieren de control operacional que conlleva un costo adicional.

- Los lodos requieren tratamiento para eliminar la carga bacteriana y de parásitos, para la transformación del nitrógeno en amoníaco (proceso aerobio).

- La sensibilidad a los cambios de concentración en la carga o de temperatura.

- No es aplicable para concentraciones bajas de sustratos La acción de la corrosión sobre las estructuras.

Ante ello, se debe realizar un análisis de costo – beneficio, el mismo que debe dar luces sobre las ventajas, debido a que, en la práctica, lo más conveniente, es considerar el criterio de Buitrón y colaboradores (2017), mostrado en la figura 5, que apuestan por la conveniencia de implementar sistemas combinados de tratamiento anaerobio, tratamiento anóxico y tratamiento aerobio.

La limitación es la experimentación, porque requiere de algún presupuesto y facilidades de parte de los órganos municipales y del gobierno regional, lo cual, naturalmente, si bien es plenamente justificable por tratarse de beneficios de la población de Contigo Perú, requiere el apoyo de los entes referidos.

Ante la limitación de implementar el sistema anaerobio de lecho fluidizado, el cual requiere un mayor grado de mecanización, se ha optado por el reactor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodo, alrededor del cual existen experiencias en otras latitudes, con mucho éxito.

Pretratamiento para implementar el reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA) Son tres operaciones previas a uso del reactor RAFA:

- (i) **Cribado:** Es la operación de limpieza manual, salvo que la cantidad de material a cribar requiera de limpieza mecanizada. En el caso del centro poblado Contigo Perú, la población es de alrededor de 400 personas, lo que indica que solo se necesitará lo primero.

Las cribas son plataformas de operación y drenaje de material cribado con barandas de seguridad (a manera de rejillas), donde queda retenido el material grueso de diversa naturaleza (orgánica, inorgánica, sintética, etc.).

La zona de instalación de las cribas debe ser antes de cualquier etapa de tratamiento, y requiere iluminación para operar durante la noche, asimismo, se necesita el espacio suficiente para almacenar el material cribado en condiciones sanitarias adecuadas. Del mismo modo, se prevé la disposición final del material cribado; y finalmente, se debe contar con las compuertas de by pass necesarias para cerrar el funcionamiento de algunas unidades, de acuerdo a las circunstancias

Recomendaciones técnicas para el diseño de cribas, de acuerdo a la Norma de saneamiento S.090:

- a. Utilizar barras de sección rectangular de 5 a 15 mm de espesor y de 30 a 35 mm de ancho.
- b. Espaciamiento entre barras, de 20 a 50 mm (en promedio es recomendable de 25 mm). El espaciamiento depende del caudal. Para el cribado de Contigo Perú, se estima que el caudal es de alrededor de 2666.66 litros/hora, 64000 litros/día

El espaciamiento recomendado para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Contigo Perú es de 25 mm, que permitirá manejar adecuadamente el caudal de 44.444 litro/segundo.

- c. Se estima que el caudal variará durante el día, siendo el mayor flujo en horas de la mañana, a partir de las 6 am hasta las 12, incluyendo los caudales de las chancherías ubicadas en el lugar (4 en total, cada una produce un total de 6000 litros/día de agua servida).
- d. La norma recomienda dos canales de cribado, pero en el caso de caudales pequeños, como es el caso de Contigo Perú, un solo canal con by pass para

casos de emergencia, atoros, o mantenimiento. Los canales deben tener una caída de 5°, y las rejas de la criba de limpieza manual un ángulo de incidencia de 45 a 60°. Asimismo, la cantidad de material cribado se determina con la siguiente tabla:

Tabla 9 *Cantidad de material cribado en aguas residuales vs abertura de reja*

Abertura (mm)	Cantidad de material cribado del agua residual (l/m ³)
20	0.038
25	0.023
35	0.012
40	0.009

Referencia: Norma de saneamiento S.090, p. 40

De acuerdo a las estimaciones de caudal, y considerando una apertura de reja de 25 mm, la cantidad de material cribado es de 0.023 l/m³. Finalmente, se consideran dos modelos de guías laterales para las cribas, que facilitan el mantenimiento y limpieza: Una en “L” y otra en “U”, la segunda permite un mejor acceso a la limpieza.

(ii) **Desarenado:** Es la segunda operación física que se ejecuta sobre el sustrato, con el propósito de eliminar la arena que es arrastrada por la corriente del agua servida.

El diseño de un desarenador se basa en el principio de la gravedad, que permite mediante sistemas helicoidales, o de flujo horizontal, la remoción de las arenas. Los desarenadores se usan para eliminar los sólidos en suspensión, con el propósito de mejorar la calidad de las aguas residuales.

Por lo general, el desarenador tiene un puerto de entrada en la parte superior del tanque receptor. El componente central es el hidrociclón, con la disposición de un cono invertido. Se alimenta con una corriente que ingresa en un ángulo tal que la trayectoria de la corriente genera un patrón circular dentro del hidrociclón, lo que hace que el agua se arremoline a cierta velocidad, lo que facilita el efecto centrífugo que impulsa a las partículas más pesadas hacia las paredes del hidrociclón, mientras que las ligeras hacia el eje central, de donde se elevan y terminan saliendo por el puerto de descarga.

Lo que determina la eficiencia del hidrociclón son sus dimensiones y la velocidad de ingreso del caudal.

Aquí, en esta unidad se logra reducir la carga bacteriana junto con los sólidos suspendidos y separados luego por decantación. Por su parte, la turbidez del agua se controla mediante la escala de comparación nefelométrica (en NTU).

Diseño del desarenador:

Los desarenadores de flujo horizontal permiten remover partículas con diámetros medios o superiores a 0.20 mm, lo que se logra regulando el caudal a una velocidad de flujo de 0.3 m/s.

La tasa de aplicaciones (según la Norma de saneamiento S.090) debe estar entre 45 y 70 m³/m²/h, lo cual se regula de acuerdo al caudal máximo horario, y durante el día puede variar notablemente.

Para efectos de control, es recomendable medidores de tipo Parshal o Palmer Bowius, que permiten medir la velocidad del caudal.

(iii) Medidor y regulador de caudal de régimen crítico:

Es un equipo indispensable para regular el flujo del caudal, el cual puede tener un sistema neumático de control, o eléctrico, el cual debe mantenerse dentro de un “set point” (valor deseable), con oscilaciones mínimas.

El diseño del reactor anaerobio

Los parámetros referenciales para el diseño del reactor anaerobio de flujo ascendente, para el agua residual doméstica, de acuerdo a la Norma de Saneamiento S.090 (p. 91), son los siguientes:

- a. El **pretratamiento** mediante cribas y desarenadores, además de un sistema regulador de caudal.
- b. **Carga de diseño:** Para aguas residuales domésticas, la carga adecuada es de 1.5 a 2 kg DQO/(m³*día)
- c. **Sedimentador:** Se considera que:

La carga superficial, calculada en base al caudal medio, es de 1.2 a 1.5 m³/(m²*h)

La altura del de sedimentador: 1.5 m.

Inclinación de las paredes: 50° a 60°

Deflectores de gas en la arista central deberá dejar una abertura de 0.15 o 0.20 m para el paso de sólidos

Velocidad de paso por las aberturas: 5 m³/(m²*h), calculado en base al caudal máximo horario.

d. **Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA):** Se ha considerado:

Velocidad ascensional es de $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2*\text{h})$, calculado en base al caudal máximo horario.

Altura del reactor: se asumió una altura de 4.5 metros

Punto de alimentación: $0.5 \text{ m}^2/\text{punto de alimentación}$.

La línea de alimentación estará a 0.2 m de la base del reactor, y debe fluir hacia la parte superior.

El tiempo de retención hidráulica (TRH) es de 6.5 horas (al caudal medio diario).

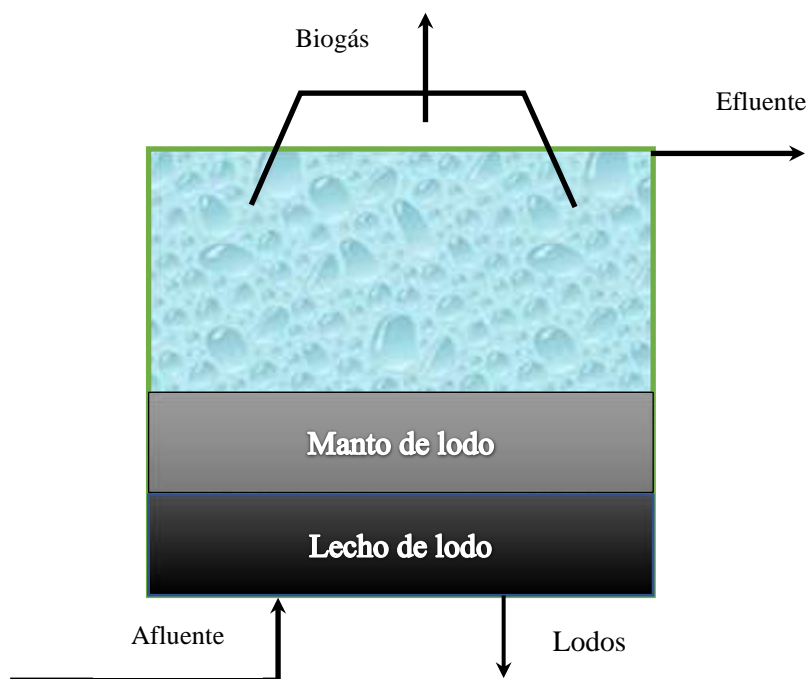


Figura 8. Reactor anaerobio de flujo ascendente (elaboración propia del autor)

- e. **Colectores de gas:** En el tope del reactor se colectarán los gases formados durante la reacción, CH_4 , CO_2 , y otros gases en menor proporción, siendo deseable tener una producción aproximada de $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2*\text{h})$. En consideración a que puede que no haya un flujo constante de gas, y para evitar que las espumas formadas se acumulen y rebosen el borde superior del tanque reactor, se prevé a necesidad de un sistema mecánico de dispersión y retiro de espumas (a la manera de paletas de barrido superficial); aunque la opción alterna es la revisión completa del proceso,

incluyendo la caracterización del agua residual (presencia de tensoactivos, grasas, lodos envejecidos, y la limpieza), que originan espumación.

Altura total del reactor anaerobio: Es igual a la sumatoria de la altura del sedimentador, la altura del reactor anaerobio y un margen de seguridad que permite disponer de un borde libre (aproximadamente del 20% de exceso de la altura total previa, lo que dará una altura total de 5.4 metros)

Volumen del reactor anaerobio de flujo ascendente: De acuerdo a las recomendaciones dadas por la norma en referencia el reactor debe tener un volumen máximo de 400 m³, y si el caudal lo requiere, se deberá implementar otro módulo.

Parámetros de diseño:

(a) Área Superficial de Soporte:

El área superficial de soporte se refiere a la carga orgánica superficial (o carga orgánica másica), o masa de sustrato alimentado por unidad de superficie de soporte y por unidad de tiempo (kg DQO/m² d).

Gran parte de la biomasa es atrapada entre el soporte, la relación Área/Volumen es un aspecto muy importante de diseño.

(b) Carga Orgánica Másica (B_x):

Es la masa del sustrato (kg DQO) que se alimentan por unidad de biomasa (kg SSV) y por unidad de tiempo.

La B_x máxima de diseño y operación para este reactor es de 1 kg DQO/kg SSV-día a 35°C. Trabajar a cargas mayores producirá acidificación del reactor.

$$B_x = \frac{Q * S_0}{X_t V} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

V: Volumen del reactor (m³)

Q: Gasto (m³/d).

S₀ : Concentración inicial del sustrato (kg DQO/m³) B_x:
Carga orgánica másica (kg DQO/kg SSV * d).

X_t: Concentración de la biomasa dentro del reactor (kg SSV/m³).

(Observación: en la práctica este último valor es de difícil determinación).

(c) Carga orgánica volumétrica (B_v):

Es la cantidad de sustrato (kg DQO) que se introducen por unidad de volumen (m³ del reactor), por unidad de tiempo al día. Este parámetro es el de más uso:

$$B_V = Q \cdot V S_0 \quad (kg DQO / m^3 \cdot d) \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

B_v: carga orgánica volumétrica (kg DQO/m³*d)

V: volumen del reactor (m³)

Q: gasto (m³/d)

S₀: concentración de sustrato (kg DQO/m³)

TRH: tiempo de retención hidráulica (V/Q)

(d) Tiempo de retención celular (TRC o \bar{x})

Es el tiempo en días que permanece la biomasa en el reactor.

$$TRC = \frac{X_t V}{Q_P X_P + Q \cdot X_0} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

TRC : tiempo de retención celular (d)

V : volumen del reactor (m³)

Q : gasto de agua tratada (m³/d)

X_t : concentración de biomasa (kg SSV/d)

Q_P : gasto de purga (m³/d)

X_P : concentración de biomasa purgada (kg SSV/d)

X₀ : concentración de biomasa en el efluente
(kg SSV/d)

Si se desprecia X₀ en el efluente, la ecuación (6) quedará:

$$TRC = \frac{X_t V}{Q_P X_P} \dots \dots \dots (7)$$

Balance de materia en el reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

$$M_{entrada} - M_{salida} - M_{consumida} + M_{generada} = M_{acumulada} \dots (8)$$

Balance de flujo molar:

La Ecuación general del balance molar se expresa en términos del flujo de moles:

$$\begin{matrix} \text{Velocidad de flujo} & & \text{Velocidad de generación} & & \text{Velocidad de flujo} & & \text{Velocidad de acum} \\ \text{de } j \text{ dentro del} & & \text{de } j \text{ por reacción en} & & \text{de } j \text{ fuera del} & & \text{de } j \text{ dentro del} \\ & & & & & & \\ \text{distema} & + & \text{el sistema} & - & \text{sistema} & = & \text{distema} \\ \text{(moles)} & \text{(moles)} & \text{(moles)} & \text{[tiempo]} & \text{[tiempo]} & & \text{[tiempo]} \end{matrix}$$

$$F_{j0} + G_j - F_j = \frac{d N_j}{dt} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

F_{j0} Es el flujo molar de entrada

G_j Es el flujo de moles generados por reacción, se representa como la velocidad de reacción por elemento diferencial de volumen.

$-F_j$ Es el flujo molar de salida

$\frac{d N_j}{dt}$ Es la cantidad molar acumulada en el sistema

Balance global:

El balance global es necesario para determinar la capacidad del reactor anaerobio de flujo ascendente, que está basado en la composición de los efluentes del agua residual urbana de Contigo Perú. Se ha considerado los componentes más representativos como la urea, el potasio, fósforo, nitrógeno, pentóxido de fósforo y óxido de potasio, además de la carga bacteriana presente en el cuerpo de agua residual urbana:

Se tomó en cuenta que el pH dentro del reactor anaerobio de flujo ascendente debe estar alrededor de 7. Si el pH baja, producirá la acidificación del medio, que produce la inhibición de la actividad bacteriana, y el reactor queda paralizado y produce la corrosión oxidativa de las estructuras. El otro extremo es la alcalinización del medio, que produce la inhibición de las bacterias productoras de metano.

A continuación, se presenta la tabla de composición del agua residual de acuerdo a la masa poblacional de Contigo Perú:

Tabla 10 *Balance molar de composición del agua residual en el centro poblado Contigo Perú (base 2022)*

Composición de la orina					
	Agua (95%)	Urea, creatinina y ácido úrico (3%)	Sales minerales como cloruros (Na ⁺ , K ⁺ , Ca ⁺² , H ⁺) (2%)	P ₂ O ₅	Moles totales
Peso Molecular	18	3.73735 ^(*)	1.3971 ^(**)	---	---
Peso (TM)	563.78	20.77	8.90	---	---
Moles	31.3211	5.5574	6.3703	---	43.2488
Composición de las heces					
Peso Molecular	---	----	---	141.94	---
Peso (TM)	---	---	---	55.03	---
Moles	---	---	---	0.3877	0.3877
Moles totales del agua residual					
Moles	33.3211	5.5574	6.3703	0.3897	43.6365
Vol., m ³	563.78	20.77*0.74=15.37	6.3703*0.567=3.612	0.39*2.3=0.9	583.66

(*) $60.06*0.02+168.11*0.005+113.12*0.015 =3.73735$

(**) $58.44*0.25+74.55*0.25+ 110.98*0.25+35.45*0.25=1.3971$

Fuente: elaboración propia

Orina: La masa es estimada en base al dato publicado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2019), en el libro del censo poblacional, y la proyección se hace para los próximos 14 años.

Masa poblacional de Contigo Perú:

Según censo de 2019 - INEI, y considerando una tasa de crecimiento poblacional promedio de 1.1247% anual, se han obtenido los datos mostrados en la Tabla N° 8, y la proyección del crecimiento poblacional, utilizando mínimos cuadrados para los próximos diez años, se muestra en la tabla N° 9.

Es en base a los datos, que es posible determinar las dimensiones de la planta de tratamiento de aguas residuales y en específico, del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA) diseñado para el Centro Poblado Contigo Perú.

Tabla 11 *Crecimiento demográfico en el Centro Poblado Contigo Perú*

Año	Total	Hombres	Mujeres
-----	-------	---------	---------

2007	915	455	460
2008	925	460	465
2009	936	465	470
2010	946	470	476
2011	957	475	482
2012	968	480	488
2013	979	485	494
2014	990	490	500
2015	1001	495	506
2016	1012	501	511
2017	1023	507	517
2018	1035	513	522
2019	1046	519	527
2020	1058	525	533
2021	1070	531	539

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Nacional, 1950 - 2070. Boletín de Análisis Demográfico N° 38.

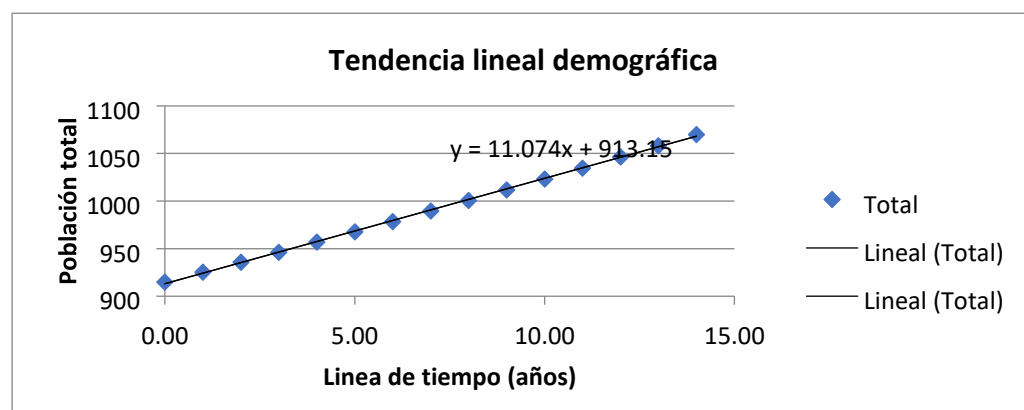


Figura 9. Línea de tendencia demográfica en Centro Poblado Contigo Perú

Es en base a la estimación del crecimiento demográfico poblacional que se determinan las cantidades de material que se debe procesar dentro del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA), dado que la proyección es para catorce (14) años, incluyendo el 2022.

La línea de tendencia muestra un crecimiento moderado, por lo que se puede concluir de ello, en que la instalación de la PTAR incluyendo el reactor RAFA, abastecerá debidamente a la población durante los siguientes 25 años, año a partir del cual se deberán redimensionar las instalaciones para cubrir adecuadamente la demanda de saneamiento de las aguas residuales de la población del Centro Poblado Contigo Perú

Como datos de diseño se ha considera el cálculo correspondiente a la composición de las aguas residuales domésticas, las que constan de líquidos (orina, lavazas, emulsiones de aceites y otras sustancias), y sólidos (heces, plástico, madera, y sólidos suspendidos)

A continuación, se muestran tablas con los principales componentes que caracterizan estas aguas residuales domésticas:

Tabla 12 *Proyección demográfica en el Centro Poblado Contigo Perú (2022 -2036)*

Año	Total, proyectada (mínimos cuadrados)	Población Hombres	Mujeres
2022	1079	537	542
2023	1090	542	548
2024	1101	548	554
2025	1112	553	559
2026	1124	558	565
2027	1135	563	572
2028	1146	568	578
2029	1157	572	584
2030	1168	578	590
2031	1179	583	596
2032	1190	589	601
2033	1201	595	606
2034	1212	601	611
2035	1223	607	616
2036	1234	613	622

Fuente: Elaboración propia

Se ha utilizado el método estadístico de regresión lineal por mínimos cuadrados, a partir de la base de datos demográficos obtenidos de los reportes censales del INEI. Con la base de datos de los últimos 15 años (hasta 2021), se ha proyectado por 15 años más, lo cual ofrece la certidumbre de que el diseño del reactor UASB de la PTAR, podrá satisfacer las exigencias de tratamiento del agua residual del C.P. Contigo Perú, hasta por 25 años.

Tabla 13 *Composición del agua residual doméstica en C.P. Contigo Perú – Balance total (Proyección estadística)*

Proyección	Hombres	Mujeres	Año	Población total	Agua, TM	Urea, TM	Fosfatos, carbonatos y cloruros, TM	Ácido Úrico, TM	Creatinina, TM	Masa Orina, TM	Total Volumen, m ³	Masa Total Heces, TM	Agua, TM	Sólidos, TM
1079.3	537.0	542.3	2022	1079	563.78	14.84	8.90	2.97	2.97	593.45	582.96	55.03	41.27	13.76
1090.3	542.5	547.9	2023	1090	569.53	14.99	8.99	3.00	3.00	599.50	588.90	55.59	41.69	13.90
1101.4	547.9	553.5	2024	1101	575.27	15.14	9.08	3.03	3.03	605.55	594.84	56.15	42.11	14.04
1112.5	553.1	559.3	2025	1112	581.02	15.29	9.17	3.06	3.06	611.60	600.79	56.71	42.53	14.18
1123.6	558.1	565.4	2026	1123	586.77	15.44	9.26	3.09	3.09	617.65	606.73	57.27	42.95	14.32
1134.6	562.9	571.7	2027	1134	592.52	15.59	9.36	3.12	3.12	623.70	612.67	57.83	43.38	14.46
1145.7	567.6	578.1	2028	1145	598.26	15.74	9.45	3.15	3.15	629.75	618.61	58.40	43.80	14.60
1156.8	572.5	584.3	2029	1156	604.01	15.90	9.54	3.18	3.18	635.80	624.56	58.96	44.22	14.74
1167.9	577.7	590.2	2030	1167	609.76	16.05	9.63	3.21	3.21	641.85	630.50	59.52	44.64	14.88
1178.9	583.3	595.6	2031	1178	615.51	16.20	9.72	3.24	3.24	647.90	636.44	60.08	45.06	15.02
1190.0	589.2	600.8	2032	1190	621.78	16.36	9.82	3.27	3.27	654.50	642.93	60.69	45.52	15.17
1201.1	595.3	605.8	2033	1201	627.52	16.51	9.91	3.30	3.30	660.55	648.87	61.25	45.94	15.31
1212.2	601.3	610.9	2034	1212	633.27	16.67	10.00	3.33	3.33	666.60	654.81	61.81	46.36	15.45
1223.2	607.0	616.2	2035	1223	639.02	16.82	10.09	3.36	3.36	672.65	660.76	62.37	46.78	15.59
1234.3	612.5	621.8	2036	1234	644.77	16.97	10.18	3.39	3.39	678.70	666.70	62.93	47.20	15.73

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Cálculos en proyección de diseño del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

Año*	Población	Consumo medio de Agua m ³ /año/persona	Total, agua, m ³ /año	Orina en el agua, m ³ /año/persona	densidad de la orina	Volumen total orina/año	Heces en el agua, TM/año-personas	densidad de las heces humanas	Lodo total producido, TM/año	Lodo producido, TM/día	Volumen total al heces, m ³ /año	Volumen a tratar m ³ /día	Volumen a tratar m ³ /hora	Volumen estimado de biogas, m ³ /(m ² .h)	Área disponible, m ²	Diámetro, m	Altura, m
2007	915	43.8	40077.00	0.538	1.018	492.10	0.051	4.00	46.67	0.128	11.67	109.80	4.58	0.208333333	21.96	5.28	5
2008	925		40527.73			497.64			47.19	0.129	11.80	111.03	4.63	0.210676389		5.31	
2009	936		40983.53			503.24			47.72	0.131	11.93	112.28	4.68	0.213045796		5.34	
2010	946		41444.46			508.90			48.26	0.132	12.06	113.55	4.73	0.215441851		5.37	
2011	957		41910.57			514.62			48.80	0.134	12.20	114.82	4.78	0.217864854		5.40	
2012	968		42381.93			520.41			49.35	0.135	12.34	116.11	4.84	0.220315107		5.43	
2013	979		42858.58			526.26			49.90	0.137	12.48	117.42	4.89	0.222792918		5.46	
2014	990		43340.60			532.18			50.47	0.138	12.62	118.74	4.95	0.225298595		5.49	
2015	1001		43828.04			538.16			51.03	0.140	12.76	120.08	5.00	0.227832454		5.52	
2016	1012		44320.96			544.22			51.61	0.141	12.90	121.43	5.06	0.230394809		5.56	
2017	1023		44819.42			550.34			52.19	0.143	13.05	122.79	5.12	0.232985983		5.59	
2018	1035		45323.49			556.53			52.77	0.145	13.19	124.17	5.17	0.235606299		5.62	
2019	1046		45833.23			562.79			53.37	0.146	13.34	125.57	5.23	0.238256084		5.65	
2020	1058		46348.70			569.11			53.97	0.148	13.49	126.98	5.29	0.240935671		5.68	
2021	1070		46869.97			575.52			54.57	0.150	13.64	128.41	5.35	0.243645394		5.71	
2022	1079		47271.78			580.45			55.04	0.151	13.76	129.51	5.40	0.245734167		5.74	
2023	1090		47756.84			586.41			55.61	0.152	13.90	130.84	5.45	0.248255637		5.77	
2024	1101		48241.89			592.36			56.17	0.154	14.04	132.17	5.51	0.250777107		5.80	
2025	1112		48726.95			598.32			56.74	0.155	14.18	133.50	5.56	0.253298578		5.83	
2026	1124		49212.00			604.27			57.30	0.157	14.33	134.83	5.62	0.255820048		5.85	
2027	1135		49697.05			610.23			57.87	0.159	14.47	136.16	5.67	0.258341518		5.88	
2028	1146		50182.11			616.19			58.43	0.160	14.61	137.49	5.73	0.260862988		5.91	

2029	1157		50667.16			622.14			59.00	0.162	14.75	138.81	5.78	0.263384459		5.94	
2030	1168		51152.22			628.10			59.56	0.163	14.89	140.14	5.84	0.265905929		5.97	
2031	1179		51637.27			634.05			60.13	0.165	15.03	141.47	5.89	0.268427399		6.00	
2032	1190		52122.33			640.01			60.69	0.166	15.17	142.80	5.95	0.27094887		6.03	
2033	1201		52607.38			645.96			61.26	0.168	15.31	144.13	6.01	0.27347034		6.05	
2034	1212		53092.43			651.92			61.82	0.169	15.45	145.46	6.06	0.27599181		6.08	
2035	1223		53577.49			657.88			62.38	0.171	15.60	146.79	6.12	0.27851328		6.11	
2036	1234		54062.54			663.83			62.95	0.172	15.74	148.12	6.17	0.281034751		6.14	
																D. Medio	5.72

Fuente: Elaboración propia.

*: el color azul representa la proyección realizada por mínimos cuadrados.

Para determinación de diámetro y área lateral del tanque, se utilizaron las siguientes relaciones:

$$D = \sqrt{\frac{4 * V}{h * 3.1416}}$$

$$A = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

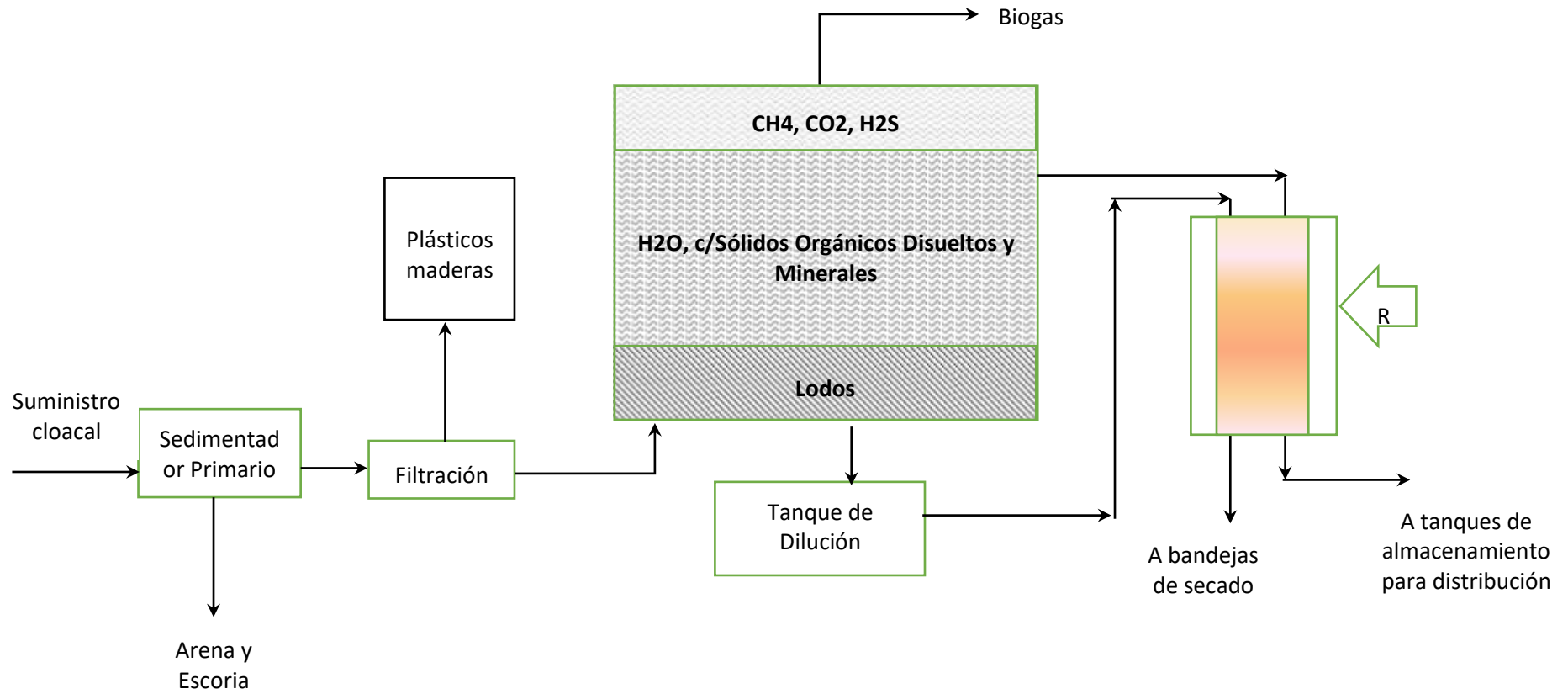


Figura 10. Diagrama de flujo del Proceso

Fuente: Elaboración propia

<i>Insumo</i>	<i>Digestor</i>	<i>Producto</i>
<i>Desecho orgánico</i>	\rightarrow <i>Material Sólido + H₂O</i>	\rightarrow <i>Biogas</i>
<i>Sólido + H₂O</i>	<i>Microorganismos</i>	<i>Bioabono,</i> <i>Agua tratada</i>

Legislación

D.S. 003 – 2010 – MINAM, aprueba los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales.

Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales, 2014. OEFA.

Ley N° 30045, Ley de modernización de los servicios de saneamiento, 2013.

D. S. 006 – 2015 – Vivienda, Reglamento de la Ley N° 30045, Ley de modernización de los servicios de saneamiento

De acuerdo a las recomendaciones de la OMS (2019), se han establecido y normado los sistemas y servicios de saneamiento, tales como la ISO/FDIS 30500 (2018); la ISO 24521 (2016) referido a las actividades relacionadas con los servicios de agua potable y de agua residual. Guías para el manejo del servicio básico in situ de las aguas residuales domésticas; la ISO 24510 (2007), que son las guías para la evaluación y mejora de los servicios presatados a los usuarios; y la norma ISO 24511 (2007), referentes a las guías para el manejo de las instalaciones de aguas residuales y para la evaluación de los servicios de agua residual.

La presente investigación se están considerando esos criterios, a objeto de proteger la salud de la población y el ambiente, dado que la Tierra es la madre de toda la vida, y debe ser considerada como un ser vivo, que merece ser atendida como tal, entre otros, con el criterio de Ecosofía, de Comins (2016), evitando lo que se considera como las agresiones ambientales, el cuidado y las declaraciones internacionales para la conciencia ecológica del hombre.

2.3 Definiciones de términos básicos

Aerobio: Proceso bioquímico o condición ambiental que sucede en presencia de oxígeno. Microorganismo que crece en presencia de oxígeno (Fuente: Glosario de biotecnología para la agricultura y la alimentación, www.fao.org).

Aguas residuales: Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2015)

Anaerobio. (Fuente: Glosario de biotecnología para la agricultura y la alimentación, www.fao.org).

Aireación: Proceso de transferencia de masa, generalmente referido a la transferencia de oxígeno al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales

(agitación mecánica o difusión de aire comprimido). (Fuente: Glosario de biotecnología para la agricultura y la alimentación, www.fao.org)

Biocarriers: son un innovador medio híbrido MBBR/IFAS, modificado sintéticamente para conseguir unas propiedades ideales para la colonización óptima de microorganismos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales y municipales (ubicado en Revista Reportajes www.aguasresiduales.info). Soportes bioactivos en donde se adhieren los elementos microbiales. Los soportes mayormente son plásticos, especialmente diseñados para que se encuentren en suspensión y en continuo movimiento en un determinado volumen de reactor. (Fuente: Glosario de biotecnología para la agricultura y la alimentación, www.fao.org)

Biomasa: 1. Masa de células producida por una población de organismos vivos. (www.fao.org). 2. Materia orgánica de interés como fuente de energía o por su contenido en determinados compuestos químicos. (www.fao.org). 3. Toda la materia orgánica que proviene de la conversión fotosintética de la energía solar. (www.fao.org).

Carga orgánica: Se conoce también como relación F/M (Food/Microorganism). Su efecto sobre la microbiología del reactor y el ambiente del mismo es inverso a la edad del lodo. (Fuente: Glosario de biotecnología para la agricultura y la alimentación, www.fao.org).

Ciclo: Es el periodo de tiempo en el que un reactor desarrolla el total de sus etapas de tratamiento. (Fuente: Glosario de biotecnología para la agricultura y la alimentación, www.fao.org)

DBO (Demanda bioquímica de oxígeno): Es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación; normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO₅) y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l). (www.fao.org)

DQO (Demanda química de oxígeno): Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l). (Wikipedia, 2019, párr. 1)

Edad del lodo: La edad del lodo representa el tiempo medio que una partícula en suspensión permanece bajo aireación. Se le conoce también como tiempo medio de residencia celular y también como tiempo medio de detención celular. (Fuente: www.aguamarket.com/diccionario/terminos)

F/M: Es la relación de alimento con respecto a la cantidad de microorganismos, también se define como la cantidad de alimento disponible para su consumo. La relación F/M (Ecuación 3) ayuda al operador a mantener un balance adecuado entre la cantidad de nutrientes disponibles y la cantidad de microorganismos en el reactor aerobio. Los valores típicos de esta relación varían entre 0.2–2.0 g DQO/g SSVLM/d. TRH es el tiempo de residencia hidráulico del sistema. (Fuente: <http://triton-cyted-com>)

Índice de diversidad (ID): La cual mide la relación entre el número de especies y la población total en la biomasa (Fuente: Ingeniería hidráulica en México, vol. XVI, núm. 2, pp. 57-66, abril-junio de 2001).

Índice volumétrico del lodo (IVL): Mide la inestabilidad del lodo producto de la digestión aerobia, varía según la carga orgánica o la edad del lodo (Ibid.). (Fuente: Ingeniería hidráulica en México, vol. XVI, núm. 2, pp. 57-66, abril-junio de 2001).

Lecho móvil: Es el crecimiento de la biomasa en soportes plásticos que se mueven en el reactor biológico mediante la agitación generada por sistemas de aireación (reactores aerobios) o por sistemas mecánicos (en reactores anóxicos o anaerobios) (Fuente: https://yacutec.com/tecnologias-depuracion/tecnologias-depuracion_lecho-movil.asp).

Licor mixto: Nombre que recibe la mezcla entre agua residual, microorganismos y materia orgánica dentro del reactor (Fuente: <https://cropaia.com/es/blog/lodosactivados/>).

Oxígeno consumido: Requerimiento para garantizar un tratamiento de lodos activados en condición aerobia. (Fuente: Glosario de biotecnología para la agricultura y la alimentación, www.fao.org)

Reactor de lecho móvil: Es un Tanque a escala de laboratorio compuesto por un sistema de aireación, un medio de soporte móvil, un afluente y un efluente, diseñado para simular el tratamiento biológico con tecnología MBBR aplicado a agua residual doméstica (Fuente: https://yacutec.com/tecnologias-depuracion/tecnologiasdepuracion_lecho-movil.asp).

Reactor Batch: Es un tanque en el cual el licor de mezcla está sometido a un proceso de aireación constante, pero no existe alimentación continua, sino que se purga diariamente sacando e ingresando una misma cantidad de agua residual para ayudar al crecimiento de los microorganismos. (Fuente: https://yacutec.com/tecnologiasdepuracion/tecnologias-depuracion_lecho-movil.asp).

RTO: Rendimiento en la transferencia de materia entre fases. (Bengston, 2017) **SALR:** Hace referencia a la carga superficial que hay por unidad de área en los portadores plásticos llamados biocarriers (Bengston, 2017)

Sólidos disueltos totales (SDT): Porción de materia orgánica e inorgánica que no es posible filtrar. Son considerados con diámetro menor a $1\mu\text{m}$ (Qasim, 1999). **Sólidos sedimentables (SS):** Porción de materia orgánica e inorgánica capas de sedimentar por acción de la gravedad en una hora en un cono de Imhoff (Qasim, 1999). **Sólidos suspendidos totales (SST):** Porción de materia orgánica e inorgánica que pueden ser removidos a través de filtración a través de papel de fibra de vidrio o membrana de policarbonato (Qasim, 1999).

Sólidos suspendidos volátiles (SSV): Aquellos compuestos orgánicos de la fracción de sólidos suspendidos totales que se volatilizan a 500°C . Se relacionan con presencia de *Biomasa* (Qasim, 1999).

SOTE: Eficiencia de transferencia de oxígeno estándar (Hendricks, 2011)

SSVML: Sólidos suspendido volátiles en el licor mezclado y están constituidos por una población heterogénea de microorganismos. (Hendricks, 2011)

Tiempo de Retención Hidráulica (TRH): Tiempo en que permanece el sustrato en el reactor para ser metabolizado. Influye en los porcentajes de remoción del tratamiento. (Qasim, 1999).

Tratamiento biológico: Son tipos de tratamiento donde se emplean mecanismos biológicos para generar cambios químicos en las propiedades del agua residual a tratar. (Qasim, 1999).

2.4 Hipótesis de la investigación

2.4.1 Hipótesis general

El tratamiento de las aguas servidas mediante el uso de un Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente favorecerá el saneamiento ambiental de la comunidad Contigo Perú, Distrito de Huaral, 2021.

2.4.2 Hipótesis específicas

Es posible analizar el grado de eficacia del sistema de tratamiento actual de las aguas servidas en la comunidad Contigo Perú, Distrito de Huaral, año 2021.

Es posible caracterizar la carga bacteriana de las aguas servidas en la comunidad Contigo Perú, Distrito de Huaral, año 2021.

Es posible verificar la conversión de los sustratos del agua residual con el uso de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente en la comunidad Contigo Perú, Distrito de Huaral, 2021.

2.5 Operacionalización de la Variable

Variable a evaluar

Variable Independiente: El tratamiento de las aguas servidas mediante el uso de un Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente

Variable dependiente: Saneamiento ambiental de la comunidad Contigo Perú,

Distrito de Huaral, 2021. Tabla 13: “Operacionalización de las variables

“Tratamiento de Efluentes Urbanos de la zona Contigo Perú, Huaral, 2020”.

Tabla 15 Operacionalización de las variables “Tratamiento de Efluentes Urbanos de la zona Contigo Perú, Huaral, 2020”

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Valor final
<u>Variable Independiente</u>		La reacción anaeróbica:			
El tratamiento de las aguas servidas mediante el uso de un Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente	“Un reactor anaeróbico de flujo ascendente se basa en las complejas reacciones microbiológicas en ausencia de oxígeno, donde los sustratos se transforman de productos (biogás + lodos) y biomasa, muchos de ellos volátiles, que se recuperan por procesos tecnológicos competitivos, separando el TRH y el TRC”	“Se expresa como una función de la velocidad de cambio del sustrato en productos y biomasa, por acción celular (cepa de biomasa)”	1.1 Física	• DBO	• mgO ₂ /l
			1.2 Química	• Concentración de carga bacteriana	□fc*/m ³

<u>Variable</u>	<u>dependiente</u>	Las aguas residuales:	“Constituyen el sustrato en la biorreacción y tienen una carga orgánica y bacteriana, que debe ser sometida a un tratamiento para llevarlas a límites aceptables de acuerdo a las normas, antes de ser dispuestas”	2.1	Concentración de la carga orgánica y bacteriana del sustrato	• Comparación con la norma	• Cumple/no cumple
Saneamiento ambiental de la comunidad Contigo Perú, Distrito de Huaral, 2021.	“Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica. Se trata de agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella.” (UNESCO, 2017, https://www.iagua.es).						

Elaboración propia.

(*): unidades formadoras de colonias

III. CAPITULO III METODOLOGIA

3.1 Diseño metodológico

Ubicación

Este trabajo de tesis se desarrolló en la comunidad de Contigo Perú, distrito de Huaral con coordenadas: Latitud: -11.4917

Longitud: -77.2053

Ficha de observación del almacenamiento y toma de agua servida,

Con objeto de conocer la concentración del oxígeno disuelto en el agua residual entrante y saliente del tanque de almacenamiento. Ello se determina mediante análisis de laboratorio especializado y acreditado.

Ficha de encuesta a los pobladores de la comunidad Contigo Perú, distrito de Huaral

Con el objeto de facilitar la información de las cantidades y calidad del agua que reciben del sistema de abastecimiento de agua del Distrito de Huaral. Ello servirá para determinar estadísticamente el sistema de abastecimiento de agua potable, como un factor de referencia.

Diseño Experimental

No se utiliza diseño por no adaptarse

Tratamiento

No se realizó ningún tratamiento.

Características del área de investigación

El área donde se desarrolló la investigación es el centro poblado de la comunidad de Contigo Perú, distrito de Huaral.

Es una zona urbana, con carencias en el tratamiento del agua residual doméstica. Existe un tanque acerado que en algún momento se trató de implementar el tratamiento del agua residual urbana de la comunidad de Contigo Perú, cuyo estado de conservación es inexistente, y no proporciona ningún tratamiento, pero el área se encuentra cercado con paredes de material de adobe y cuenta con canaleta donde el agua recauda se va directamente al campo de cultivo.

Encuesta para determinar los servicios del centro poblado

Se realizó una visita por vivienda para hacerle saber del proyecto, así mismo se le entregara la ficha de encuesta a los pobladores, se consideró dos rutas de acuerdos al criterio personal para poder abarcar más zonas.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

No aplicable

3.2.2 Muestra

Se tomaron muestras para análisis de los efluentes de la zona contigo Perú – Huaral los mismos que se llevaron al laboratorio el cual dio como resultado el estado en el cual se encuentra los diferentes valores de los parámetros de contaminación (Carga bacteriana, Coliformes, DBO y DQO).

3.3 Técnica para la recolección de Datos

Se realizaron el análisis correspondiente que arrojaron en tiempo real en base a la encuesta realizará a los pobladores de la zona contigo Perú, luego se tomará una muestra del tanque de aguas Residuales que serán derivados al laboratorio. Los datos de la caracterización del efluente en cuanto los parámetros referidos en la Tabla N^o 13 se ha considerado en base de los análisis de laboratorio que se a obtenido (Anexo 4).

Se realizó además una encuesta a la población con el propósito de determinar la cantidad de pobladores que cuentan con el servicio y con ello determinar la cantidad de efluentes que se emisión.

Paralelamente a esto resultado de laboratorio se realizó la encuesta de la población con el propósito de determinar el volumen de efluente de la zona contigo Perú, emite al ambiente. (Anexo 3)

CAPITULO IV. RESULTADOS

Se realizó la determinación del caudal de efluente residual del Centro Poblado Contigo Perú, Distrito de Huaral.

La estimación fue realizada en base a los datos de Censo Poblacional del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2019), a partir de los cuales se hicieron las proyecciones estadísticas, como se aprecia en la Tabla 11, con lo cual se deducen los siguientes datos de diseño:

- (i) El volumen de agua residual producida, en 2022, será de 129.51 m³/día, equivalente a 5.40 m³/hora. Cada año se irá incrementando proporcionalmente de acuerdo al crecimiento poblacional.

- (ii) Las toneladas métricas de lodo producidas son de 0.151 TM/día (iii)
La carga típica de diseño adoptada será de 2 kg DQO/ (m³.dia).
- (iv) La carga superficial de 1.5 m³/ (m².h), sobre la base del caudal de 5.4 m³/h.
- (v) El volumen de biogas producido, a las condiciones térmicas ambientales será de 1 m³/(m².h) determinan la producción, se tomaron las condiciones mesofílicas, con temperaturas que varían de 15 a 35°C, que son típicas de la zona, lo que arroja un tiempo de fermentación que va desde los 30 a 60 días, con una composición media de 55-70% de CH₄, 30 – 45% de CO₂ y trazas de otros gases, generando 0.615 m³/hora (equivalente a 14.76 m³/día), a partir de los 30 días de iniciado el proceso de contacto fermentativo.

Analizando la producción de los tres componentes en mención, se han proyectado para los siguientes años un crecimiento constante que permite determinar que, para los próximos 25 años, el diseño elaborado es aceptable. A partir de esa fecha, se tendrá que realizar una ampliación para la cabal atención de los efluentes urbanos producidos.

El saneamiento ambiental:

Al implementarse el tratamiento propuesto y diseñado, se logrará en los próximos años, una reducción de los problemas ambientales que afectan aspectos como la salud, el cultivo de productos de panllevar y una mejor calidad vida de los pobladores del Centro Poblado Contigo Perú.

De igual manera, se habrán generado fuentes de trabajo, al haberse abierto una planta de tratamiento de aguas residuales, proceso del cual se obtienen: aguas saneadas para uso en sembríos agrícolas, energía combustible en forma de biogas, y desechos sólidos que pueden ser dispuestos y posteriormente utilizados, previo tratamiento de la carga bacteriana que poseen, como fuente secundaria de abonos nitrogenados y fosforados.

Del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA):

El diseño del reactor anaerobio de flujo ascendente, constituye en sí una aplicación de la tecnología, a la cual se deben incorporar los tratamientos aerobios correspondientes, a objeto de alcanzar el resultado integral del agua servida, dando como resultados los productos referidos.

Volumen del reactor:

El proceso puede operarse en dos modalidades:

- A. En modalidad batch o lote, para el arranque de la planta. Pero, una vez estabilizado el proceso, será necesario disponer con una instalación en batería de tres tanques, lo cual facilitará la producción tanto de agua, como de biogas y bioabono. Por lo que, de acuerdo a la ecuación general del balance molar (ecuación 9):

$$dN_j$$

$$F_{j0} + G_j - F_j = \frac{dN_j}{dt}$$

Operando la ecuación diferencial, eliminando los flujos, por cuanto el proceso va operar a tiempos definidos, la ecuación 9 queda:

$$t = \left(\frac{1}{G_j} \right) \int_{N_{j0}}^{N_j} dN_j$$

$$\text{donde } G_j = -r_j V$$

La cinética de la reacción anaerobia:

Muchas de las reacciones que ocurren en el tratamiento de aguas servidas son lentas y las consideraciones de su cinética es importante, para determinar la velocidad de reacción. En el entendido de que esta velocidad de reacción ($-r_j$), es el término utilizado para representar la desaparición o formación de un compuesto o especie químico. La forma general está dada de la siguiente manera:

$$-r_j = kC^n$$

n representa el orden de la reacción, y matemáticamente, es una ecuación

— $\frac{dC}{dt} = kC^n$). Cuando la concentración del sustrato es infinita, diferencial ($-r_j = \frac{dC}{dt} = kC^n$)

se puede considerar que no varía significativamente. Por lo que, se puede asumir una cinética de Orden Cero, es decir:

$$-r_j = K,$$

Donde: K es la constante cinética de velocidad de reacción. Para efectos prácticos se ha tomado la $K=8.130 \text{ d}^{-1}$, para tratamiento anaerobio, determinada experimentalmente por Cárdenas y Col. (2014).

Volumen de agua a tratar:

De acuerdo a los datos de crecimiento poblacional, y tomando como base de las proyecciones el año 2022, el volumen del agua residual urbana en Contigo Perú, será:

$$V=129.51 \text{ m}^3/\text{día} = 5.40 \text{ m}^3/\text{hora}$$

(Tabla N° 12)

Volumen estimado de biogas:

De acuerdo al área disponible, (21.96 m^2), y el volumen a tratar, ($109.8 \text{ m}^3/\text{día}$), se calcula la velocidad de producción de biogas por hora, lo cual equivale a

0.245734167 m/h (base de cálculo año 2022), dato que permite proyectar la producción de biogas hasta 0.281034751 m/h al 2036.

Como se puede apreciar, el diseño del tanque del reactor anaerobio de flujo ascendente, tiene una ligera variación en el tiempo, razón por la cual, el diseño es suficientemente válido para el período considerado

- B.** Como una alternativa, también se estimó el modo continuo, para la obtención continua de los productos esperados (agua, bioabono y biogas)

Tiene algunas ventajas esta modalidad, y las características del biorreactor son:

Capacidad para tratar 5.40 m³/hora, lo que significa un tanque con las siguientes dimensiones: Diámetro medio = 5.72 m Altura= 5.0 m.

Volumen total medio = 128.8571 m³.

Este volumen considera un margen de seguridad 20%.

La captación del biogas generado, incluye la instalación de un sistema de compresión y tratamiento de biogas, ubicado en la línea de salida de los ductos colectores de gases, y cuya descarga irá a un tanque de gases, para su posterior utilización, ya sea como combustible, tanto como para uso en generadores eléctricos.

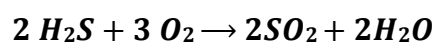
La composición media de la corriente del biogas crudo, es aproximadamente la siguiente:

Tabla 16 *Composición del Biogas*

Componente	Porcentaje (%)
Metano	60 – 75
Dióxido de carbono	20 – 30
Agua	} 5 – 10
NH ₃	
H ₂ S	

Fuente: Castro y col. (2011), Sistemas de reducción de lodos en tratamientos de aguas residuales

Una vez filtrado el biogas en bruto, y tratados el CO₂ y el H₂S, se almacena como biometano. Es recomendable siempre realizar el tratamiento del biogas debido a que la presencia del H₂S puede ocasionar serios daños al medio ambiente cuando es quemado, porque se forman SO₂ y agua:



Uno de los disolventes que se puede utilizar es el polietilen glicol, de alta solubilidad para dióxido de azufre y del dióxido de carbono. Una alternativa de bajo costo es la instalación de una torre de absorción de agua, a través de la

cual se puede realizar el intercambio de gases de la corriente bruta de biogas al medio acuoso. La corriente acuosa resultante luego se neutraliza para darle uso posterior, o volverla a reciclar desde las torres de absorción en uso. El biometano obtenido se almacena en tanque de baja presión (4 a 10 bar), debido a que las cantidades generadas, así lo ameritan.

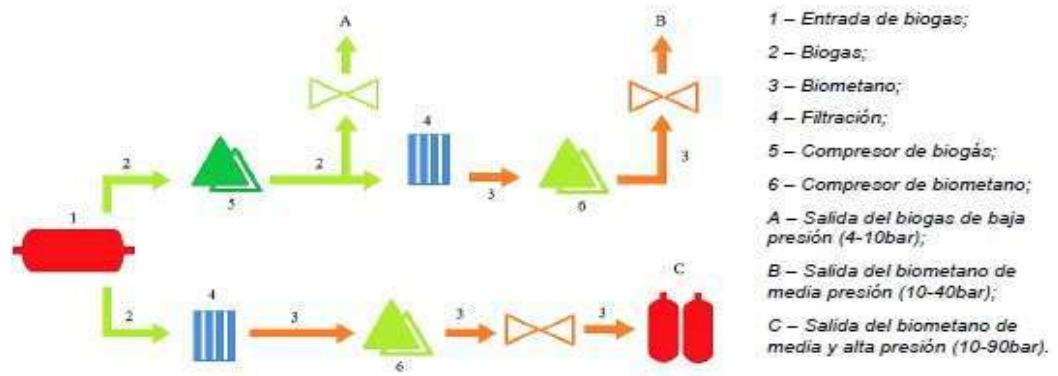


Figura 11. Salidas y abastecimiento del gas

Fuente: Souza & Lirio, (2013), Sistema de compresión de biogas y biometano

De acuerdo a este diagrama de flujo de materia, se observa lo siguiente:

- (i) Los lodos formados (precipitados), deben ser estabilizados, espesados y desinfectados, antes de ser dispuestos adecuadamente, para su posterior tratamiento, y no deben ser utilizados directamente como abono orgánico debido a su alta carga bacteriana.
- (ii) Los tratamientos fisicoquímicos recomendables son neutralización, hidrólisis, fotólisis, oxidación reducción, posteriormente, estabilización y solidificación. De ahí se opta por la micro o macro encapsulación, o tratamiento térmico e incineración.
- (iii) La otra alternativa es la adición de cal y la deshidratación; también tratamiento biológico y estabilización aerobia y anaerobia.
- (iv) Una alternativa es neutralizar la carga bacteriana antes de su uso en agricultura.
- (v) Una forma de neutralización es el uso de una cámara de rayos X, a través de la cual la corriente de lodos debe pasar.
- (vi) La cámara de rayos X es útil para ambas corrientes (liquida y sólida), pero naturalmente, ello debe ser cotizado, presupuestado e implementado por los organismos de gobierno local responsables de la gestión administrativa del Centro Poblado Contigo Perú.

CAPITULO V. DISCUSION

La realidad actual del sistema de tratamiento de las aguas residuales en el Centro Poblado Contigo Perú, es ineficiente debido a que no se realiza ningún tratamiento, y las instalaciones están en completo abandono.

De acuerdo a los análisis, adjuntos en anexos, la caracterización de la carga bacteriana de las aguas residuales domésticas del Centro Poblado Contigo Perú, los valores de las cargas bacterianas están por encima de los estándares de calidad ambiental.

Soriano (2015), en su tesis de guayaquil ecuador “Diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales de una recicladora de tanques”, el cual determina que el PH es neutro a comparación del DQO que fue en promedio de 11,203.33 mg/l hasta 429 mg/l, en comparación a los resultados obtenidos en la presente investigación el parámetro DQO no tiene un cambio significativo a diferencia del DBO que si tiene cambios ya que la carga típica de diseño adoptada será de 2 kg DQO/ (m³.dia).

Yepes (2018), en su tesis “Tratamiento de aguas grises de lavandería por medio de un reactor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos (UASB) híbrido”, desarrollado en la Universidad Militar de Nueva Granada, España , siendo la investigación de tipo teórico logrando remociones cercanas al 58 ± 0.1%, como resultados lograron caracterizar las aguas grises determinando las mediciones de sus parámetros índices de buffer estables, pero, finalmente, concluyó que el reactor UASB híbrido no es el más recomendable para tratar aguas grises, y también de los índices de DQO eran muy bajos, no logró los resultados esperados. En comparación a nuestro Reactor Anaeróbico proyectado el cual dará como resultado el tratamiento de efluentes tiene un volumen a trata de agua de 129.51 m³/día y tiene algunas ventajas el cual nos dará como producto el agua tratado a un 60% , El Biogas y el bioabonos , Concluyendo con resultados favorables para la población de contigo Perú.

Pacco et al, (2018), en su trabajo de investigación Propuesta de parámetros de diseño de un reactor UASB para el tratamiento de aguas residuales porcinas” , El método utilizado fue de observación y medición de la DQO, los SST y la carga bacteriana del agua residual. La conclusión a la que arribaron fue de que era posible remover la DQO entre 72.1% y 70.7%, y la remoción de sólidos totales estuvo entre el 52% y 60.2%, siendo necesario abordar el tratamiento de la carga microbiana en el UASB. En comparación a los resultados obtenidos en esta investigación se determina que los parámetros con mayor diferencia es el DBO y la Carga bacteriana.

VI. CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El diseño del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA) es técnicamente sustentado y puede considerarse como base de trabajos de investigación complementarios, conducentes a su implementación.
- Como resultado de la implementación del reactor RAFA en el Centro Poblado Contigo Perú, la Comunidad podrá acceder a un ambiente ecológicamente sustentable, saludable, libre de contaminación por aguas residuales urbanas.

- Asimismo, la producción de bioabono y biogas, hacen posible un beneficio importante, tanto energético como abonos para mejorar los cultivos de la Comunidad.
- El crecimiento poblacional en el Centro Poblado Contigo Perú es considerablemente bajo, lo que permitirá una mayor sustentabilidad a la Comunidad, y el diseño propuesto, puede satisfacer esas necesidades por los siguientes 15 años y más aún, con pequeños reajustes e innovaciones futuras.

6.2 Recomendaciones

- Es recomendable la socialización de la presente propuesta para coadyuvar al bienestar del Centro Poblado Contigo Perú, y puede servir como piloto para ser implementado en otras comunidades.
- Es igualmente conveniente, realizar las precisiones y ajustes técnicos correspondientes a la investigación motivo de la presente Tesis, para su implementación de ingeniería.
- Es necesario implementar y gestionar ante los organismos administrativos de la Región Lima y municipio de Huaral, el estudio de la propuesta del presente trabajo de investigación, para la implementación de un reactor anaerobio de flujo ascendente en el Centro Poblado Contigo Perú.
- Es recomendable, igualmente, que exista un programa de sensibilización y educación para el Centro Poblado Contigo Perú, que permita mejorar y adquirir buenos hábitos de uso de los servicios
- Es conveniente profundizar en la presente investigación a objeto de complementar con otras investigaciones el trabajo iniciado.
- Es recomendable el uso de un biodigestor para tratar la masa del agua residual que emite la población de contigo Perú, que va contribuir a disminuir la contaminación y generar la posibilidad de reutilizar las aguas tratadas para servicios y regadíos.

CAPITULO VII. REFERENCIAS

- Arocutipa L., Juan H., (2013), “*Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari - Sandia*”, Tesis para Título Profesional, Universidad Nacional del Altiplano, Puno
- Buitrón M., G; Reino S., C; Carrera M., J. (2016), “*Manual Técnico sobre Tecnologías biológicas Aplicadas al tratamiento de aguas residuales industriales*”, Tritón – 316 RT 0506, publicaciones, España.
- Cárdenas, C. y col., (2014), “*Determination of kinetics constants for the design of biological treatment dairy effluent in batch system*”, Rev. Tec. Ing. Univ. Zulia, vol. 37, N° 1,11 – 19, 2014
- Carrasco, Sergio. (2017). *Metodología de la Investigación Científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación* (2ª editorial del Libro de San Marcos E.I.R.L LDTA). Lima, Perú: San Marcos E.I.R.L.
- Cedeño S., Irene N., (2016), “*Tiempo de retención hidráulico de un lecho bacteriano aerobio, relleno con caña guadua y nitrificación en un residual sintético*”, Tesis para Título Profesional, Escuela Superior Politécnica, Calceta, Ecuador.
- Dirección General de Salud Ambiental. (2011a). DS N° 031-2010-SA. *Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano*. Lima. <https://bit.ly/3fWtCJq>
- Espinoza R., H. J., (2018), “*Procesos constructivos en la planta de tratamiento para la reutilización de aguas residuales del Mall El Quinde de Ica – 2018*”, Tesis para Titulo Profesional, Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Nacional, 1950 - 2070. Boletín de Análisis Demográfico N° 38.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. (Obra ,1era Edicion) Universidad de Celeya México: McGraw-Hill Interamericana editores S.A.
- Guillermo R., Karem P., (2011), “*Calidad de aguas residuales del tratamiento primario en pozas de oxidación del distrito de Viques, Huancayo*”, Tesis para la obtencion de titulo , Universidad Nacional del Centro del Peru , Huancayo.
- <https://www.youtube.com/watch?v=YBIfsYMVNek> <https://bit.ly/33VGFbW>
- <https://www.youtube.com/watch?v=A2qT6Cm4f48> <https://www.gob.mx/conagua>
- <https://bit.ly/3kILLyc> <https://bit.ly/2Y1RXYt> https://yacutec.com/tecnologias-depuracion/tecnologias-depuracion_lecho-movil.asp
- <http://www.fao.org/3/y2775s/y2775s09.htm#TopOfPage>
- [55](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi pif39_M_yAhWKD7kGHauUDr4QFnoECAIQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.revistaty</p></div><div data-bbox=)

ca.org.mx%2Findex.php%2Ftyca%2Farticle%2Fdownload%2F882%2F877&usg=AOvVaw28Hft80Q3xWS_RJtKNj7AQ

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi m3ur58_yAhV7G7kGHQfUDoIQFnoECAIQAAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.aguamarket.com%2Fdiccionario%2Fterminos.asp%3Fid%3D853%26termino%3Dedad%2Bdel%2Blodo&usg=AOvVaw0VZFxsM1BvkHLLxLudlNd

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330097/9789243514703-spa.pdf>

<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-nivel-freatico>

<https://www.tecnoconverting.es/articulos-tecnicos/que-es-la-ntu/>

<https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/population/>

https://www.researchgate.net/publication/262439528_Sistema_de_Compresion_de_Biogas_y_Biometano/link/541a16aa0cf2218008bfa6c8/download

<https://www.eautarcie.org/es/05e.html>

Medina R., G.D. y Muñoz R., K., (2012) “*Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el casco urbano del municipio de Macanal, Boyacá*, (Programa De Ingeniería Ambiental), Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.

Monge, S., Rodrigo, J.C. y Sanz, J., (2010), “*Tratamientos anaerobios biothane para aguas residuales industriales*”, artículo técnico publicado Veolia wáter solutions & technologies ibérica (VWSI), polígono industrial Santa Ana, Madrid, España.

Norma de saneamiento S.090, (1997), “*Plantas de tratamiento de aguas residuales*”, Reglamento nacional de construcciones, Lima, Perú

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), (2015), “*Fiscalización Ambiental En Aguas Residuales*”, publicaciones OEFA. Organización Mundial de la Salud, (2019), “*Guías para el saneamiento y la salud*”.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), (2015), “*Fiscalización Ambiental En Aguas Residuales*”, publicaciones OEFA.

Organización Mundial de la Salud, (2019), “*Guías para el saneamiento y la salud*”, disponible en: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>.

Peñuela, G. y Morato, J., (2007), “*Manual de tecnologías sostenibles en tratamiento de aguas*”, Europe Aid Cooperation Office, Red Alfa Tecspar, Universidad técnica de Cataluña, España.

Reyes A., W., (2020), “*Optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación del sistema MBBR en la provincia Caylloma –Tesis para Maestría, Universidad Nacional San Marcos, Lima, Perú.*”

Rodríguez, V., J.A. (2004), “*Tratamiento anaerobio de aguas residuales*”, Tesis Para obtención de Doctorado, Ing. Sanitaria, publicaciones Universidad del Valle, Colombia.

Fuentes electrónicas

Soriano A., Esther A., (2015), “*Diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales de una recicladora de tanques*”, Tesis de master en ingeniería ambiental, Universidad Estatal de Guayaquil, Ecuador.

Souza, J. & Schaeffer, L., (2013), “*Sistema de compresión de biogas y biometano*”, Información Tecnológica, Vol. 24(6), 3 – 8 (2013)., Suiza.

von Sperling, M., & de Lemos Chernicharo, C.A., (2005), “*Biological wastewater treatment in warm climate regions*”, Publishing London, Seattle, Federal University of Minas Gerais, Brazil.

Yepes P., C.M., (2018), “*Tratamiento de aguas grises de lavandería por medio de un reactor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos (UASB) híbridos*”, Trabajo de Grado, Universidad Militar de Nueva Granada, Bogotá , Colombia.

ANEXOS

Anexo 1 :Matriz de consistencia

Tabla 17 Tratamiento De Efluentes Urbanos De La Zona Contigo Perú – Huaral, 2020

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores	Valor final	Métodos y técnicas
GENERAL	GENERAL	GENERAL					TIPO DE INVESTIGACIÓN
¿Cuál sería el tratamiento eficaz para las aguas servidas, que incida en el saneamiento ambiental de la comunidad Contigo Perú, Distrito de Huaral, año 2021?	Proponer el tratamiento de los efluentes urbanos mediante un reactor anaeróbico de flujo ascendente en la comunidad Contigo Perú del distrito de Huaral, 2021.	El tratamiento de los efluentes urbanos es posible mediante un reactor anaeróbico de flujo ascendente en la comunidad Contigo Perú, Distrito de Huaral, año 2021.	V.I. Un reactor anaeróbico de flujo ascendente	1.1 Física 1.2 Química	• DBO • Concentración de carga bacteriana	• mg/l • \square fc/m ³	Observacional. Prospectivo Transversal Descriptivo POBLACIÓN Y MUESTRA 45 familias 2021. <u>Muestra.</u> 13 familias 2021.
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICAS	DISEÑO				No
¿Cómo determinar la eficacia del sistema de tratamiento de las aguas servidas existente en la comunidad Contigo Perú, Distrito de Huaral, ¿año 2021?	Evaluar el tratamiento actual de las aguas servidas existente en la comunidad Contigo Perú, distrito de Huaral, 2021.	Es posible evaluar el tratamiento actual de las aguas servidas en la comunidad Contigo Perú, Distrito de Huaral, año 2021.	experimental				
¿Cómo caracterizar la carga bacteriana del agua servida de la comunidad Contigo Perú, distrito de Huaral, año 2021?	Analizar la carga bacteriana de las aguas servidas de la comunidad Contigo Perú, distrito de Huaral en el año 2021.	Es posible analizar la carga bacteriana de las aguas servidas en la comunidad Contigo Perú, Distrito de Huaral, año 2021.	Variable interés				descriptivo transversal
¿Cómo evaluar el grado de conversión del agua residual en el reactor anaeróbico de flujo ascendente, año 2021?	Analizar las ventajas del sistema anaeróbico para el tratamiento de los efluentes urbanos de la comunidad Contigo Perú del Distrito de Huaral, 2021.	Es posible analizar las ventajas del sistema anaeróbico para el tratamiento de los efluentes urbanos de la comunidad Contigo Perú, Distrito de Huaral, 2021.	El tratamiento de 2.1 los efluentes urbanos.	Concentración de la carga orgánica y bacteriana del sustrato	• Cumple/no cumple • Comparación con la norma		TÉCNICAS E INSTRUMENTOS • Observación Ficha de observación de almacenamiento de agua servida. Ficha de encuesta a los pobladores.

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2 :Ficha De Observación Del Almacenamiento Y Toma De Muestras De Agua Residual

Muestras	pH	Materia orgánica	DBO	DQO	SST	Observación
1	•	•	•	•	•	•
2	•	•	•	•	•	•
3	•	•	•	•	•	•
4	•	•	•	•	•	•
5	•	•	•	•	•	•
6	•	•	•	•	•	•
7	•	•	•	•	•	•
8	•	•	•	•	•	•
9	•	•	•	•	•	•
10	•	•	•	•	•	•

• Fuente: Elaboración propia

**Anexo 3 :Cuestionario para aplicar a los habitantes de la comunidad Contigo
Perú, Huaral, 2021.**

**INSTRUMENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS (CUESTIONARIO) TESIS:
“TRATAMIENTO DE EFLUENTES URBANOS DE LA A CONTIGO
PERÚ - HUARAL, 2020”.**

Instrucciones: Lea detenidamente cada pregunta y marque la opción que considere adecuada con una **X**. La encuesta es anónima, por lo que recomendamos veracidad, precisión y honestidad. Gracias por participar.

Edad sexo M Profesional Estudiante Su casa

F

Claves:

Siempre satisfecho(a) Casi siempre Algunas veces Pocas veces Nunca

1

2

3

4

5

SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS 1 2 3 4 5

Y SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL

- 1 ¿Considera que la Municipalidad provincial se ocupa del tratamiento del agua residual?
- 2 ¿Considera que existe un programa de saneamiento ambiental y de tratamiento de las aguas residuales domésticas?
- 3 ¿Tiene expectativas de que la Municipalidad se ocupe de dar tratamiento a las aguas residuales de la zona Contigo Perú?
- 4 ¿Se preocupa y actúa en favor de evitar la contaminación de las aguas domésticas de la zona de Contigo Perú?
- 5 ¿Sabe usted si existe alguna otra empresa que se ocupe del saneamiento de las aguas domésticas en Contigo Perú?
- 6 ¿Sabe usted si se ha realizado tratamiento de las aguas residuales durante el último mes, mayo 2021?
- 7 ¿Conoce usted de la existencia de algún programa de educación ambiental o sensibilización?
- 8 ¿Estaría dispuesto(a) a participar activamente en los programas de capacitación y sensibilización ambiental?
- 9 ¿Dispone en su domicilio de los servicios de agua y desagüe?
- 10 ¿Se siente atendido en sus reclamos, si hubiese realizado alguno, ante la empresa de abastecimiento de agua y desagüe?

TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS

- 11 ¿Conoce el significado de aguas servidas?
- 12 ¿Conoce de algún método de tratamiento de las aguas servidas?
- 13 ¿Participaría de un entrenamiento y capacitación para el tratamiento de las aguas servidas?
- 14 ¿Se siente satisfecho(a) del tratamiento actual que reciben las aguas servidas?

- 15 ¿Considera que el factor saneamiento influye en el estado de salud de su familia?
- 16 ¿Considera adecuado que se implemente un sistema de tratamiento de las aguas servidas?

• **Fuente: Elaboración propia**

Anexo 4 :Análisis de Laboratorio



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-2854

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: SALAZAR GARCIA CESAR WALTER
2.-DIRECCIÓN	: PASAJE LOS CAPULIES 139 - INDEPENDENCIA
3.-PROYECTO	: ANALISIS DE AGUA RESIDUAL
4.-PROCEDENCIA	: CONTIGO PERU - HUARAL - LIMA
5.-SOLICITANTE	: SALAZAR GARCIA CESAR WALTER
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-21-1210
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-04-06

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-03-29
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-03-29 al 2021-04-06

Lindsay Sidney Noe Cruz
Supervisora



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el Informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-2854**II. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Coliformos Totales (NMP) ¹	SMCW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique

¹SMCW¹: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater²Ensayo acreditado por el IAS

INFORME NO OFICIAL

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-2654
IV. RESULTADOS

ITEM				
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-10894
CÓDIGO DEL CLIENTE:				CAME HERAL-21-A7
COORDENADAS:				E:0254025
UTM WGS 84:				N:0726024
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Doméstico
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				25-03-2021 20:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Totales (NMP) [†]	NMP/100mL	NA	1.0	200 000 000.0

[†] Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *n* Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *n* Menor que el L.D.M.

n: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

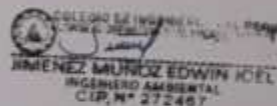
13	¿Participaría de un entrenamiento y capacitación para el tratamiento de las aguas servidas?				X				X				X				X				X
14	¿Se siente satisfecho(a) del tratamiento actual que reciben las aguas servidas?				X			X			X			X				X			X
15	¿Considera que el factor saneamiento influye en el estado de salud de su familia?				X			X			X			X				X			X
16	¿Considera adecuado que se implemente un sistema de tratamiento de las aguas servidas?				X			X			X			X			X			X	X
17	PH				X			X			X			X			X			X	X
18	Materia Orgánica				X			X			X			X			X			X	X
19	DBO				X			X			X			X			X			X	X
20	DQO				X			X			X			X			X			X	X
21	SST				X			X			X			X			X			X	X
TOTAL																					
ASPECTOS GENERALES DEL INSTRUMENTO																					
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para realizar la evaluación.																			SI	NO	
Los ítems permiten el logro de objetivos de la investigación																			✓		
Los ítems están distribuidos en forma lógica y secuencial																			✓		
El número de ítems es suficiente para recoger la información																					
En caso de ser negativa la anterior, sugiera los ítems a añadir:																					
VALIDEZ (X)																					
Aplicable					X	No aplicable					Aplicable atendiendo a las observaciones										
VALIDADO POR: CARLOS ORLANDO CASTILLO ZAVALETA											AÑOS DE EXPERIENCIA: 1 AÑO										
GRADO: INGENIERO AMBIENTAL											CORREO: X100C7X@GMAIL.COM										
CIP: 258248											CELULAR: 954717254										



 CARLOS ORLANDO
 CASTILLO ZAVALETA
 Ingeniero Ambiental
 CIP N° 258248

Firma y sello

13	¿Participaría de un entrenamiento y capacitación para el tratamiento de las aguas servidas?		X			X			X			X			X			
14	¿Se siente satisfecho(a) del tratamiento actual que reciben las aguas servidas?		X			X			X			X			X			
15	¿Considera que el factor saneamiento influye en el estado de salud de su familia?			X			X			X			X			X		
16	¿Considera adecuado que se implemente un sistema de tratamiento de las aguas servidas?				X			X			X			X			X	
17	PH			X			X			X			X			X		
18	Materia Orgánica			X			X			X			X			X		
19	DBO			X			X			X			X			X		
20	DQO			X			X			X			X			X		
21	SST			X			X			X			X			X		
TOTAL			1	1		0	1		0	1		0	1		1	1		
			1	0		7	4		9	2		8	3		1	0		
ASPECTOS GENERALES DEL INSTRUMENTO																	SI	NO
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para realizar la evaluación.																	X	
Los ítems permiten el logro de objetivos de la investigación																	X	
Los ítems están distribuidos en forma lógica y secuencial																	X	
El número de ítems es suficiente para recoger la información																	X	
En caso de ser negativa la anterior, sugiera los ítems a añadir:																	X	
VALIDEZ (X)																		
Aplicable				X				No aplicable				Aplicable atendiendo a las observaciones						
VALIDADO POR: INGENIERO EDWIN JOEL JIMENEZ MUÑOZ										AÑOS DE EXPERIENCIA: 01								
GRADO: TITULADO Y COLEGIADO										CORREO: nederjm10@gmail.com								
CIP: 272467										CELULAR: 953954739								



JIMENEZ MUÑOZ EDWIN JOEL
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP, N° 272467

Firma y sello

