



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía:

**EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
INDUSTRIALES DEL MATADERO PROINCASA**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Kevin Daniel Ramos Alvarado
Br. Aníbal Alexander Baltodano Rodríguez
Br. Alejandro Salvador Mora Pineda

Tutor

M.Sc. Ing. Dionisio Vidal Cáceres Antón

Asesor

Ing. Noé Salatiel Hernández Durán

Managua, septiembre de 2019

CARTA DEL CATEDRÁTICO GUÍA

El presente trabajo monográfico titulado ***“Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales del matadero PROINCASA”***, presentado por los Brs. Kevin Daniel Ramos Alvarado, Aníbal Alexander Baltodano Rodríguez, y Alejandro Salvador Mora Pineda, es un material de carácter investigativo y práctico en el campo del Medio Ambiente e Ingeniería Sanitaria, cuyo alcance va más allá del área de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Tecnología de la Construcción e incluye aportes al mejoramiento de su uso en el tratamiento de aguas residuales industriales, los cuales son una solución idónea a la problemática de saneamiento de Aguas y Conservación de Recursos Naturales que enfrenta el país.

El principal objetivo en este trabajo fue evaluar el funcionamiento de la toda la planta de tratamiento, con el único fin de realizar aportes que favorezcan la eficiencia de esta tecnología.

El entusiasmo y la dedicación que demostraron Kevin, Aníbal y Alejandro fue clave para culminar el presente trabajo monográfico, además de su disposición a realizar muestreos y trabajos técnicos de campo que les permitió obtener la información necesaria que más tarde se procesaría para emitir criterios y conclusiones.

Supervisando muy de cerca el trabajo efectuado tanto en campo como en teoría, puedo afirmar que el éxito del mismo se debió al interés y la voluntad que demostrada de los bachilleres, por lo tanto, solicito a los honorables miembros del Jurado la aprobación del presente trabajo monográfico y se les otorgue el título de Ingeniero Civil.

Msc. Ing. Vidal Cáceres A.

DEDICATORIA

A Jehová nuestro padre celestial, creador de la vida y de todo. El que guía mis pasos por el camino de la vida, por darme aliento a no detenerme y continuar a pesar de las adversidades.

A mi familia, en especial a mi madre Cándida Alvarado y a mi padre Jorge Ramos, por estar siempre con su inmenso apoyo incondicional y por su gran sacrificio por construir en mí, quien soy ahora. Quienes, con su amor, valores y consejos, han formado en mi un hombre de bien.

Kevin Daniel Ramos Alvarado

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado a:

Dios nuestro señor quien nos prestó la vida y oportunidad de realizar este proyecto, a mis padres por su apoyo incondicional, sus consejos y valores inculcados los cuales me han desarrollado como persona. Sin ellos esto no habría sido posible.

A mi esposa por su comprensión y apoyo. En muchos momentos me diste un impulso que me ayudó a superar y proponerme nuevas metas.

A los estudiantes que luchan por la superación personal a través de estudio. El conocimiento nos ayuda a formar un futuro mejor

Anibal Alexander Baltodano Rodríguez

DEDICATORIA

A DIOS por ser mi amigo, mi fuerza, mi fe y confianza en todo, brindándome su sabiduría, inteligencia y haciéndome perseverante hasta concluir cada proyecto emprendido durante nuestra grandiosa vida.

A mis padres, a quienes debo ser quien hoy soy, pues con sus consejos e instrucciones y amor han hecho de mí un ser humano agradecido, dispuesto a servir a esta nación, la cual amo y doy gracias a Dios por el privilegio de haber nacido en ella.

A nosotros mismo por la labor y la determinación que desarrollamos en este proceso de igual manera a la paciencia individual que con llevamos para culminar de manera eficiente y crear un lazo de hermandad entre nosotros mismos.

A cada persona que con su ejemplo y motivación han influido en mi desarrollo como mi hija, mi esposa, amigos, estudiante, profesional y en general como ser humano.

Alejandro Salvador Mora Pineda

AGRADECIMIENTO

A Jehová Dios, que ha estado conmigo siempre.

A mis padres que han estado de la mano conmigo en cada decisión de la vida, y en este nuevo camino sé que siempre estarán conmigo.

Al Ing. Vidal Cáceres Antón, por ayudarnos en el desarrollo de este estudio monográfico, llevarnos de la mano, paso a paso, y por su inmensa paciencia. Al Ing. Néstor Fong, por su anuencia a recibir nuestras consultas del tema y al equipo de laboratorio de aguas residuales del PIENSA-UNI por su apoyo y colaboración.

Al Ing. Harold Silva por permitirnos realizar el estudio monográfico en sus instalaciones, a compartir su conocimiento y experiencia en materia de depuración de aguas residuales en especial con la etapa del biofiltro que sin su apoyo no hubiese sido posible aumentar nuestro conocimiento en depuración de aguas residuales.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera me ayudaron a seguir, continuar y terminar este trabajo aun cuando mis esperanzas se desvanecían, a todos, **!!!MUCHAS GRACIAS!!!**

Kevin Daniel Ramos Alvarado.

Agradecimiento

A Dios nuestro señor

Agradezco a dios nuestro señor por brindarme vida y la oportunidad de culminar mis estudios. Por la oportunidad finalizar este proyecto, así como las innumerables bendiciones que de él recibo.

A mis padres

Por la oportunidad y apoyo incondicional siempre en cada aspecto de mi vida. Nunca terminaré de agradecer el esfuerzo que han realizado con el objeto de realizar mi superación personal. Sus consejos y sabiduría es lo que hoy me han llevado a lograr realizar esta meta. Se los agradezco de todo corazón.

A los colaboradores y encargados de la empresa PROINCASA, que nos abrieron las puertas y brindaron la oportunidad y facilidades para realizar esta labor. En especial, al Ing. Harold silva quien nos proporcionó su tiempo y disposición, igualmente a Javier quien colaboro en gran manera para la culminación de esta meta.

A todos aquellos que me han apoyado en la presentación de este trabajo. Muy especial al M.Sc. Ing. Vidal Cáceres por el apoyo y consejos aportados para este proyecto, a los Ingenieros Eduardo Zamora e Ing. Oscar López, su disposición y apoyo fue vital para la culminación de esta meta.

Anibal Alexander Baltodano Rodríguez

AGRADECIMIENTO

Agradecerle primeramente a DIOS por darnos la vida y la fortaleza necesaria en cada momento difícil que pudimos con llevar en este proceso investigativo. De igual manera agradecerles a nuestros padres por formar parte fundamental en el desarrollo de nuestras vidas el apoyo la paciencia sobre todo impulsarnos para con llevar y culminar nuestra preparación en este arduo camino de la vida.

Especial reconocimiento merece el interés mostrado por nuestro trabajo y las sugerencias recibidas del profesor y amigo M.Sc. Ing. Dionisio Vidal Cáceres Antón, con el que nos encontramos en deuda por el ánimo infundido y la confianza depositada en nosotros sobre todo su acompañamiento en el proceso.

Agradecimiento a la Universidad Nacional de Ingeniería por el habernos permitido la formación y con ella, gracias a todas las personas que fueron participes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, fueron ustedes los responsables de realizar su aporte que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.

Alejandro Salvador Mora Pineda

RESUMEN DEL TEMA

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI), ubicada en las instalaciones del matadero Promotora Industrial de Carnes. Sociedad Anónima (PROINCASA). Para este trabajo monográfico se recopiló información, in situ, del proceso de operación de la PTARI, se determinaron las dimensiones reales de la planta de tratamiento para compararlas con los datos de diseño.

Se efectuaron tres muestreos compuestos comprendidos del 9/11/2017 al 11/06/2019, en cada una de las etapas de la PTARI; pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario, durante el periodo de operación de la planta. Las muestras recolectadas fueron analizadas mediante los parámetros establecidos en el artículo 32 del decreto 21-2017 del MARENA. Esto con el fin de determinar la eficiencia de remoción de contaminantes, así como el cumplimiento de las leyes ambientales. Los periodos de realización de estos análisis se vieron afectados por los acontecimientos ocurridos a lo largo del año 2018.

Se realizaron mediciones de caudal mediante aforo, en la salida del canal con rejilla y en la salida del biodigestor, durante el tiempo de operación de la PTARI. Esto con el fin de verificar el volumen diario de alimentación de la planta y conocer los periodos de mayor flujo de agua residual. Para el primer punto se tiene un valor promedio de $11.6\text{m}^3/\text{h}$ y $6.86\text{m}^3/\text{h}$ en el segundo punto. Mediante visitas al matadero se obtuvo información de los procesos de operación y mantenimiento de la planta, fotos y datos estadísticos de la alimentación de la planta.

Los resultados obtenidos en los análisis físico-químicos reflejan que La PTARI ha cumplido con los parámetros establecidos en el artículo 32 del decreto 21-2017. Ver cap. VIII. Los parámetros y rangos obtenidos en el efluente de la PTARI son los siguientes. PH (7.7), DQO (81) mg/l, DBO₅ (37.48) mg/l, sólidos sedimentables 0 ml/L, sólidos suspendidos (0.27) mg/l, nitrógeno (3.80) mg/l.

En la etapa de pretratamiento (Canal con rejilla y Desarenador) se obtuvieron los siguientes porcentajes de remoción:

DQO (15.30%), DBO₅ (15.00%), Sólidos sedimentables (11.34%), sólidos suspendidos (13.66%), grasas y aceites 57.25 %,

En la etapa de tratamiento primario (reactor anaerobio) se obtuvo un porcentaje de remoción de: DQO 46.39%, DBO 48.65%, Sólidos sedimentables 20.13%, sólidos suspendidos 40.35%, grasas y aceites 10.48%, el nitrógeno tiene un aumento del 0.50% debido a una acumulación de nitrógeno remanente dentro del reactor.

En la etapa secundaria de tratamiento (Biofiltros) se obtuvieron los siguientes valores de remoción. DQO 93.9%, DBO₅ 94.56%, Sólidos sedimentados 100 %; sólidos suspendidos 99.82%, grasas y aceites 97%, nitrógeno 98.42.

Con el fin de obtener una mejor idea del estado y funcionamiento de la PTARI se realizaron los siguientes ensayos: En la etapa secundaria (Biofiltros) se determinó: la Porosidad del lecho filtrante, el que actualmente está en el rango de (46.5 % - 56 %), comportándose de una forma ascendente desde la entrada del agua residual hasta la salida de los biofiltros, lo que es debido a la acumulación de sólidos y crecimiento bacteriano por las altas carga orgánica que recibe, el porcentaje de materia orgánica del lecho filtrante de los Biofiltros fue determinado mediante el método de balance de sólidos, los valores están comprendidos (0.51 % - 1.48%). También se determinó el régimen hidráulico mediante el método del trazador, para el cual se utilizó cloruro de sodio (sal común). Ver cap. 8 y anexos 3. Para la etapa primaria se determinó el factor de alcalinidad del digestor anaerobio el cual corresponde a 0.20, según el manual de operaciones de la planta se encuentra dentro del rango óptimo (0.20-0.35). Además, se determinó el porcentaje de metano obteniéndose un valor de 76 % para una muestra de biogás producido por el digestor.

Para finalizar esta investigación recolecta una serie de datos confiables para futuras investigaciones, presenta observaciones y recomendaciones en cuanto a las labores de mantenimiento y operación de la planta las cuales incluyen la actualización del manual de operaciones de la planta ver anexos 5.

ÍNDICE

1. Generalidades.....	1
1.1.Introducción.....	1
1.2.Antecedentes	2
1.3.- Justificación.....	3
1.4.- Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
2. Marco Teórico	5
2.1. Origen de las aguas residuales industriales	5
2.2. Características físico-químicas de las aguas residuales	7
2.3. Características físicas de las ARI.....	12
2.4. Características microbiológicas de las ARI	13
2.5. Etapas de la PTARI del matadero	15
2.5.1. Cribado (uso de rejillas).....	16
2.5.2. Desarenadores.....	16
2.5.3. Trampa de grasas	19
2.5.4. Homogeneización y regulación de caudales y cargas. (Pozo Húmedo).....	20
2.5.5. Pilas de hidrólisis.....	22
2.5.6. Digestor Anaerobio.....	22
2.5.7. Biofiltro.	24
2.6. Reglamentos y normas establecidas.....	34
3. Diseño Metodológico.....	37
3.1.-Obtención de la información.....	37

3.1.1.-Efectuar visitas al matadero	37
3.1.2.-Instalación de tuberías perforadas en el área de Biofiltros.....	37
3.2.-Análisis de Información	38
3.2.1.-Analizar estadísticamente los valores de los contaminantes obtenidos	38
3.2.2.-Determinar los porcentajes de remoción de materia orgánica de cada una de las etapas de la PTARI.....	38
3.2.3.- Análisis de la generación de biogás en el digestor anaerobio.....	39
3.3.- Esquema general del sistema de tratamiento de aguas residuales	39
4. Cálculos Y Resultados	40
4.1 Materiales Y Métodos.....	40
4.1.1 Área de trabajo.....	40
4.1.2 Descripción del sistema de tratamiento.....	41
4.1.3 Mediciones de caudal.....	47
4.1.4 Análisis realizados.....	48
4.1.5 Determinación del régimen hidráulico	50
4.1.6 Determinación de porosidad del lecho filtrante de los biofiltros.....	51
4.1.7 Factor de alcalinidad en el biodigestor	52
4.1.8 Determinación del porcentaje de metano del Biogás contenido en el biodigestor.....	52
4.1.9 Balance de sólidos	53
4.2 Procedimiento De Los Ensayos	54
4.2.1 Régimen Hidráulico	54
4.2.2 Determinación de cantidad de sal y disolución.....	54
4.2.3 Ensayo de porosidad.....	58
4.2.4. Ensayo de factor de alcalinidad.....	59
4.2.5 Determinación del porcentaje de metano.....	61

4.2.6. Balance de solidos	63
4.3 Análisis Y Presentación De Resultados	65
4.3.1 Tiempo de retención y régimen hidráulico en los Biofiltros.....	65
4.3.2 Determinación de porosidad del lecho filtrante.....	67
4.3.3 Ensayo de Alcalinidad.	70
4.3.4.- Análisis de la generación de biogás en el digester anaerobio.....	71
4.3.5. Balance de sólidos	71
4.3.6. Medición de caudal.....	73
4.3.7. Determinar los porcentajes de remoción de contaminantes de cada una de las etapas de la PTARI.....	76
4.3.8. Estado físico y operacional de la PTARI	86
5. Conclusiones Y Recomendaciones.....	88
5.1 Conclusiones.....	88
5.2 Recomendaciones.....	89
Bibliografía	90
ANEXOS	93

1. Generalidades

1.1. Introducción

El saneamiento de las aguas residuales es una de las mayores preocupaciones en las últimas décadas, por lo cual se hace necesario encontrar una respuesta a este agobiante problema a través de tecnologías eficientes y baratas para el tratamiento de las aguas residuales, ya que los métodos convencionales son muy costosos.

Ante esta problemática, la Universidad Nacional de Ingeniería "UNI", inicialmente bajo la figura del Proyecto Biomasa y posteriormente como Proyecto ASTEC, en coordinación con la cooperación técnica austriaca, efectuaron investigaciones de más de 15 años sobre el uso de humedales artificiales, llamados Biofiltro para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la Villa Bosco Monge, Masaya, construyéndose la primera planta piloto para tratar 100 m³/día, en el año 1995; con el objetivo de proporcionar una alternativa de tratamiento técnicamente eficiente, de bajo costo y de menos área por personas equivalentes que las lagunas. Con esta experiencia, investigaciones y monitoreos, durante los últimos años, se comenzaron a construir este tipo de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas para diferentes urbanizaciones, reparto, municipio, etc. dentro y fuera del país. La mayoría de estos sistemas fueron diseñados y supervisados por las instituciones antes mencionadas.

El presente trabajo monográfico consistió en la evaluación de la PTARI existente en el matadero PROINCASA, para determinar las condiciones actuales de su eficiencia en la remoción de contaminantes, operación y mantenimiento; por medio de tres muestreos compuestos, para verificar, si su efluente cumple con lo establecido en el nuevo decreto 21-2017 del MARENA, en su artículo 32 (*Rangos y valores máximos permisibles para vertidos de aguas residuales provenientes de mataderos a nivel industrial*). Con el fin de evaluar si este sistema cumple con el propósito por el cual fue diseñado.

1.2. Antecedentes

En el año de 1991 los hermanos Figueroa crearon la empresa PROINCASA. La cual se dedica al sacrificio de reses y la comercialización de productos cárnicos los cuales son distribuidos a nivel nacional en supermercados y mercados nacionales, el matadero PROINCASA implementó una planta de tratamiento de aguas residuales y cumplir con lo establecido en el decreto 33-95 emitido por el MARENA, el cual se actualizó en el año 2017 como decreto 21-2017.

La planta es puesta en marcha a finales del año 2004 y está conformada por un canal con rejilla, desarenador y trampa de grasas. Como tratamiento primario un biodigestor anaerobio y de dos Biofiltros de flujo horizontal dispuestos en paralelo, como tratamiento secundario. La tecnología de Biofiltros ya se implementaba en otros países europeos. La empresa ZUCHER & HOLZER en coordinación con la universidad nacional de ingeniería bajo el proyecto biomasa adaptaron este ecosistema natural de Biofiltro el nuestro país. A partir del año 1995 en Masaya para el tratamiento de aguas residuales doméstica en la Villa Bosco Monge.

El Matadero, como parte de su compromiso de reducción de la contaminación y protección del medio ambiente, es firmante de la Declaración Internacional de Producción Más limpia, promovida por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA y ha compartido su experiencia en grupos y foros empresariales a nivel nacional y centroamericano, apoyado por el Centro de Producción Más Limpia de Nicaragua, la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, CCAD; a través de PROSIGA, el Programa Ambiental para Centroamérica, PROARCA – AID y la Red Centroamericana de Empresas en PML.

1.3.- Justificación

La preservación de los recursos naturales es deber primordial de cualquier sociedad. El creciente deterioro del medio ambiente obliga a la sociedad en general a priorizar el cuidado y preservación de este. Recursos como el agua son de vital importancia en la vida del ser humano y su preservación. Los procesos industriales por decreto deben de cumplir con ciertos parámetros para la evacuación de las aguas que son utilizadas en sus actividades.

Aprender de los procesos de depuración de las aguas residuales es uno de nuestros objetivos personales. PROINCASA es una de las empresas más reconocidas en el comercio de productos cárnicos. Su política se basa en la calidad de sus productos, el desarrollo y preservación del medio ambiente, tal como lo expresa en los convenios que forma parte, así como los reconocimientos obtenidos por la producción más limpia de Nicaragua. Por esta razón, en el presente trabajo monográfico se seleccionó la PTARI que actualmente se encuentran operando en el matadero "PROINCASA", que brinda tratamiento a las aguas residuales industriales, provenientes del proceso de producción de carnes.

Instituciones como el MARENA periódicamente evalúan el proceso de depuración de las aguas residuales utilizadas por las empresas. Esta investigación pretende ser una fuente confiable de datos y procedimientos que sirva a dichas instituciones o a futuros trabajos ligados a este proyecto.

1.4.- Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- a) Evaluar el funcionamiento y eficiencia de la PTARI del matadero PROINCASA.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Recopilar información de la PTARI del Matadero PROINCASA.
2. Realizar muestreos en cada una de las etapas del sistema de tratamiento, de la PTARI
3. Calcular el régimen hidráulico del sistema de PTARI.
4. Determinar las condiciones físicas y operacionales según parámetros de diseño de la PTARI del matadero.
5. Determinar el caudal y tiempo de retención de la PTARI.
6. Analizar el porcentaje de remoción de los contaminantes en cada etapa de la PTARI.
7. Evaluar y presentar un informe de los parámetros físico-químicos presentes en las muestras de agua recopiladas en el matadero ubicada, en base a los estándares fijados por el decreto 21-2017, artículo 32.
8. Proponer mejoras en el manual de operaciones del PTARI.

2. Marco Teórico

2.1. Origen de las aguas residuales industriales

Las aguas residuales son aquellas aguas las cuales contienen una gran cantidad de sustancias (químicas, biológicas), que son nocivas o dañinas para el ser humano y que han sido utilizadas o manipuladas de alguna manera por el humano sin importar que su origen sea de característica (doméstica, industrial, pecuaria, agrícola o recreativa).

Las aguas residuales, como se menciona anteriormente pueden tener uno o diversos orígenes, entre esos podemos obtener que sea de origen doméstico, industrial, pecuario, agrícola, recreativo, entre otras, los cuales determinan sus características que estas aguas puedan tener. Las aguas residuales se clasifican de la siguiente manera:

❖ Agua Residual Doméstica (ARD)

Estas aguas se caracterizan por ser residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales.

Estas, además, se pueden subdividir en:

- Aguas Negras: Se caracterizan por ser Aguas que son transportadas de la orina y lo proveniente del inodoro.
- Aguas Grises: Se caracterizan por ser Aguas jabonosas las cuales pueden contener grasas, provenientes de la ducha, tina, lavamanos, lavaplatos, lavadero y lavadora.¹

¹(UNIVERSIDAD ABIERTA A DISTANCIA, ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES, 2012, P2).

- ❖ Agua Residual Municipal o Urbana (ARU)

Estas aguas se caracterizan por ser residuos líquidos de un conglomerado urbano; de lo cual tiene actividades domésticas e industriales, transportadas por una red de alcantarillado.

- ❖ Agua Residual Industrial (ARI)

Estas aguas se caracterizan por ser residuos líquidos provenientes de procesos productivos industriales, las cuales pueden tener origen agrícola o pecuario.

- ❖ Aguas Lluvias (ALL)

Estas aguas se caracterizan por ser originadas por el escurrimiento superficial de las lluvias las cuales fluyen por los techos, calles, jardines y demás superficies del terreno. Dentro de las aguas lluvias se pueden determinar que los primeros flujos que se obtienen son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y demás materiales acumulados en la superficie.

- ❖ Residuos Líquidos Industriales (RLI)

Estas aguas se caracterizan por ser provenientes de los diferentes procesos industriales, por lo cual su composición varía según el tipo de proceso industrial y aún para un mismo proceso industrial, así mismo se puede determinar sus características diferentes en industrias diferentes.

❖ Aguas Residuales Agrícolas (ARA)

Estas aguas se caracterizan por ser las que provienen de la escorrentía superficial de las zonas agrícolas y se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión.²

❖ Origen de las aguas residuales en los mataderos y plantas de elaboración

Los corrales o establos anexos a los mataderos suelen estar dotados de canales de captación pavimentados y cubiertos. Las aguas están constituidas por los desbordamientos de los depósitos, excrementos líquidos y las aguas para lavar los corrales que contienen estiércol. Los corrales no cubiertos están expuestos a inundaciones en las épocas de lluvias con la consiguiente lixiviación del propio estiércol al sumidero.³

2.2. Características físico-químicas de las aguas residuales

Las aguas residuales presentan diferentes características físico-químicas, las cuales se pueden tener en cuenta para poder tener un manejo del agua para ser tratadas, de acuerdo con esto si no se hace bien, obedecería a una mala caracterización de las aguas, ya que impide seleccionar correctamente los tratamientos y aplicar criterios adecuados para el diseño.

2 (UNIVERSIDAD ABIERTA A DISTANCIA, ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES, 2012, P1).

3 (<http://www.fao.org>, s.f.)

A continuación, se deben tener en cuenta:

❖ Conductividad

Capacidad de una solución para conducir la corriente eléctrica. Indicador de la concentración de sólidos disueltos totales.

❖ Materia orgánica

Son fracciones relevantes que se dan de los elementos contaminantes en las aguas residuales domésticas y municipales debido a esto se refleja como la causante del agotamiento de oxígeno de los cuerpos de agua.

La Materia Orgánica está compuesta principalmente por CHONS (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre) constituyendo las proteínas (restos de origen animal y vegetal), los carbohidratos (restos de origen vegetal), los aceites y grasas (residuos de cocina e industria) y los surfactantes (detergentes).

Tabla 1 Principales productos de la descomposición de la materia orgánica

Tipo de materia orgánica	Tipo de descomposición	
	Aeróbica	Anaeróbica
Nitrogenada	Nitratos (NO_3^-), anhídrido carbónico (CO_2), agua (H_2O), sulfatos (SO_4^-)	Mercaptanos, índoles, escatol, ácido sulfhídrico (H_2S), cadaverina y putrescina.
Carbonácea	Anhídrido carbónico (CO_2), agua (H_2O)	Anhídrido carbónico (CO_2), gas metano (CH_4), gas hidrógeno (H_2), ácidos, alcoholes y otros.

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/004/T0566S/T0566S14.htm>

❖ Oxígeno disuelto

Es un parámetro fundamental que se contempla en el ecosistema acuático y su valor debería estar por encima de los 4 mg/L para así mismo asegurar la sobrevivencia de los organismos superiores. El oxígeno se usa como indicador de la contaminación para los cuerpos hídricos. Para el correcto funcionamiento de los tratamientos aerobios de las aguas residuales, es necesario asegurar una concentración mínima de 1 mg/L.

❖ Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Es una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, se usa para determinar el consumo de oxígeno que hacen los microorganismos para degradar los compuestos biodegradables.

❖ Demanda Química de Oxígeno (DQO)

También una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra. A diferencia de la DBO, esta prueba emplea un oxidante fuerte (dicromato de potasio – K₂Cr₂O₇) en un medio ácido (ácido sulfúrico – H₂SO₄) en vez de microorganismos.⁴

Por lo anterior se obtiene la siguiente relación:

$$\underline{DBO/DQO \leq 0.2 \text{ (No biodegradable)}}$$

$$\underline{DBO/DQO \geq 0.4 \text{ (Muy biodegradable)}}$$

4 (ING. ARMANDO CUBILLOS, PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES, P1).

❖ Sólidos

La materia orgánica se presenta en forma de sólidos. Estos sólidos pueden ser suspendidos (SS) o disueltos (SD), los que también pueden ser volátiles (SV), los cuales se presumen orgánicos, o fijos (SF) que suelen ser inorgánicos. Parte de los sólidos suspendidos pueden ser también sedimentables (S. Sed.). Lo anterior ellos se determinan gravimétricamente (por peso).

❖ Potencial de hidrógeno (pH)

Controla los procesos biológicos del tratamiento de las aguas residuales (TAR). La mayoría de los microorganismos responsables de la depuración de las aguas residuales se desarrollan en un rango de pH óptimo entre 6,5 y 8,5 unidades.

❖ Nitrógeno

Componente principal de las proteínas y es un nutriente esencial para las algas y bacterias que intervienen en la depuración del agua residual. Puede presentarse en forma de nitrógeno orgánico, amoniacal y formas oxidadas como nitritos y nitratos. Los valores excesivamente altos de nitrógeno amoniacal (>1500 mg/L) se consideran inhibitorios para los microorganismos responsables del TAR.⁵

❖ Fósforo

Es un nutriente esencial para el crecimiento de los microorganismos. No obstante, valores elevados pueden causar problemas de hipereutrofización en los cuerpos de agua lóticos como en lagos, embalses, lagunas.

⁵ (<http://aulavirtual.usal.es>, s.f.)

❖ Cloruro

Está presente siempre en las aguas residuales urbanas, siendo los valores incorporados por habitante muy constantes debido al contenido de cloruro de la orina, las heces humanas suponen 6 gr de cloruros por persona y día. El sabor del Cl⁻ se hace presente con 250-500 mg/l, aunque una concentración hasta de 1500 mg/l es poco probable que sea dañina para consumidores con buen estado de salud.

❖ Grasas

La existencia de hidrocarburos y grasas en las aguas genera problemas por su poder tensoactivo que impide la captación de oxígeno, o genera una película envolvente de los flóculos biológicos impidiendo su respiración y aligerándolos llevándolos a flotación, dificultándose así la decantación secundaria. El aumento de este parámetro es indicador de vertidos industriales, ya que en los vertidos urbanos es muy constante.⁶

❖ Alcalinidad

La alcalinidad de un agua se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos, y ayuda a regular el pH. Normalmente, el agua residual es bastante alcalina.

⁶ (<http://taguasresiduales.blogspot.com>, 2017)

2.3. Características físicas de las ARI

❖ Turbidez

La presencia de sólidos coloidales le da al líquido una apariencia nebulosa que es poco atractiva y puede ser dañina. La turbidez puede causarlas las partículas de arcilla y limo, descargas de agua residual, desechos industriales o la presencia de numerosos microorganismos.

❖ Olor

Normalmente son debidos a la liberación de gases en el proceso de descomposición de la materia orgánica, en las aguas residuales. Es típico que en las aguas residuales urbanas se produzcan malos olores debido a la putrefacción en condiciones anaerobias de la materia orgánica, que genera como compuestos olorosos el sulfhídrico, mercaptanos (olor a coles podridas), amoníaco y aminas (olor a pescado), indol, escatol, o algunos fosforados. Aunque en ocasiones pueda parecer baladí este tema, hay que tener en cuenta la tensión psicológica que pueden generar olores molestos, pudiendo producir reducción del apetito, desequilibrios respiratorios, náuseas, etc.⁷

❖ Temperatura

Es una característica muy importante dado su influencia sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre reacciones químicas y velocidades de reacción.

⁷ (<http://taguasresiduales.blogspot.com>, 2017)

❖ Color

Generalmente, la coloración es indicadora de la composición y concentración de las aguas residuales urbanas, variando del gris al negro según la cantidad de materia orgánica que contenga. Esto afecta a la difusión de la radiación en el medio (y por tanto a la fotosíntesis) a la vez que provoca una mayor absorción de energía solar, por lo que la temperatura puede aumentar ligeramente respecto a la esperable.

❖ Densidad

Es una característica física importante del agua residual dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de fangos.

❖ Sabor

Debido a las impurezas disueltas, frecuentemente de naturaleza orgánica, como fenoles y cloro fenoles. Son propiedades subjetivas, difíciles de medir.

2.4. Características microbiológicas de las ARI

Las ARI presentan diferentes características con las Microbiológicas, las cuales aportan gran cantidad de materia orgánica que sirve de alimento para hongos y bacterias encargados de la descomposición.

A continuación, se deben tener en cuenta:

❖ Bacterias

Responsables de la degradación y estabilización de la materia orgánica contenida en las aguas residuales. Su crecimiento ocurre a pH entre 6,5, y 7,5. De lo cual algunas de las bacterias son patógenas, como la *Escherichia Coli (E. Coli)*, indicador de contaminación de origen fecal.

❖ Hongos

Los Hongos predominan en las ARI debido que resisten a valores de pH bajos y a la escasez de nutrientes.

❖ Protozoos

Se alimentan de bacterias y materia orgánica, para mejorar la calidad microbiológica de los efluentes de las PTARI.

❖ Actinomicetos

Son bacterias filamentosas conocidas por causar problemas en reactores de lodos activados, generando la aparición de espumas y la pérdida de sedimentabilidad del lodo, hinchamiento o filamentoso, incrementando los sólidos del efluente y la disminución de la eficiencia de la PTARI.⁸

❖ Organismos Coliformes

Son bacterias en forma de bastoncillos que se encuentran en el tracto intestinal del hombre y que por encontrarse junto a organismos patógenos que son evacuados por los seres humanos, se utilizan como microorganismo indicador, es decir, la presencia de organismos coliformes se interpreta como una indicación de que los organismos patógenos también pueden estar presentes. Su ausencia indica que el agua está exenta de productores de enfermedades.

8 (UNIVERSIDAD ABIERTA A DISTANCIA, ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES, P19)

2.5. Etapas de la PTARI del matadero

El pretratamiento se refiere a todas aquellas unidades de proceso al cual se somete el agua cruda antes de entrar a un determinado proceso principal.

Cuando hablamos de PTARI, el pretratamiento se aplica generalmente antes del tratamiento primario (o secundario). La razón por la cual se aplica es para:

- ✓ Proteger el equipo aguas abajo (pilas, biodigestores y biofiltros).
- ✓ Para reducir contaminantes o materiales no permitidos en una descarga de una planta.

En el tratamiento primario (o secundario) se eliminan los sólidos en suspensión de las aguas a tratar empleándose para ello, distintos procesos físico-químicos. Estos sólidos pueden ser: sedimentables, flotantes o coloidales.

En el tratamiento secundario (o terciario) se fundamentan en procesos biológicos en los que se emplean microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (Nitrógeno y Fosforo).

En la mayor parte de los casos, la materia orgánica es oxidada por los microorganismos que la usan como fuente de energía para su crecimiento. Los procesos aerobios se basan en la eliminación de los contaminantes orgánicos por su transformación en biomasa bacteriana con la ayuda de oxígeno.⁹

⁹ FUENTE: TAGUASRESIDUALES.BLOGSPOT.COM,2018

2.5.1. Cribado (uso de rejillas)

El cribado es la operación de separar sólidos o material del agua residual a través de mecanismos que actúen con el principio de la coladera. Uno muy común son las rejillas; si le damos un paso de 2" a las rejillas y dejamos pasar aguas residuales a través de ellas, ocurre que las partículas mayores a 2" quedarán atrapadas en la misma, y podrán ser retiradas ya sea manual o mecánicamente. Dependiendo de la separación de las barras (o el paso que se le dé a los sólidos) así se clasifican en cribas gruesas o finas. Las cribas gruesas suelen tener un paso de 10 a 50mm y suelen ser la primera unidad de tratamiento antes de que el agua llegue al tratamiento físico y/o biológico.¹⁰

Figura 1 Rejillas de pretratamiento



Fuente: <http://www.fao.org/parts/87g/T9oj6S/T0566k0r.htm>

2.5.2. Desarenadores

Su función es separar los elementos pesados en suspensión (arenas, arcillas), que lleva el agua residual y que perjudican el tratamiento posterior, generando sobrecargas en fangos, depósitos en las conducciones hidráulicas, tuberías y canales, abrasión en rodetes de bomba y equipos, y disminuyen la capacidad hidráulica.

¹⁰ (López Rondon, 2012)

La retirada de estos sólidos se realiza en depósitos, donde se remansa el agua, se reduce la velocidad del agua, aumentando la selección de paso del agua. Las partículas en suspensión, debido al mayor peso, se depositan en el fondo del depósito. La entrada de arena en los elementos de los tratamientos primario y secundario (tanques de decantación, lechos bacterianos, balsas de activación, etc.) perturbaría su funcionamiento, entre otras, por las siguientes razones:

- ✓ Debido al aumento de la densidad del fango, lo cual dificulta su separación de las paredes y del fondo de los depósitos, así como de las conducciones.
- ✓ Debido al aumento del riesgo de atascamientos, lo cual provoca acumulaciones en canales y tuberías, sobre todo en los cambios de dirección.
- ✓ Debido a la abrasión provocada sobre los elementos mecánicos en movimiento.

Es por ello necesario proceder a la separación de las arenas en el pretratamiento.

El término "arena" empleado en el tratamiento de las aguas residuales corresponde a partículas que poseen las dos características siguientes:

- ✓ No son putrescibles.
- ✓ Tienen velocidades de sedimentación sensiblemente superiores a las de los sólidos orgánicos putrescibles.

Esta segunda característica diferencial constituye el principio de funcionamiento de los desarenadores. El procedimiento utilizado, para proceder a la separación de la arena del agua residual, consiste en provocar una reducción de la velocidad del agua por debajo de los límites de precipitación de los granos de dichas arenas, pero por encima de los de sedimentación de la materia orgánica. De no cumplirse esta

última condición, se producirían depósitos de materia, susceptibles de fermentación, que produciría malos olores y sería de incómodo manejo.¹¹

Figura 2 Desarenador de sección rectangular con baipás (By Pass)



Fuente: <http://www.fao.org/parts43/m;6y/T9hb5f/T056jn6f.htm>

Componentes generales de los desarenadores

Los desarenadores se pueden dividir en cuatro partes o zonas.

1. Zona de entrada

Tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad

2. Zona de desarenación

Parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.

¹¹ (<http://aulavirtual.usal.es>, s.f.)

3. Zona de salida

Conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada.

4. Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada

Constituida por una tolva con pendiente mínima de 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos.

2.5.3. Trampa de grasas

Remoción de grasas y aceites¹².

Las aguas provenientes de la planta contienen por lo general cantidades considerables de grasas, aceites y detergentes; al permitir el ingreso de tales elementos al interior de los tanques sépticos (Biodigestor); existe la posibilidad de que sean descargados junto con el efluente del tanque en los sistemas de disposición sobre el suelo, limitando la capacidad de infiltración del terreno.

El sistema se agrava aún más gracias a la existencia de aceites solubles a temperaturas relativamente bajas, lo cual dificulta su remoción.

En esta etapa se eliminan las grasas y demás materias flotantes más ligeras que el agua.

Las grasas han creado muchos problemas en las PTARI, especialmente en los elementos y procesos siguientes:

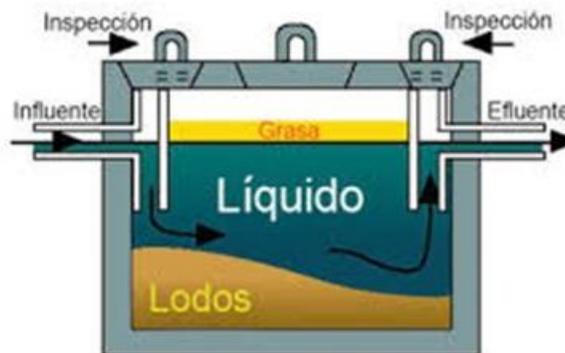
- ✓ En rejillas finas causan obstrucciones que aumentan los gastos de conservación o, mantenimiento y limpieza adicional.
- ✓ En los decantadores forman una capa superficial que dificulta la sedimentación al atraer hacia la superficie pequeñas partículas de materia orgánica.

¹² (López Cisneros, 2010)

- ✓ Perturban el proceso de digestión de lodos.
- ✓ La DQO se incrementa en un 20 a 30%, en mataderos por ejemplo pasan de un 8 a un 15% por las grasas contenidas en los vertidos.

Dentro de los desengrasadores se distingue entre los desengrasadores estáticos y los aireados.

Figura 3 Trampa de Grasa



Fuente: <http://www.fao.org/parth6/jkm.6/de4tm7/m34g6jl0.htm>

En los desengrasadores estáticos se hace pasar el agua a través de un depósito dotado de un tabique, que obliga al agua a salir por la parte inferior del mismo, lo que permite que los componentes de menor densidad que el agua, queden retenidos en la superficie. La retirada de las grasas se lleva a cabo de forma manual.

En los desengrasadores aireados se inyecta aire con objeto de desemulsionar las grasas y lograr una mejor flotación de las mismas.

2.5.4. Homogeneización y regulación de caudales y cargas. (Pozo Húmedo)

La homogeneización y regulación de caudales, es una medida que se emplea para superar los problemas que provocan en las instalaciones las excesivas variaciones de caudal y concentraciones de los contaminantes, de tal manera que se mejore la efectividad de los procesos situadas aguas abajo.

La homogeneización consiste en amortiguar por laminación las variaciones de caudal, con objeto de conseguir un caudal lo más constante posible. Con su homogeneización se consigue asimismo un efecto laminador sobre las variaciones de carga. Esta operación se realiza mediante un tanque o un pozo.

Las principales ventajas que produce la homogeneización de los caudales son las siguientes:

- ✓ Mejora del tratamiento biológico, ya que eliminan o reducen las cargas de choque, se diluyen las sustancias inhibitoras, y se consigue estabilizar el pH.
- ✓ Mejora de la calidad del efluente y del rendimiento de los tanques de sedimentación secundaria al trabajar con cargas de sólidos constantes.
- ✓ Reducción de las superficies necesarias para la filtración del efluente, mejora de los rendimientos de los filtros y posibilidad de conseguir ciclos de lavado más uniforme.¹³

Tratamiento de lodos.

El lodo está formado principalmente por las sustancias responsables del carácter desagradable de las aguas residuales no tratadas. La fracción de lodo a evacuar, generada en el tratamiento biológico del agua residual, está compuesta de materia orgánica, y sólo de una pequeña parte del lodo está compuesta por materia sólida. Tiene además cantidades significativas de arena, aceite y grasa. Las sustancias contaminantes que se capturan en las fases del tratamiento del agua se pueden encontrar generalmente dentro de los lodos, de manera más concentrada.

¹³ (Cristina, 2016)

2.5.5. Pilas de hidrólisis

Las pilas de Hidrólisis son tanques de almacenamiento en las cuales, el agua proveniente de los procesos primarios o pretratamientos de depuración es homogeneizada por medio de dispositivos mecánicos.

Por medio de estos dispositivos se logra una acidificación inicial que asegura un mejor proceso de descomposición en el Biodigestor de tipo anaerobio.

Figura 4 Hidrolisis del agua



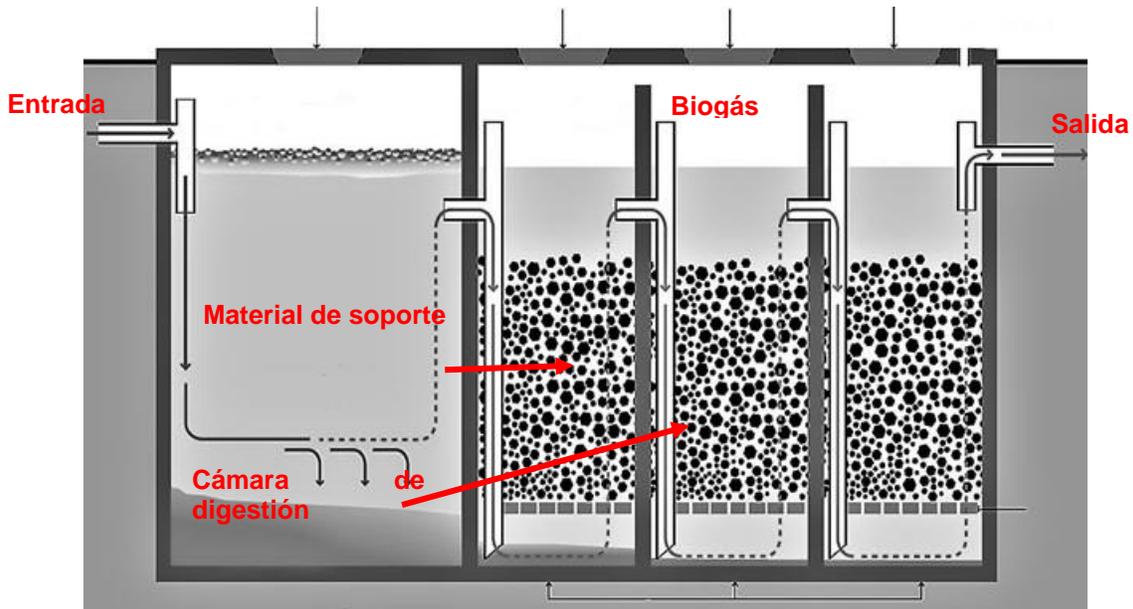
Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos82/pretatamiento-aguas-residuales/hidrolisis.shtml>

2.5.6. Digestor Anaerobio

La digestión anaeróbica es un proceso bacteriano que se realiza en ausencia del oxígeno. El proceso puede ser la digestión termofílica; en la cual el fango se fermenta en tanques en una temperatura aproximada de 55° C o mesofílica, en una temperatura alrededor de 36° C. Sin embargo, permitiendo tiempo de una retención

más corta, así en los pequeños tanques, la digestión termofílica es más expansiva en términos de consumo de energía para calentar el fango.

Figura 5 Digestor Anaerobio



Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos82/pretatamiento-aguas-residuales/digestion-anaerobia-y-aerobia.shtml>

La digestión anaerobia genera biogás con una parte elevada de metano que se puede utilizar como fuente de energía para otros procesos del matadero. En plantas de tratamiento grandes, se puede generar más energía eléctrica de la que las máquinas requieren. La generación del metano es una ventaja dominante del proceso anaeróbico.

La degradación anaerobia de los compuestos orgánicos complejos es secuencial y es realizada por la actividad de tres tipos de bacterias anaerobias: fermentativas, acetogénicas y metanogénicas.

Las etapas básicas en las cuales se divide el proceso son:

- ✓ Hidrólisis: En esta etapa se da la transformación por vía enzimática de los compuestos de alto peso molecular en compuestos más sencillos.
- ✓ Acidogénesis: Esta etapa implica la conversión bacteriana de los compuestos producidos en la primera etapa en compuestos intermedios de menor peso molecular. Un grupo de bacterias anaerobias fermenta los productos de la descomposición para producir ácidos orgánicos simples, siendo el ácido acético el que se presenta con mayor frecuencia en los digestores.
- ✓ Metanogénesis: Esta etapa es la más importante del proceso, pues es en ella en la cual se produce la remoción de la materia orgánica disuelta en el agua. Los microorganismos convierten el hidrógeno y el ácido acético, originado por las bacterias formadoras de ácidos, en gas metano y en dióxido de carbono.

2.5.7. Biofiltro.

Son humedales artificiales, filtros biológicos (Biofiltros) relleno de grava o piedra volcánica, sembrados con plantas de pantano, a través de los cuales circulan las aguas residuales pretratadas, mediante un flujo horizontal, tal como se aprecia en el diagrama de la Figura 6. Las bacterias responsables de la degradación de la materia orgánica utilizan la superficie del lecho filtrante para fijarse y formar una película bacteriana que les permite actuar mejor en el proceso de degradación.

En los Biofiltros podemos encontrar remociones de DBO entre el 80 y 95 %, mientras que en los Sólidos en suspensión éstas pueden ser del 80 al 95%.¹⁴

¹⁴ FEACHEM ET-AL., 1983; MARA ET-AL., 1992; YÁNEZ, 1992; NORMA TÉCNICA OS.090.

Plantas Acuáticas

Las especies de plantas que se introducen para crear un biofiltro dependen del tipo que se desea establecer. En este sentido, el clima, salinidad, profundidad y régimen de uso son los factores que van a definir las especies que serán introducidas. Algunas de ellas son *Thypha Latifolia*, *Scirpus spp*, *Phragmites australis*, etc.¹⁵

❖ Macrófitas

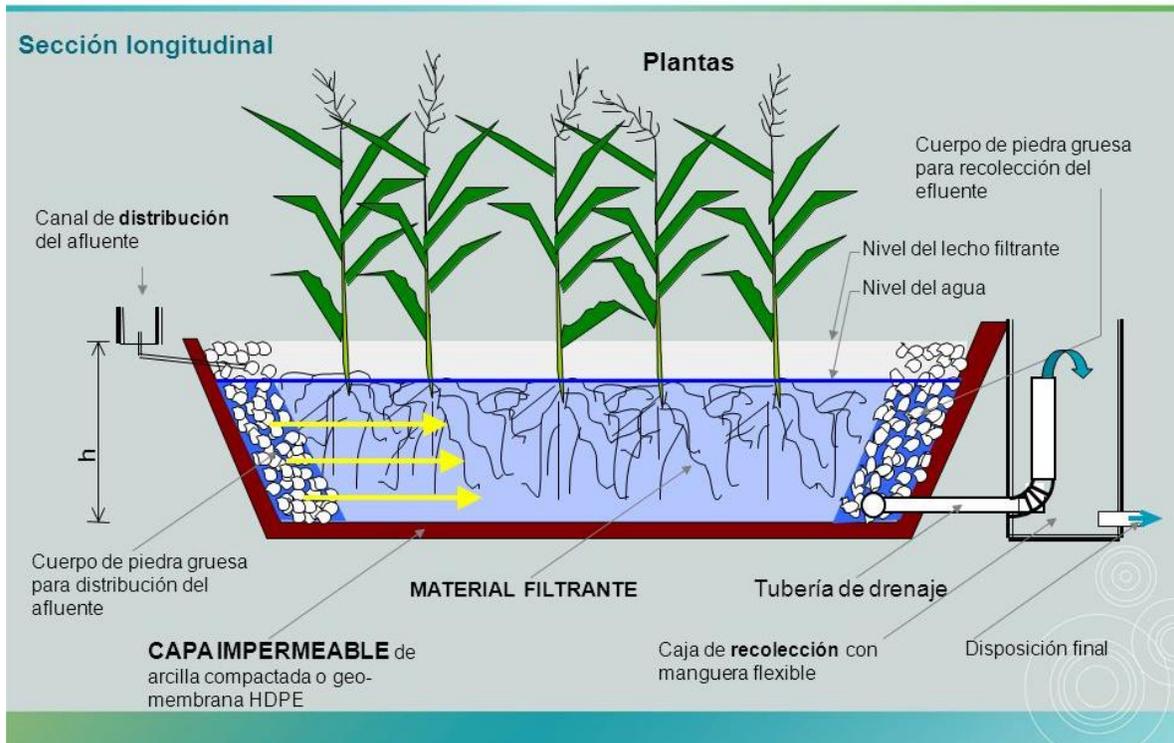
Se denomina así a aquellas que pueden vivir en terrenos inundados durante toda su vida o encharcadas durante largos períodos de tiempo. Otro nombre con el que se las conoce es **plantas palustres**. Son plantas cuyo porte puede alcanzar una cierta importancia dependiendo del poder nutricional del medio en que se encuentren: entre los 30 y 120 centímetros en el caso de los **juncos**, de 60 a 130 en los **esparganios**, entre 120 y los 240 en las **eneas** y de 160 a 320 centímetros en los **carrizos**.

La tecnología de biofiltro puede ser considerada como un ecosistema en el que los principales actores son:

- El Sustrato: sirve de soporte a la vegetación, permitiendo la fijación de la población microbiana, que va a participar en la mayoría de los procesos de eliminación de los contaminantes.
- La Vegetación (macrófitas): contribuye a la oxigenación del sustrato, a la eliminación de nutrientes y sobre la que su parte subterránea también se desarrolla la comunidad microbiana.
- El Agua a tratar: circula a través del sustrato y de la vegetación.

15 (OTERO, 2012)

Figura 7 Funcionamiento básico de los Biofiltros



Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos82/tratamiento-aguas-residuales/humedales-artificiales-hfss76.98.shtml>

Los mecanismos involucrados en la eliminación de contaminantes son:

- ✓ Eliminación de sólidos en suspensión mediante procesos de sedimentación, floculación y filtración.
- ✓ Eliminación de materia orgánica mediante los microorganismos presentes en el biofiltro, principalmente bacterias, que utilizan esta materia orgánica como sustrato.
- ✓ Eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, principalmente mediante mecanismos de nitrificación – desnitrificación y precipitación.
- ✓ Eliminación de patógenos mediante adsorción, filtración o depredación.
- ✓ Eliminación de metales pesados como cadmio, cinc, cobre, cromo, mercurio, selenio, plomo, etc.

❖ Tipos de Biofiltros

Son muy diversas las clasificaciones que existen en la identificación de los biofiltros. Vymazal¹⁶ (1998), sugiere una clasificación de acuerdo con las características del material vegetal predominante en los lechos así:

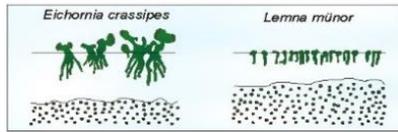
- a. Biofiltros contruidos, basados en macrófitas flotantes. Ej.: Eichhornia Crassipes, Lemna Minor.
- b. Biofiltros contruidos, basados en macrófitas de hojas flotantes. Ej.: Nymphaea Alba, Potamogeton Gramineus.
- c. Biofiltros contruidos, con macrófitas sumergidas. Ej.: Littorella Uniflora, Potamogeton Crispus.
- d. Biofiltros Contruidos con macrófitas emergentes. Ej.: Thypa Latifolia, Phragmites Australis.¹⁷

¹⁶ Jan Vymazal: Investigador y profesor de República Checa, especialista en el tratamiento de aguas con humedales.

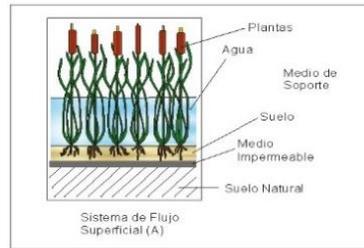
¹⁷ (López, 2009)

Figura 8 Diferentes tipos de biofiltros, Según Vymazal.

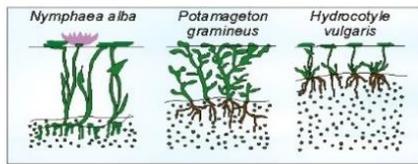
Sistemas de plantas de libre flotación



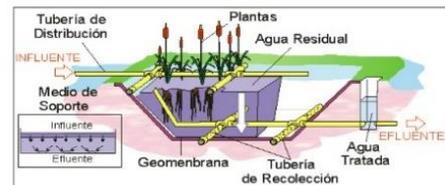
Sistemas de plantas con raíces emergentes:



Sistemas de plantas subemergentes



a) Sistemas de Flujo Superficial



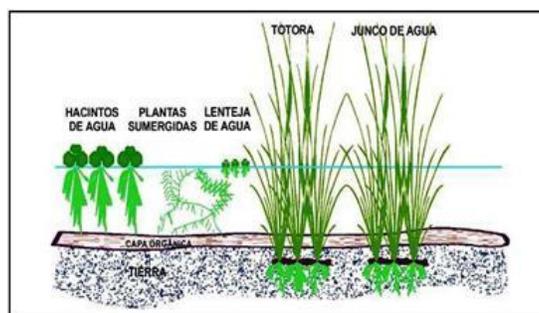
b) Sistemas de Flujo Subsuperficial

Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos-y-tesis/tratamiento-aguas-residuales/sistemas-de-humedales-artificiales-Jan-Vymazal-2003.shtml>

Una posible subdivisión de estos biofiltros plantados con macrófitas emergentes, es:

- ✓ Sistemas de flujo libre (HFS)
- ✓ Sistemas con flujo horizontal subsuperficial (HFSS)
- ✓ Sistemas con Flujo Vertical (HFV)

Figura 9 Biofiltro de Flujo Libre



Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos-y-tesis/tratamiento-aguas-residuales/sistemas-de-humedales-artificiales-Jan-Vymazal-2003.shtml>

La anterior clasificación obedece al sentido preferente del movimiento del agua en los lechos.

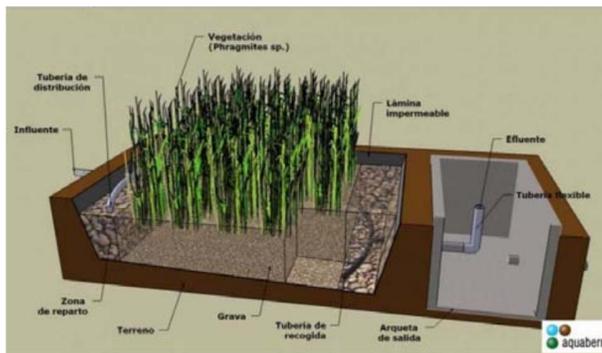
Sistemas de flujo libre

En los HFS, el agua se vierte en la superficie en un extremo del lecho, trasiega expuesta a la atmósfera, lenta y horizontalmente, para finalmente ser evacuada en el extremo opuesto del lecho, por medio de un vertedero.

Sistemas con flujo horizontal subsuperficial

En los HFSS el agua se distribuye en un extremo del lecho, se infiltra, se trasiega en sentido horizontal a través de un medio granular de relleno y entre las raíces de las plantas. Al final y en el fondo del lecho, el agua tratada se recoge y se evacua por medio de tuberías y/o vertederos. La profundidad de estos biofiltros descritos no suele exceder los 0.60 m y para facilitar el trasiego del agua deben ser construidos con una leve pendiente en el fondo, pero manteniendo en lo posible condiciones hidráulicas de flujo laminar. Los lechos deben ser aislados de los suelos subyacentes para evitar la contaminación de suelos y de las aguas subterráneas.

Figura 10 Representación 3D de un biofiltro de flujo subsuperficial horizontal



Fuente: <http://www.aquaberri.com/disposici3n-de-flujo-en-humedales-artificiales.7juh67ijjh.html>

Sistema de Flujo Vertical

En los HFV el agua fluye de manera descendente y percola en el biofiltro. El agua se vierte y se distribuye en toda la superficie del lecho y percola en el lecho. El lecho debe tener una profundidad no menor a 1 metro.

Mecanismo de remoción

El biofiltro se diseña en función de la remoción del tipo de contaminantes, siendo necesario entender estos mecanismos para asegurar que el biofiltro está bien diseñado. Pueden ser dimensionados para el tratamiento eficaz de sustancias demandantes de oxígeno (DBO, DQO), sólidos en suspensión (SS), nutrientes (N y P), así como para la disminución de metales, contaminantes orgánicos y agentes patógenos. Los principales mecanismos de remoción son los biológicos, como la actividad metabólica microbiana y absorción de las plantas, y los procesos físico-químicos, tales como la sedimentación y adsorción.

Tabla 2 Mecanismo de remoción en los biofiltros

Contaminante	Mecanismo de eliminación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Oxidación-Absorción-Filtración-Sedimentación-Descomposición Microbiana.
Sólidos en Suspensión (SS)	Filtración-Sedimentación
Nitrógeno (N)	Absorción-Amonificación-Nitrificación-Desnitrificación.
Bacterias, Patógenos y virus	Absorción-Sedimentación
Metales Pesados	Absorción
Otros Contaminantes	Precipitación-Evaporación-Evapotranspiración

Fuente: www.monografias.com/remoción-de-contaminante-kl2pñmfis.lm.html

- **Materia orgánica**

Presente en forma de materia en suspensión sedimentable, irá decantando en los biofiltros y experimentará procesos de degradación biológica. Igualmente, parte quedará retenida por filtración. Sobre la materia orgánica disuelta, al igual que sobre la particulada, actúan los microorganismos (principalmente bacterias) que utilizan esta materia orgánica a modo de sustrato.

La biodegradación es realizada por los microorganismos. Todos los microorganismos involucrados en este proceso de tratamiento requieren una fuente de energía y carbono para la síntesis de nuevas células, como también otros nutrientes. De acuerdo con su fuente de nutrientes, están clasificados como heterótrofos o autótrofos.

Los heterótrofos requieren material orgánico como fuente de carbono para la síntesis de nuevos microorganismos, en cambio, los autótrofos no utilizan materia orgánica sino dióxido de carbono como fuente de carbono.

Los organismos autótrofos, por lo tanto, pueden sintetizar orgánicas partiendo de otras inorgánicas. Esto quiere decir que no necesitan alimentarse de otros seres vivos, si no que ellos mismo pueden generar su propia comida eliminando la dependencia de otros seres vivos, y contribuyendo a la degradación de la materia orgánica.

En la degradación aeróbica, dos grupos de microorganismos participan en este proceso de degradación: aeróbicos quimio heterótrofos, oxidando compuestos orgánicos y liberando amonio; y aeróbicos quimio autótrofos, los cuales oxidan el nitrógeno amoniacal a nitrito y nitrato.

El último proceso es llamado nitrificación. Sin embargo, debido a la tasa de metabolismo más alta, los heterótrofos son principalmente responsables para la

remoción del material orgánico; por lo tanto, la presencia de oxígeno disuelto es un factor limitante.

- **Sólidos en suspensión**

Se eliminan fácilmente (debido exclusivamente a la gravedad) ya que generalmente tienen altos tiempos de retención hidráulica y la vegetación disminuye la velocidad de paso del agua. La filtración de las aguas se origina por su paso por el sustrato, raíces, rizomas y tallos de las plantas. Esta retención de la materia en suspensión se da por tres motivos¹⁸.

1. Baja velocidad de las aguas.
2. Las fuerzas de adhesión entre partículas.
3. Las constricciones del flujo producidas tanto por el medio granular como por el entramado de raíces y rizomas.

Son por tanto un conjunto de mecanismos físicos los que contribuyen a la eliminación de los sólidos en suspensión.

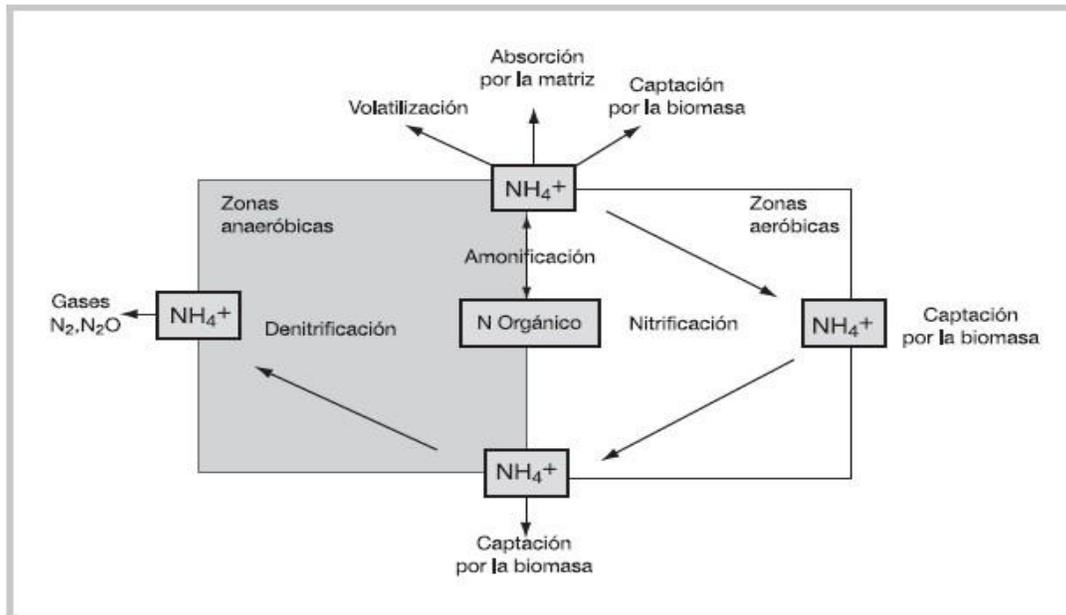
- **Remoción de nitrógeno:**

Al momento que ingresa agua residual al Biofiltro, la mayor parte del nitrógeno está presente como amonio o en forma de un compuesto inestable, que es fácilmente transformado a amonio. Los principales mecanismos de remoción de nitrógeno en los Biofiltros son la nitrificación y la desnitrificación, que ocurren en diferentes zonas del sustrato. Todo el proceso puede ser dividido en pasos, iniciando con la amonificación, seguido por la nitrificación y desnitrificación.

La amonificación ocurre en las zonas aeróbicas, como también en zonas anaeróbicas, por la mineralización del nitrógeno contenido en los orgánicos.

¹⁸ GARCÍA ET AL, 2015

Figura 11 Metabolismo del nitrógeno.



Fuente: “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE BIOFILTRO CONSTRUIDOS EN NICARAGUA”, María Cáceres, pag. 45, 2009

La nitrificación requiere la presencia de oxígeno disuelto (condiciones aeróbicas), amonio o nitrito como fuente de energía y dióxido de carbono como fuente de carbono. La oxidación en sí ocurre en dos estados, cada uno involucra diferentes especies de bacterias nitrificantes quimios autótrofas. El primer paso es la oxidación de iones amonio a nitrito (nitrificación).

Toda la reacción necesita un alto ingreso de oxígeno: alrededor de 4.5 kg por cada kg de amonio-nitrógeno NH_4

Remoción de nitrógeno total

La reducción promedio del nitrógeno total en las diferentes unidades oscila entre 21 – 39%, lo cual se considera relativamente bajo. Esto se debe a la poca disponibilidad de oxígeno dentro del lecho filtrante de las unidades de flujo horizontal, limitando a

niveles bajos los principales mecanismos para la remoción de nitrógeno, que son la nitrificación y desnitrificación.

2.6. Reglamentos y normas establecidas.

Calidad de Agua Residual para su vertido:

Desde el 30 de noviembre de 2017 se publicó el Decreto 21-2017, referente a las disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias, que en su capítulo VI reglamenta sobre el Artículo 32. Rangos y Valores máximos permisibles para los vertidos de aguas residuales provenientes de los mataderos a nivel Industrial, deberán cumplir los rangos y valores máximos permisibles.

Tabla 3 Rangos y Valores máximos permisibles para los vertidos de aguas residuales provenientes de los mataderos a nivel Industrial

Parámetros	Rangos y Límites Máximos Permisibles Promedio Diario
Potencial de Hidrógeno (pH)	6-9
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	180
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1.0
Nitrógeno Total (mg/l)	50
DBO ₅ (mg/l)	150
DQO (mg/l)	300
Grasas y Aceites Totales (mg/l)	30

Fuente: Artículo 32, decreto 21-2017

Por otro lado, la NTON¹⁹, para el control ambiental en mataderos establece en su punto 7 de Sistemas de Tratamiento, los siguientes aspectos:

19 NTON 05 001 - 98 "NORMA TÉCNICA CONTROL AMBIENTAL EN MATADEROS"

- Es responsabilidad de la Gerencia de la Empresa, elaborar y poner en práctica un plan de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, revisado y aprobado por la Dirección General de Calidad Ambiental del MARENA
- Todo sistema de tratamiento de residuales líquidos deberá estar precedido de operaciones de pretratamiento que garanticen la remoción de las concentraciones de aceites, grasas. y sólidos en suspensión de los desechos brutos.
- Los sedimentos generados en el sistema de pretratamiento y residuos retenidos en el tamizado de sólidos cuando no fuese posible destinarlos al compostaje, deberán ser depositados en rellenos sanitarios o basureros municipales.
- Los efluentes líquidos procedentes del proceso de matanza, que descargan en el sistema de alcantarillado o vierten sus residuos líquidos de forma directa o indirecta en los cuerpos receptores de agua, deberán cumplir estrictamente con los límites máximos permisibles descritos en el artículo 32 del decreto 21-2017 relativo a las Disposiciones para el Control de la contaminación provenientes de las descargas de aguas Residuales Domesticas Industriales y Agropecuaria.

Los sedimentos generados en el sistema de pretratamiento y residuos retenidos en el tamizado de sólidos cuando no fuese posible destinarlos al compostaje, deberán ser depositados en rellenos sanitarios o basureros municipales.

Factor de alcalinidad

La actividad bacteriana anaerobia puede verse afectada por diversos factores, ya sea: climáticos, características de las aguas, o por adición de sales o ácidos al afluente del biodigestor.

El factor de alcalinidad es un indicador de la actividad bacteriana anaerobia dentro de un biodigestor. A Valores menores de este intervalo indican acidificación del sistema, en el caso opuesto, el sistema se alcaliniza, lo que viene a inhibir a la población bacteriana.

Porcentaje de metano en Biogás

Los procesos biológicos anaerobios producen ácido acético, encargado de la descomposición de los sólidos presentes en el fluido. Nitrógeno y metano son producidos de forma secundaria por los procesos de degradación de la materia orgánica. el metano producido por estos procesos en algunos casos es aprovechado para procesos energéticos o bien para uso domiciliario. El porcentaje de metano contenido en el Biogás es un indicador de la estabilidad de este.

3. Diseño Metodológico

Para lograr alcanzar los objetivos propuestos fué necesario la recaudación de la información para la evaluación de la PTARI del matadero, en conjunto con la información obtenida de PROINCASA y bibliografía usada.

Dentro de la metodología que se usó es la siguiente:

3.1.-Obtención de la información

3.1.1.-Efectuar visitas al matadero

El principal objetivo de la realización de visitas al matadero; fue para la toma de muestras de las aguas residuales en los cuatro diferentes puntos de muestreo para la evaluación física-química y medición de caudal (también se tomó en consideración indicadores de referencia del consumo de agua en el lavado de los animales y los demás procesos).

Los parámetros a analizar serán de acuerdo a los estipulados en el art. 32 de decreto 21-2017, del MARENA²⁰, referido a la industria cárnica. **Ver Tabla 3.**

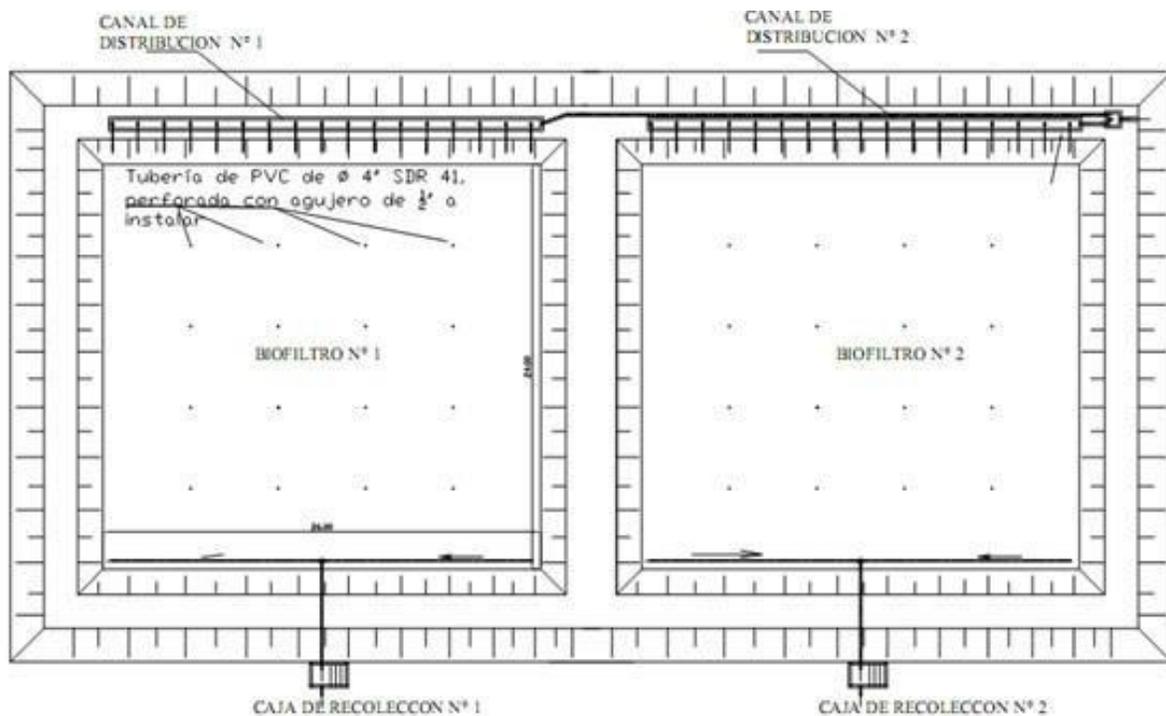
Se constató además el esquema o secuencia de la PTARI del matadero.

3.1.2.-Instalación de tuberías perforadas en el área de Biofiltros

Se instalaron cuatro baterías de tubos PVS de Ø4" SDR 41, para un total de 16, de un metro de largo, perforadas con agujeros de Ø½", distribuida en el área de la superficie de los Biofiltros, con el propósito de la determinar el régimen hidráulico predominante en la sección, y verificar el tiempo promedio de retención del sistema.

²⁰ MARENA: Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales

Figura 12 Esquema de la instalación de tuberías en las pilas de los biofiltros.



Fuente: Planos de diseño

3.2.-Análisis de Información

3.2.1.-Analizar estadísticamente los valores de los contaminantes obtenidos

Se evaluó el nivel de confianza de los datos generados a través de los análisis fisicoquímicos por medio de cálculo de la media y desviación estándar.

3.2.2.-Determinar los porcentajes de remoción de materia orgánica de cada una de las etapas de la PTARI

Se determinaron el porcentaje de remoción de los contaminantes en cada una de las etapas que incurra el tratamiento de las aguas residuales (canal con rejilla, entrada y salida del biodigestor, así como la salida de los biofiltros), mediante laboratorio, contrastando los valores según los parámetros definidos en el artículo 32 que establece el decreto de 21-2017 del MARENA.

El porcentaje de remoción se determinó por medio de diferencias de cargas entre un punto de muestreo y su siguiente punto, dividiendo este resultado entre el primer valor y multiplicándolo por 100.

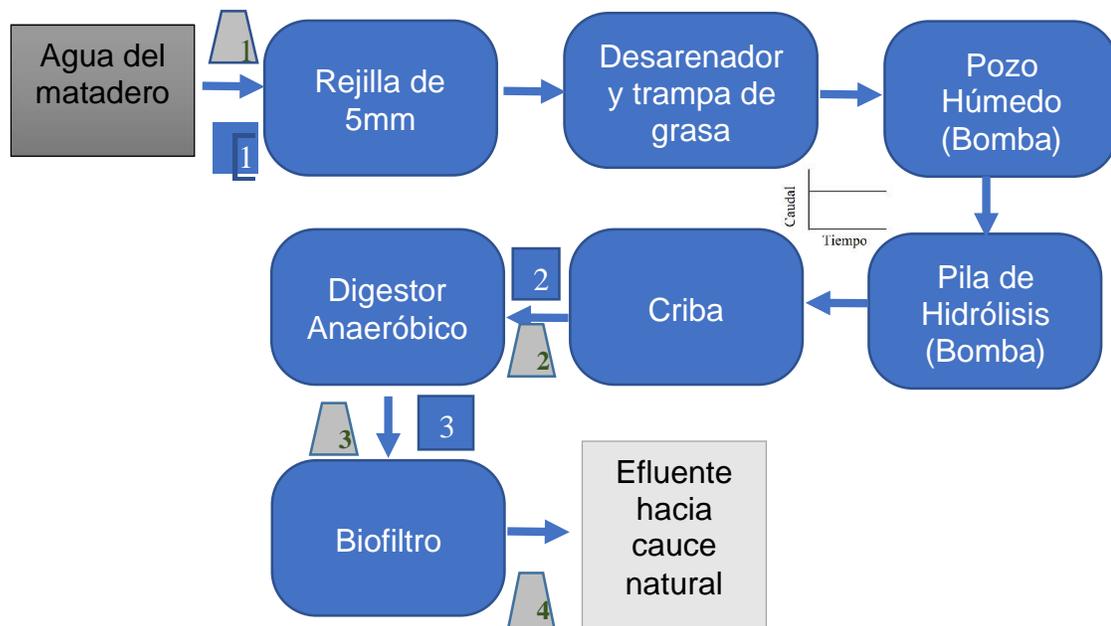
Las muestras se recopilaron por toma de muestras compuestas a cada hora en cada uno de los puntos de muestreo antes mencionados.

3.2.3.- Análisis de la generación de biogás en el digester anaerobio

Se determinó porcentaje de metano del biogás que puede ser producido, por el Biodigester anaeróbico, por medio de laboratorio con las muestras obtenidas, por el método de Adsorción de hidróxido de sodio.

3.3.- Esquema general del sistema de tratamiento de aguas residuales

Figura 13 Esquema de puntos de recopilación de datos de la PTARI de la empresa PROINCASA



-  : Punto de Muestreo.
-  : Punto de Medición de Caudal.

Fuente: Fuente propia

4. Cálculos Y Resultados

4.1 Materiales Y Métodos

4.1.1 Área de trabajo

Este estudio se realizó en las instalaciones del matadero PROINCASA que se ubica en el KM 14¹/₂ carretera vieja Managua-Tipitapa. Su principal actividad es el sacrificio, comercio y distribución de productos cárnicos en la capital y resto del país. La empresa se crea en el año 1991, teniendo como propietario es el señor Wilfredo Figueroa. En el año 2004 se pone en marcha la PTARI del matadero PROINCASA. La planta cuenta con un caudal de diseño de 100 m³/día. Y con un monitoreo continuo mediante análisis de laboratorio y análisis de campo.

Figura 14 Ubicación del matadero



Los operadores de la planta cuentan con más de 5 años de experiencia. Actualmente los periodos de matanza comprenden entre las 11 de la mañana hasta las 2 de la tarde. Los gastos de agua promedio indican un volumen de 100 m³ por cada 88 reses. En el último año la producción de la planta ha decrecido un 55%. El promedio de sacrificio actual de la empresa es de 35 reses por día.

Las aguas residuales de la empresa PROINCASA. Se caracterizan por un alto contenido de carga orgánica, Coloración rojo oscuro, olor penetrante y alto contenidos de estiércol.

4.1.2 Descripción del sistema de tratamiento

El sistema de tratamiento de la planta está compuesto por tres etapas: pretratamiento (canal con rejilla y desarenador), Tratamiento primario (biodigestor anaerobio), tratamiento secundario (biofiltros).

Etapas de pretratamiento

Su función principal es retener la mayor cantidad de sólidos sedimentados y suspendidos, además de remover grasas y aceites. Está conformada por: canal con rejilla, desarenador, con fondo inclinado, que al mismo tiempo funciona como trampa de grasas y pozo húmedo.

- **Canal con rejilla**

Las dimensiones del canal son de 4.32 mts con un ancho de 0.25 mts con una pendiente del 0.6% aproximadamente. La rejilla tiene dimensiones de 50 cm de ancho, 40 cm de altura y está compuesta por barras de acero inoxidable, espaciadas a 5 milímetros entre sí y a su vez inclinadas a 45° respecto a la horizontal. Cuenta con una lámina de acero inoxidable perforada en la parte superior, para la recolección de sólidos retenidos en la rejilla. Paralelo al canal principal existe un

desvío (Baipás), en caso obstrucción de la rejilla y el agua no se desborde fuera del canal principal. Sus dimensiones son de 25 cm de ancho y 40 cm de altura.

Fotografía 1 Canal con rejillas (Pretratamiento)



Fuente: Fotografía propia.

- **Desarenador**

Se define como un canal rectangular de concreto monolítico impermeabilizado con dimensiones de 3.16mts de longitud con 1.20mts de ancho con una pendiente de fondo de 0.6%. Su Función es permitir que la mayor cantidad de solidos sedimentables sean retenidos en el fondo del canal.

- **Trampa de grasas.**

Su función es la de retener la nata o espuma que se encuentra en la parte superior del flujo, la que podría ocasionar mal funcionamiento del sistema de bombeo. Está formada por un canal de rectangular de concreto monolítico con un ancho de 1.20mts al cual se introdujo una pantalla de madera con dimensiones 1.20 mts de largo por media pulgada de espesor con una altura de 80 cm a con una altura de desplante respecto al fondo de 40 cm, como se detalla en la fotografía VI-3.

Fotografía 2 Desarenador y trampa de grasa



Fuente: Fotografía propia.

Etapa de tratamiento primario

Esta etapa consta de una pila de hidrolisis, una criba de acero inoxidable y un biodigestor anaerobio. En esta etapa las propiedades del flujo son estabilizadas (PH) y se da la retención de cierta cantidad de sólidos presentes en el agua residual.

- **Pila de hidrolisis**

La pila de hidrolisis cuenta con dimensiones de 7.50 m por 4.50m en su superficie y una altura de 2.80 m. La pendiente corresponde al 2.5 %. Su función es homogenizar el fluido para su posterior introducción al biodigestor.

Fotografía 3 Pila de Hidrólisis.



Fuente: Fotografía propia.

- **Cribado**

Este proceso es realizado por una criba hidrostática de acero inoxidable la cual consta de una malla del mismo material con una separación de 0.5 mm entre cada hilo. Su función es retener los sólidos con un tamaño mayor de 0.5 mm, los que son enviado directamente a la pila de secado de lodos.

Fotografía 4 Criba del biodigestor.



Fuente: Fotografía propia

- **Biodigestor anaerobio.**

Está diseñado para un caudal de 100 m³ por día. Su alimentación se da por tiempos de 10 horas por caudales bajos, la homogenización del fluido en la pila de hidrolisis garantiza la estabilidad de las bacterias.

Sus bordes están conformados por concreto monolítico, su forma es trapezoidal y está dividido en 5 recamaras, las cuales están cubiertas por una geomembrana. Las recamaras 2, 3 y 4 están rellenas por roca volcánica con un diámetro entre 3" y 4", las cuales fueron colocadas a mano, la base superior tiene dimensiones de 13.80 m de longitud por 8.30m de ancho. La base inferior tiene dimensiones de 11m por 6.5m. La altura de las recamaras es de 3.20 m.

Las pantallas que dividen las recamaras están construidas por concreto monolítico y dispuestas de tal manera que el flujo pase alternadamente por encima y por debajo de ellas. Ver figura:

Fotografía 5 Biodigestor anaerobio con geomembrana.



Fuente: Fotografía propia

Etapa Secundaria de tratamiento

Consta de dos biofiltros de flujo horizontal dispuestos en paralelo, cada uno tiene dimensiones de 27.60m de ancho por 20 m de longitud la altura de entrada es de 0.65 m. La pendiente en el fondo es del 1%, para un tiempo de retención, según diseño, de 7 días.

Los biofiltros son alimentados a través de un canal rectangular de concreto a todo lo ancho de los biofiltros, el ancho es de 25 cm, el fluido es distribuido de del canal a los biofiltros a través de tubos de PVC Ø 2". Las unidades están rellenas con hormigón rojo con granulometría de 0.5mm a 15 mm y piedra volcánica negra del volcán Masaya de Ø 2" a Ø 4" para las áreas de distribución y recolección del agua a 2 m en la entrada y la salida del biofiltro. En estas unidades se sembraron las plantas conocidas como zacate Taiwán (*Pennisetum purpureum*). El cual es cortado cada 3 meses y utilizado para el alimento de las reses.

Finalmente se tiene un tubo de PVC de Ø 4", perforado de para recolectar el agua residual tratada, este tubo cuenta con accesorios movible para la regulación del nivel del agua residual dentro de los Biofiltros. Después de que las aguas residuales del matadero son depuradas por cada una de las etapas de la PTARI son vertidas a un canal rectangular, hacia un cauce natural.

Fotografía 6 Zacate Taiwán – Biofiltros



Fuente: Fotografía propia

4.1.3 Mediciones de caudal

La planta de tratamiento de las aguas residuales industriales del matadero PROINCASA procesa dos caudales.

- a) Aguas residuales industrial generado en la sala de sacrificio de las reses en el matadero.
- b) Aguas residuales generado por la empresa Promotora Agropecuaria (PASA).

Estos dos caudales se mezclan en la pila de hidrólisis, luego de haber tenido, ambas líneas de agua residuales, su pretratamiento.

La medición de caudales se realizó por medio aforo, en dos puntos:

- a) Uno al final del canal con rejilla en el pre tratamiento del matadero, con intervalo de media hora, para determinar el caudal que se genera el sacrificio de reses.
- b) Segundo, en la salida del reactor anaerobio, con un intervalo cada hora, para definir el caudal de alimentación al reactor y Biofiltros.

4.1.4 Análisis realizados

Análisis Físico-químicos

Los análisis de las aguas residuales industriales están comprenden entre noviembre del año 2017 hasta mayo de 2019, los cuales se encuentran especificados en el artículo 32 del decreto 21-2017 del MARENA.

Se tomaron muestras compuestas proporcionales al tiempo de operación de la PTARI, en el canal con rejilla, entrada y salida del biodigestor y la salida de los biofiltros. La recolección de muestras se dio a cada hora durante el tiempo de operación de la planta de proceso.

Las muestras recolectadas en cada punto, fueron depositadas en recipientes plásticos (galón) y a su vez colocadas en un termo con hielo, para mantenerla a una temperatura aproximada de 4° C.

Tabla 4 Análisis fisicoquímicos y bacteriológicos se realizaron el en laboratorio del programa BIOMASA UNI-RUPAP.

EN EL LABORATORIO	
Parámetros	Método
DBO ₅	DIN 38 409-H 51
DQO	MN 5220-C
Sólidos totales suspendidos	MN 2540-D
Grasas y Aceites	MN 5220-B
Coliformes Totales	MN 9221 B-C
Coliformes Fecales	MN 9221 B-C

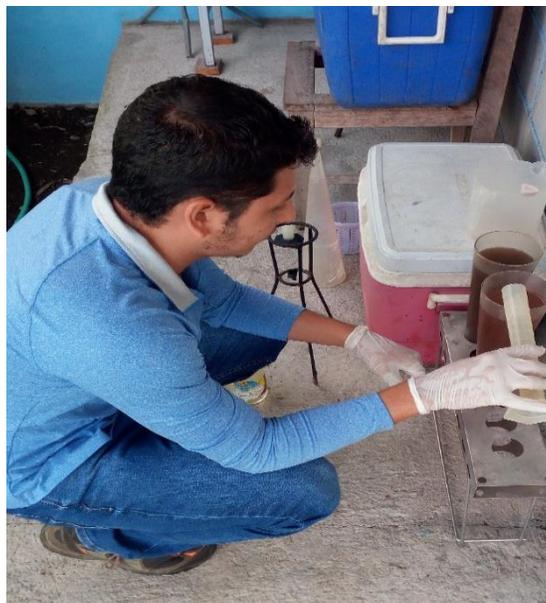
Fuente: 19^{na}. Edición, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Tabla 5 Análisis fisicoquímicos se realizaron en campo.

PARAMETRO DE CAMPO		
Parámetros	Método	Instrumentos
Medición de pH	MN 4500-H-B	Potenciométrico
Temperatura	MN 2550-B	Termómetro
Sólidos Sedimentables	MN 2540-F	Cono Imhoff
Conductividad Eléctrica	Potenciométrico	Conductivímetro

Fuente: 19^{na}. Edición, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Fotografía 7 Almacenamiento de muestra



4.1.5 Determinación del régimen hidráulico

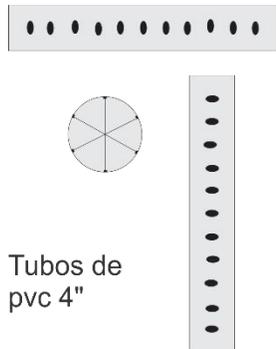
El proceso de determinación del régimen hidráulico se realizó a partir de la fecha del 11 de febrero del año 2018 hasta el 23 de marzo del año 2019. El análisis se realizó por el método del trazador. Para ello se utilizó cloruro de sodio (sal común). En este proceso se requirieron los siguientes materiales:

1. Tubos de PVC de Ø4" SDR 41 con perforaciones de media pulgada de diámetro distribuidas a lo largo de su perímetro radial del tubo, las cuales se repiten a cada 10 cm a en su longitud, se colocaron 16 tubos en cada biofiltro.
2. Cloruro de sodio (sal común). Como trazador.
3. Recipiente para extraer el agua, dentro de los tubos.
4. Medidor de conductividad. Con un rango de medición entre (0.00 -20.00) ms/cm.

5. Recipiente para diluir la sal.

Figura 15 Materiales utilizados para determinacion de regimen hidraulico

Biofiltros



Tubos de
pvc 4"



Conductivimetro



Recipiente para
disolución de la sal



Recipiente para extraer agua



Cloruro de Sodio

4.1.6 Determinación de porosidad del lecho filtrante de los biofiltros

Este ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio del proyecto biomasa. Con la supervisión del Msc. Ing. Vidal Cáceres y del Ingeniero Eduardo Zamora.

Materiales

- Pala
- Bolsas plásticas de 4 libras
- Probetas de 500 ml
- Horno
- Bandejas.
- Espátulas.

- Balanza digital.

4.1.7 Factor de alcalinidad en el biodigestor

Este ensayo se realizó en las instalaciones de matadero PROINCASA, bajo la supervisión del Ing. Harold silva. Responsable de la operación y mantenimiento de PTARI.

Para realizar este análisis se necesitan los siguientes materiales:

Materiales:

- 1 probeta de 100 mL.
- 1 bureta de 50 mL.
- 1 soporte universal.
- 1 porta bureta.
- 1 Beaker de 300 mL.
- 1 pHmetro.
- Ácido clorhídrico 0.25 N

4.1.8 Determinación del porcentaje de metano del Biogás contenido en el biodigestor

Materiales:

- Bolsa para recolectar el biogás.
- Jeringa con aguja curva.
- Beaker de 500 ml
- Hidróxido de Sodio al 30%
- Bureta.
- Mariposa.

- Guantes de protección.

4.1.9 Balance de sólidos

Este ensayo comprendió desde la fecha del 1 de abril del 2019 hasta el 5 de abril del año 2019. Se realizó en las instalaciones de la universidad nacional de ingeniería en el laboratorio del proyecto biomasa, bajo la supervisión del Ing. Oscar. López.

Materiales:

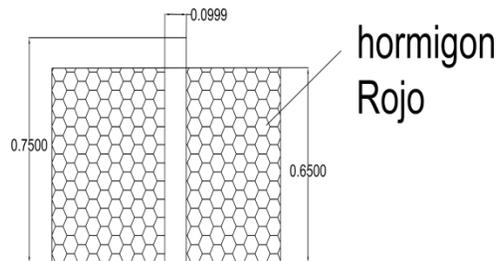
- Horno.
- Recipiente para trituración de la muestra
- Bandejas
- Recipientes de porcelana
- Mortero.
- Balanza digital.
- Mufla.
- Desecadores.

4.2 Procedimiento De Los Ensayos

4.2.1 Régimen Hidráulico

Se colocaron los tubos de PVC perforados, en los biofiltros a una profundidad aproximada de 65 cm a partir de la superficie del lecho filtrante, distribuyéndolos en 4 filas y 4 columnas por cada uno de los biofiltros, para un total de 32 segmentos de tubos, 16 por cada biofiltro, dejando una altura de desplante de 10 cm sobre el lecho filtrante. Para efectos de toma de muestra de agua residual, para medir la conductividad eléctrica en cada tubo. **Ver Figura 12.**

Figura 16 Perfil de instalación de tubería en los biofiltros



Fuente: Dibujo propio

4.2.2 Determinación de cantidad de sal y disolución

Se extrajeron 3 muestras de agua de la planta. La primera en la salida de los biofiltros, la segunda fue del agua que se utiliza para la operación de la planta de proceso del matadero y la última del afluente que entra a los Biofiltros

Cada una de las muestras fue depositada en recipientes de 1 litro por separados, a las cuales se les fue adicionando de gramo en gramo cloruro de sodio (sal común). Mediante un conductivímetro se midió la variación de conductividad en cada adición. Con la intención de lograr una variación entre (2 y 3) veces el valor base de la entrada a los Biofiltros. La variación se logró con una concentración de 1.5 gr/lit.

Tabla 6 Muestreo de conductividad

MUESTREO DE CONDUCTIVIDAD PARA EFLUENTE DE BIOFILTROS			
N° MUESTRA	(gr) de sal Agregados	conductividad	temperatura (°C)
1	0	3.25	27.6
2	1	8.07	27.4
3	1.5	10.5	27.3
4	2	12.6	27.2
5	3	17.25	27
6	4	21.4	26.9
7	4.5	23.5	26.7
8	5	27.6	26.6

Fuente: Muestreo propio – tanteo realizado en el PIESA – UNI – RUSB

Según el Ing. Néstor Fong, para utilizar este método se necesita una concentración de sal que logre duplicar el valor de conductividad base. Como se muestra en la tabla anterior ese valor se logra con una concentración de 1.25 gr/lit de a agua, para dicha concentración el valor medido fue de 10.5 ms/cm. Para conocer la cantidad de sal total. inicialmente se determinó mediante aforo en la salida de biodigestor el caudal promedio por día. Teniendo la concentración de sal y el caudal promedio por día se calculó la cantidad de sal que fue de 66.7 libras o bien 33 kilogramos. Ver Ecuación. siguiente

Ecuación 1. Dosificación de sal para usar como trazador en biofiltros

$$Cant. sal = 22m^3 * 1.5 \frac{kg}{m^3}$$

$$Cantidad de sal = 33 kg$$

Procedimiento para la disolución de la sal

- Se investigó la solubilidad máxima de la sal en el agua en función de la temperatura.

Tabla 7 Solubilidad máxima de la sal²¹

Solubilidad de la sal en el agua (gr/100cc)	
Temperatura °C	Cloruro de sodio (gr)
20	35.00
30	35.50
40	36.00
50	36.50
60	37.00
70	37.50
80	38.00
90	39.00
100	40.00

Fuente: [fisicayquimicaieslazafra/disoluciones-y-concentraciones](#) – Propiedades – Físicas.

De la tabla antes mencionada se escoge trabajar con una concentración de 25 gr/cm³. Debido posibles errores en la medidas de los recipientes Para cumplir esta relacion se necesitaron 132 lt de agua limpia. Ver ec. siguiente

Ecuación 2. Determinación de la cantidad de agua

$$vol\ de\ agua = \frac{33,000gr}{250gr/lt}$$

$$\mathbf{Vol\ de\ agua = 132\ lt}$$

²¹ [fisicayquimicaieslazafra/disoluciones-y-concentraciones](#)

- Para realizar la disolución se depositaron la sal y el agua en un recipiente y se procedio a batir la mezcla durante 15 minutos con el objetivo de lograr una mezcla homogenea.
- De golpe se deposito la disolucion de la sal en el canal de distribucion, previamente limpio, con el fin de lograr una distribucion homogenea en los dos biofiltros. Acto seguido se comenzo la medicion de la conductividad electrica en los puntos donde se encontraban los tubos.

Figura 17 Disolución de la sal y toma de conductividad.

1 Ensayo para concentración de sal



2 Disolucion de la sal



3 Toma de muestra de conductividad

Fuente: Figura realizada con la combinación de fotografías propias.

4.2.3 Ensayo de porosidad

1. Se recolectaron muestras en cada uno de tubos instalados, en los Biofiltros, una muestra por cada fila de tubos. Las muestras fueron depositadas en bolsas plásticas transparente y trasladadas al laboratorio de BIOMASA.
2. Las muestras fueron depositadas en bandejas e introducidas en un horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ$, durante 24 horas. Con el objetivo de eliminar el agua contenida en los poros de dicho material.
3. Se niveló la balanza digital.
4. Se pesó la masa de la probeta vacía.
5. Se agregó un determinado volumen de material dentro de la probeta graduada.
6. Se agregó un determinado volumen de agua limpia al recipiente con la muestra.
7. Se anotó el valor de volumen de material filtrante de los biofiltros más el volumen de agua añadido.
8. Se repitió el proceso por cada una de las muestras recolectadas.

Figura 18 Determinación de la porosidad del lecho filtrante en los biofiltros.



Fuente: Figura realizada con la combinación de fotografías propias.

4.2.4. Ensayo de factor de alcalinidad

Los pasos por seguir se detallan a continuación:

- Llenar la bureta de 50 mL con ácido clorhídrico 0.25 N.
- En un beaker de 300 mL se añaden 100 mL del efluente del digestor.
- Introducir el electrodo del pH metro dentro del beaker que contiene la muestra, de forma que siempre esté en contacto con la muestra.
- Empezar a agregar poco a poco el ácido clorhídrico que está en la bureta. Cuando se empieza a añadir el ácido es necesario mover suavemente el beaker de forma circular y se notará en la pantalla del pHmetro que el pH disminuye, por lo tanto, hay que observar el momento en que el pHmetro marca el valor de 5.75; en ese

momento se anota la cantidad de ácido que se ha agregado al beaker y se continúa añadiendo ácido hasta que el pHmetro marca el valor de 4.3.

Cálculo del factor de alcalinidad.

Factor de alcalinidad: $(b - a) / b$

a) Volumen de ácido consumido a pH = 5.75.

b) Volumen de ácido consumido a pH = 4.3.

Figura 19. Determinación del factor de alcalinidad.

1 Adición de la solución titulante



2 Medición de la variación de PH



Fuente: Figura realizada con la combinación de fotografías propias – Oficinas de control de PTARI-PROINCASA

4.2.5 Determinación del porcentaje de metano.

El biogás de buena calidad debe tener un contenido de metano mayor de 60%, para obtener un buen poder calorífico, por lo que se determinó la calidad del biogás generado producto de la degradación anaerobio en el reactor.

Para realizar este análisis se necesitaron los materiales siguientes:

- Bolsas para toma de muestras de biogás.
- Jeringas de 50 cc.
- Agujas de 0.8 x 120 mm.
- Soporte universal.
- Porta bureta.
- Pera.
- Bureta con escala invertida de 50 ml.
- Solución de hidróxido de sodio al 30%.
- Beaker de 400 ml.

Los pasos que se realizaron para el análisis son los siguientes:

- La toma de muestra de biogás se realiza utilizando una bolsa diseñada para toma de muestras de gases.
- Se coloca la bureta en el soporte sujeta con la porta bureta, con la pera en el extremo superior, mientras que el extremo inferior se sumerge en una solución de NaOH al 30% contenida en un beaker de 400 ml.
- Se llena la bureta con solución de NaOH hasta la marca inicial utilizando la pera.
- Se extraen de la bolsa 50 ml de biogás con una jeringa y se inyectan lentamente en la bureta de 50 ml que contiene hidróxido de sodio. La aguja utilizada para inyectar el biogás en la bureta debe ser doblada convenientemente para posibilitar su introducción en la misma a través de la solución contenida en el beaker.

- Al pasar el biogás por la solución de NaOH, el dióxido de carbono es absorbido mientras que el metano desplaza a la solución contenida dentro de la bureta. El volumen desplazado se lee en la bureta y representa el contenido de metano en la muestra.

El cálculo para el porcentaje de metano en la muestra de biogás se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 3: Porcentaje de Metano

$$\% \text{ metano} = (\text{Volumen desplazado por el metano} / \text{Volumen inicial de Hidróxido}) \times 100.$$

Fuente: Laboratorio de Biomasa – Msc. Cáceres.

Finalmente, en el cuadro siguiente se presentan los valores de los parámetros descritos que se utilizan como referencia para monitorear el correcto funcionamiento del digestor.

Tabla 8. Rangos y valores para el buen funcionamiento del digestor

Parámetro	Valor que indica estabilidad	Valor que indica inestabilidad
pH de salida	6.8 – 7.4	> 7.6 y < 6.8
Factor de alcalinidad	0.20 – 0.40	> 0.40
% de metano	> 60	< 55

Fuente: www.monografias.com/estabilidad-de-procesos-anaerobios/hfm6/klmj.34.html. - Ing. Néstor Fong – Lab. PIENSA – UNI - RUSB

En la fotografía siguiente se muestran los materiales y el proceso para la determinación del porcentaje de metano, contenido en la muestra de biogás recolectada.

Fotografía 8 Determinación de porcentaje de metano



Fuente: Laboratorio BIOMASA – Fotografía propia

4.2.6. Balance de solidos

- El material sobrante del ensayo de porosidad fue utilizado para procedimiento.
- Las muestras fueron colocadas y quebradas en un recipiente de porcelana con el fin de lograr una mejor calcinación de la muestra.
- Pesar los recipientes de porcelana en donde se colocarán las muestras.
- Marcar y pesar las muestras más los recipientes.
- Las muestras fueron depositadas en bandejas e introducidas en un horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ$, durante 24 horas. Con el objetivo de eliminar el agua contenida en los poros de dicho material Después del periodo de secado las muestras se depositaron en los desecadores. Para su enfriamiento y mantener la muestra seca
- Pesar las muestras secas más lo recipientes.

- Las muestras fueron depositadas en una mufla con medidores de temperatura análogos $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$. por un periodo de una hora.
- Después de ese periodo las muestras fueron colocadas en desecadores para su enfriamiento.
- Después de que las muestras alcanzaran una temperatura ambiente fueron pesadas en la balanza digital. El periodo para la realización de este ensayo fue de 4 días consecutivo.

Figura 20. Materiales para ensayo de balance de sólidos.

Recipientes de porcelana

Horno

Balanza digital



Desecadores

Mufla analoga

Fuente: Propia

4.3 Análisis Y Presentación De Resultados

4.3.1 Tiempo de retención y régimen hidráulico en los Biofiltros

El TRH, fue variable: en el biofiltro 1; fue de 22 días. Mientras para el biofiltro 2 fue de 17 días. Esto se debe a que los caudales de alimentación de los biofiltros son muy bajos al momento de este ensayo. Los diseños contemplan un volumen de 100 m³ por día y un tiempo de retención de aproximadamente 7 días, para ambos biofiltros.

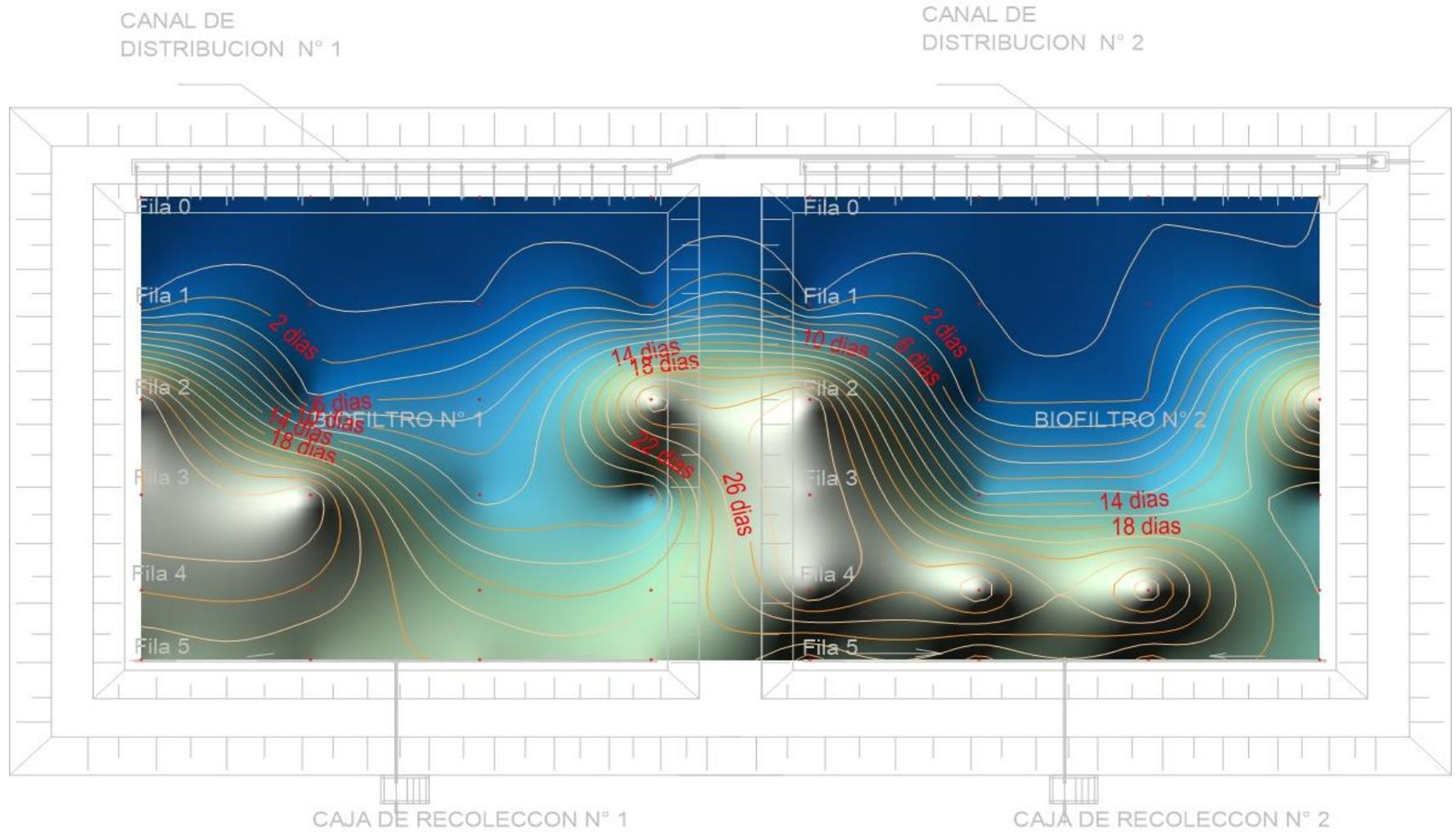
De acuerdo con los datos obtenidos el flujo de agua se da por ciertas partes preferenciales dentro de los biofiltros. Esto se puede deber diferentes factores:

- a) Compactación del lecho filtrante, en ciertos sectores.
- b) Saturación del lecho filtrante producto de la acumulación de sólidos
- c) Crecimiento bacteriano producto de las a altas cargas orgánicas que entra a los Biofiltros.
- d) Bloque por el desarrollo de las raíces de la planta macrófagas (zacate Taiwán)

Ver tablas de conductividad en anexos. 3

Las plantas sembradas en los Biofiltros (zacate Taiwán), se encuentran saludables y los canales de alimentación en óptimas condiciones para la distribución del agua residual a los Biofiltros. Ver figura 30.

Figura 21 Esquema del comportamiento del régimen hidráulico en los biofiltros.



Fuente: Elaboración Propia – Uso de Isocronas.

El flujo de agua que atraviesa los Biofiltros está representado por un color azul celeste, el color gris indica las zonas por donde el agua residual no circula fácilmente, como se observa en la figura VIII-1, esto es producto de un cortocircuito en esa zona debido a la saturación del lecho filtrante, crecimiento bacteriano y compactación del lecho filtrante, en esas zonas. En el Biofiltro 1 y el Biofiltro 2 el flujo se desplaza inicialmente por la parte derecha (tubo 1 y tubo 2), posteriormente este tiende a circular hacia la parte derecha del medio filtrante. El tiempo de retención se incrementó de forma drástica debido al poco caudal de alimentación que recibían los Biofiltros en el momento de la determinación de la conductividad que fue de 22 m³/día. El diseño de cada biofiltro estipula un caudal de alimentación de 50 m³/día.

4.3.2 Determinación de porosidad del lecho filtrante

Este muestreo se realizó con el fin de comprobar la saturación del lecho filtrante de los Biofiltros, debido a la formación de charcas en la superficie de estos que se observó producto de la acumulación provocada por los sólidos suspendidos retenidos, crecimiento de las raíces de las macrófitas y la biomasa acumulada en los poros de este.

El tiempo de vida útil para los dos primeros metros de un Biofiltro cuyo lecho filtrante es de hormigón rojo y ser atravesado con aguas residuales que han recibido un tratamiento primario, previo para la remoción de sólidos suspendidos, se ha estimado en dos años aproximadamente.²²

La acumulación de sólidos suspendidos en el lecho filtrante depende de la eficiencia de la etapa de pretratamiento, pues es ahí donde ocurre la mayor remoción de estos contaminantes. Las partículas suspendidas que pasan el tratamiento primario y

²² GUEVARA VASQUEZ MARTHA LEONRO; (2002) “*Evaluación of substrate clogging processes in vertical flow constructed wetlands*” Department for sanitary engineering and water pollution control (IWGA-SIG), University of Agricultural Sciences Vienna (BOKU) Vienna, Austria.,

entran en el Biofiltro son parcialmente orgánicas y pueden ser mineralizadas por los microorganismos. Para que este proceso ocurra se necesita de oxígeno, por tanto, la obstrucción se da por el suministro insuficiente de oxígeno e incrementa exponencialmente, como se puede apreciar en la Fotografía VIII.1.

Fotografía 9 Saturación de Biofiltro



Fuente: Fotografía Propia – Colmatación real del lecho filtrante en biofiltros.

Los valores obtenidos en el ensayo de laboratorio de (BIOMASA-RUPAP) se muestran en la tabla VIII-1, en donde se puede observar que el menor valor de porosidad se obtuvo en los primeros y segundo punto de muestreo (51.0 %), debido a la acumulación de microorganismo en esta zona (sólidos), productos de las altas cargas orgánicas que contenía las aguas residuales, los demás puntos 3 y 4, resultados de porosidad fue un poco mayor de forma ascendente; pero todos estos valores obtenidos en el ensayo de porosidad fueron menores al utilizado en el diseño de 62%, lo que refleja una población bacteriana en todo el lecho filtrante

Tabla 9 Porosidad del lecho filtrante

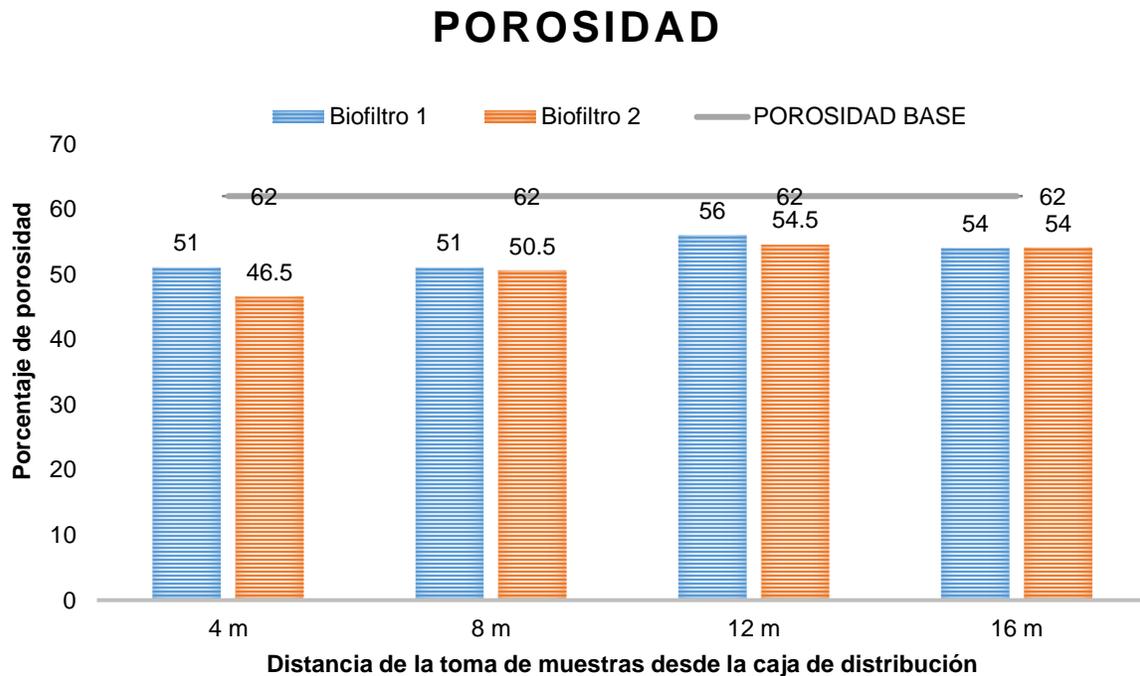
Porosidad del lecho filtrante			
Biofiltro 1	Fila 1	4.00 m	51.00%
	Fila 2	8.00 m	51.00%
	Fila 3	12.00 m	56.00%
	Fila 4	16.00 m	54.00%
Biofiltro 2	Fila 1	4.00 m	46.50%
	Fila 2	8.00 m	50.50%
	Fila 3	12.00 m	54.50%
	Fila 4	16.00 m	54.00%

POROSIDAD BASE DEL HORMIGON (banco)
62%

Fuente: Elaboración Propia - Cálculos propios – Tablas propias.

En el siguiente gráfico se muestra la porosidad del lecho filtrante de los Biofiltros más la porosidad de una muestra de hormigón limpio.

Gráfico 1. Determinación de porosidad de los Biofiltros



Fuente: Elaboración Propia - Cálculos propios – Gráfico propio

La porosidad tiene un comportamiento similar en los dos biofiltros, el gráfico muestra que dicho parámetro se comporta de manera creciente a medida que se aleja de la entrada, siendo el que presenta mayores complicaciones el Biofiltro 2. El biofiltro 1 tiene la misma porosidad a una distancia de 10 mts, por el contrario, el biofiltro 2 se encuentra saturado a 5 m de distancia, esto indica que el biofiltro 2 tiene mayor volumen de alimentación. A los 10 mts el biofiltro 2 contiene un menor grado de saturación.

A partir de los 12mts de distancia, el lecho filtrante se encuentra con menor grado de saturación y su porosidad aumenta. Para la muestra recolectada a 16 de la entrada la porosidad aumenta nuevamente. En este tramo el Biofiltro 1 y Biofiltro 2 tienen el mismo valor.

Con el objetivo de tener un valor de referencia con el cual comparar las muestras recolectadas se realizó un ensayo a una muestra de totalmente limpia, obteniéndose un valor de 62%.

4.3.3 Ensayo de Alcalinidad.

El ensayo para la determinación del factor de alcalinidad que presenta el biodigestor se realizó en las instalaciones del matadero PROINCASA.

Factor de alcalinidad		
valor a	10.5	0.20
valor b	13.2	

El valor mostrado se encuentra dentro del rango de operación que establece el manual de operación del matadero. Este valor indica estabilidad en la actividad bacteriana dentro del Biodigestor y por ende una buena degradación de los lodos. El valor antes expuesto se determinó mediante la siguiente ecuación.

Ecuación VIII.1 Factor de alcalinidad

$$factor = \frac{b - a}{b}$$

4.3.4.- Análisis de la generación de biogás en el digester anaerobio

Porcentaje de metano del biogás

76

Fuente: Laboratorio de Biomasa

En el ensayo para la determinación de porcentaje de metano del biogás se obtuvo un valor de 76 %. El alto porcentaje de este valor es un indicador de la buena digestión dentro del reactor anaerobio.

El biogás generado en el biodigestor es incinerado mediante un quemador industrial debido al alto porcentaje de metano, la llama generada es de color azul y cuenta lo que indica un buen poder calorífico.

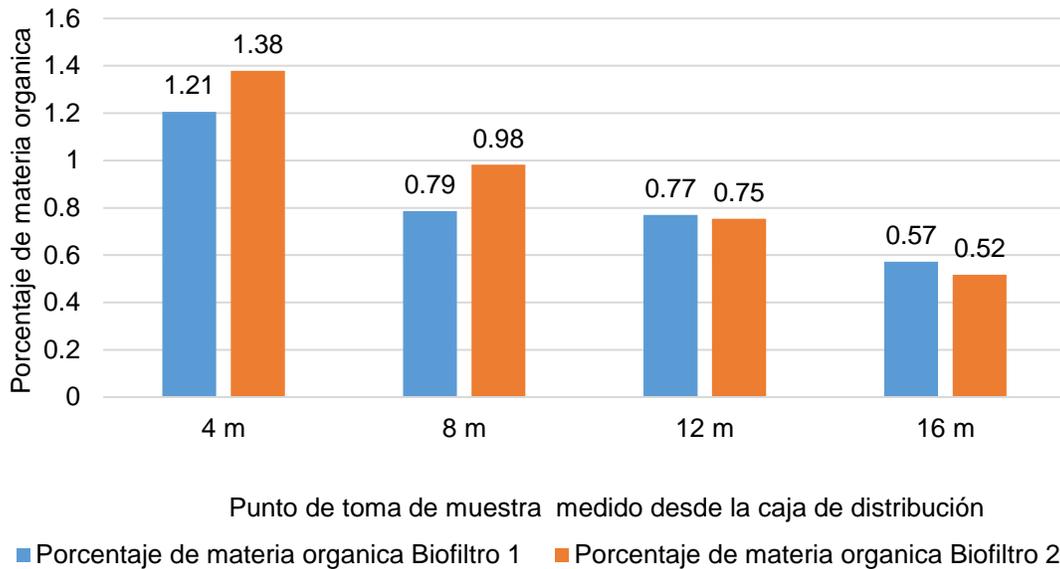
4.3.5. Balance de sólidos

La materia orgánica contenida en el lecho filtrante de los Biofiltros corresponde a: la capa bacteriana que se desarrolla en este, las raíces de las plantas que en él se desarrollan y a los sólidos retenidos por este medio. A continuación, se muestran los resultados obtenidos. La muestra se recolectó al centro de cada fila de tubos instalados en los Biofiltros para la determinación del régimen hidráulico. Ver figura VIII. 1.

Tabla 10 Porcentaje de materia orgánica

Porcentaje de materia orgánica Biofiltro 1		Porcentaje de materia orgánica Biofiltro 2	
4 m	1.21	4 m	1.38
8 m	0.79	8 m	0.98
12 m	0.77	12 m	0.75
16 m	0.57	16 m	0.52

Gráfico 2 Porcentaje de materia orgánica



Fuente: Elaboración Propia - Cálculos propios – Gráfico propio

Los valores de materia orgánica en la entrada de los Biofiltros duplican el valor de la salida. Este valor es un indicador que las secciones de la entrada de los biofiltros se encuentran saturadas. A una distancia de 10 del canal de alimentación la materia orgánica se reduce y se mantiene hasta una distancia de 15m, el menor valor de materia orgánica se encuentra en la salida de los Biofiltros a una distancia de 20 m. el biofiltro 2 se encuentra con mayor nivel de saturación debido a que su alimentación es mayor en comparación con el biofiltro 1.

Inspecciones visuales corroboraron estas aseveraciones. El afluente no se infiltra en el lecho de roca volcánica (material de entrada en los biofiltros) si no que fluye por la superficie de dicho tramo y se infiltra más adelante, debido a su colmatación.

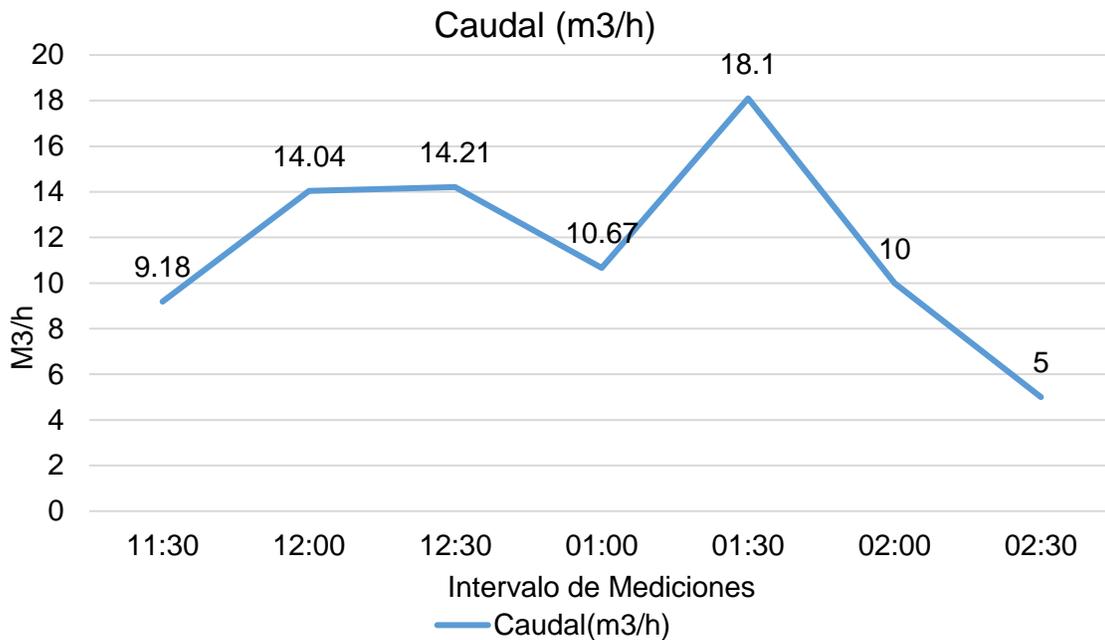
El ensayo de porosidad realizado, complementa y refuta los resultados obtenidos en este análisis.

4.3.6. Medición de caudal.

Caudal en la salida del pretratamiento.

Los datos de caudal mostrados en el siguiente gráfico se recopilaron en la salida de la etapa de pretratamiento mediante el método de aforo.

Gráfico 3 Caudal de salida pretratamiento.



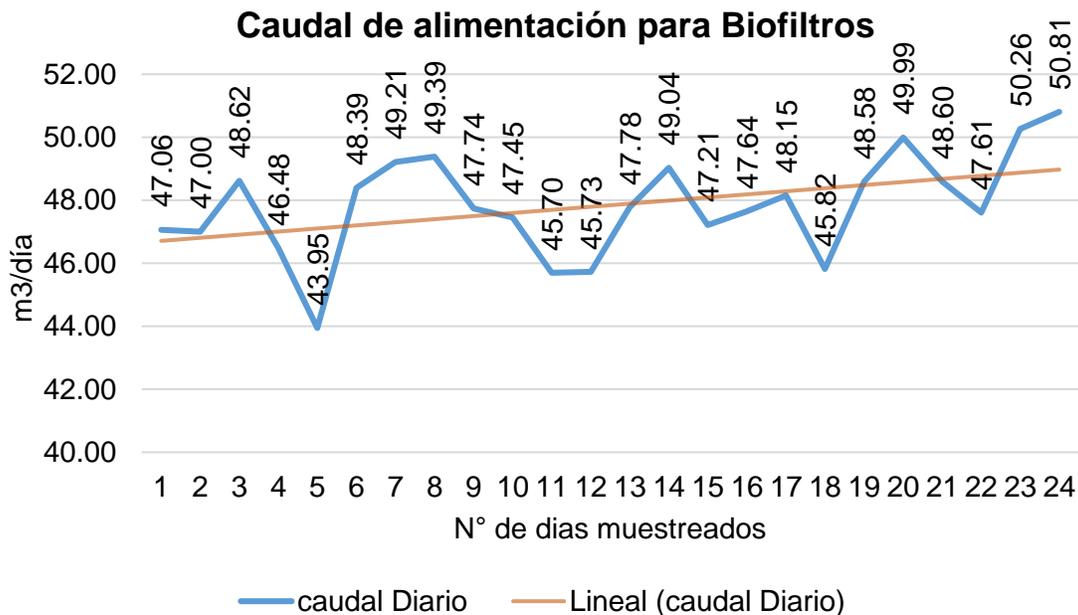
Fuente: Elaboración Propia - Cálculos propios – Gráfico propio

En el gráfico anterior se muestran los caudales durante el tiempo de sacrificio, que es el tiempo de operación para la etapa de pretratamiento. Los intervalos corresponden a un tiempo de media hora debido a que son muy variables. Durante los 3 primeros intervalos el caudal tiende a crecer posteriormente en el 4 intervalo el caudal llega a su punto mas alto y a continuación comienza a decrecer. El caudal promedio para este periodo corresponde a 11.6 m³/h, para un tiempo de operación de la sala de sacrificio de reses de 3 horas, para un caudal de 34.8 m³/día.

Caudal en la salida del biodigestor.

El segundo punto de muestreo fue en el efluente del biodigestor. Los valores determinados son los caudales de alimentación diario para los Biofiltros. Estos valores corresponden al mes de marzo del año 2019.

Gráfico 4 Caudal de alimentación para los Biofiltros



Fuente: Elaboración propia - Cálculos propios – Gráfico propio

En la salida del digestor anaerobio los caudales son bajos y el periodo de operación de la bomba que alimenta al biodigestor se encuentra en el rango de las (6-8) horas. Los puntos más bajos en el gráfico corresponden a los lunes y martes. Para estos días no hay mucha demanda de productos. Según datos recopilados de la cantidad de reses sacrificadas por día y el volumen diario de aguas residuales tratadas se determinó que se producen 1.25 m³/cada res.

Gráfico 5 Volumen de alimentación diario del Biofiltro 1

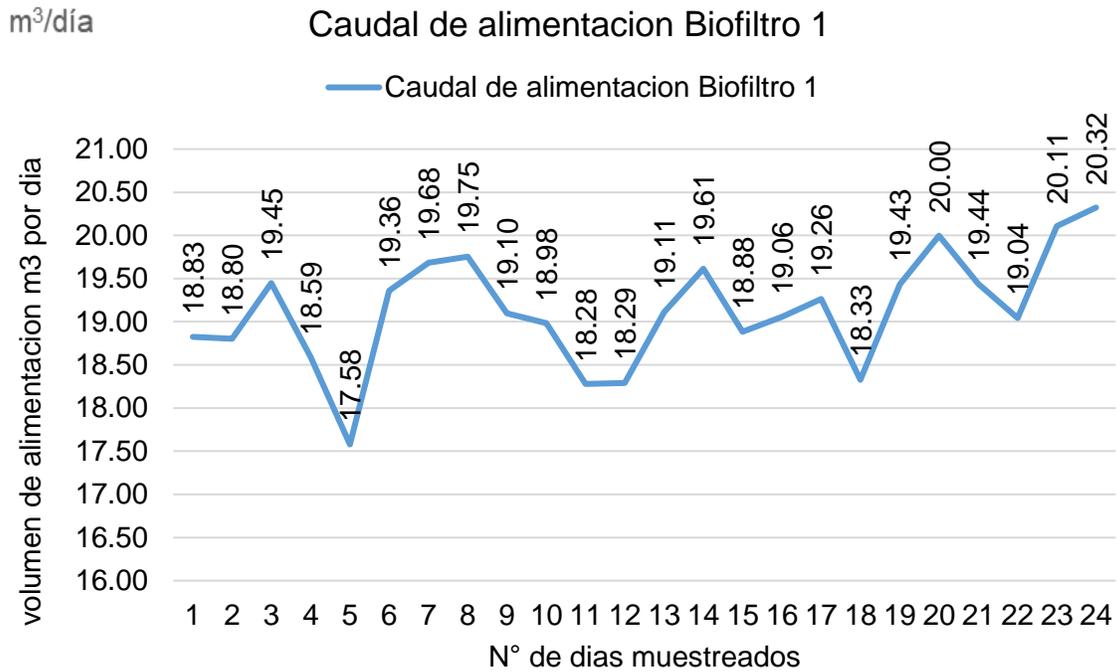
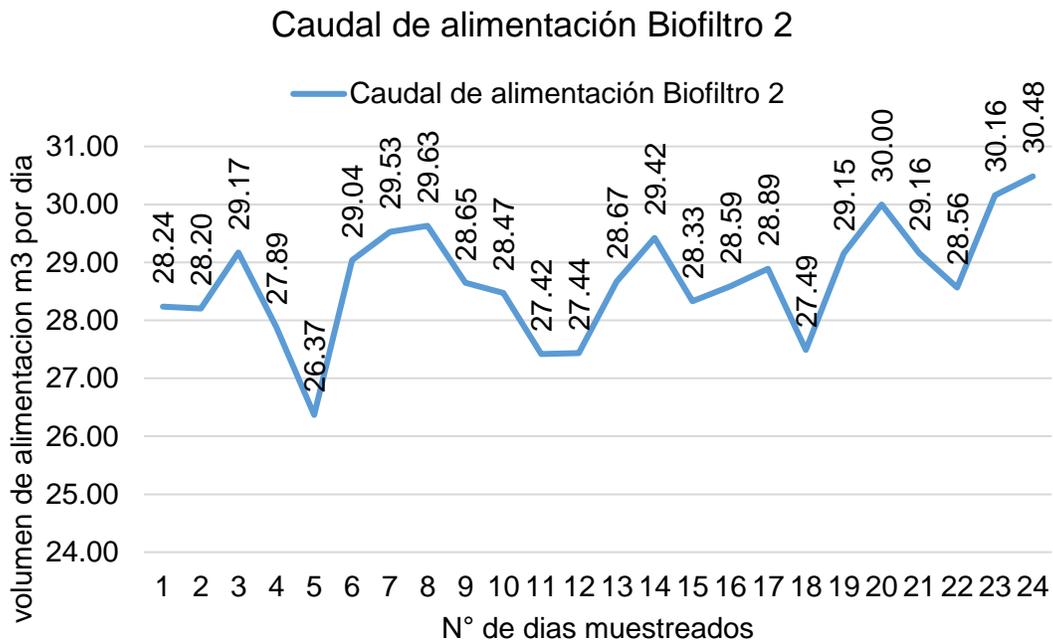


Gráfico 6 Volumen de alimentación diario del Biofiltro 2



Fuente: Elaboración Propia - Cálculos propios – Gráficos 5 y 6 propios

Como se puede apreciar el biofiltro 2 tiene un mayor ingreso de flujo que el biofiltro 1 lo cual causa una mayor saturación en este con respecto al biofiltro 1 las variaciones en el caudal se deben a la variación de la demanda de productos cárnicos en los diferentes días de la semana. Lo que está directamente vinculado con el consumo de agua del matadero.

En la salida de los Biofiltros no se hizo posible la medición de caudal debido que las condiciones físicas del lugar no eran las idóneas para obtener datos confiables (muy variables).

4.3.7. Determinar los porcentajes de remoción de contaminantes de cada una de las etapas de la PTARI.

Con los análisis físico-químicos realizados, se determinaron los porcentajes de remoción de los contaminantes en cada una de las etapas que en que incurre el tratamiento de las aguas residuales industriales (canal con rejilla, entrada y salida del biodigestor, así como la salida de los biofiltros), comprobando estos resultados con los valores según los parámetros definidos en el artículo 32 que establece el decreto de 21-2017 del MARENA.

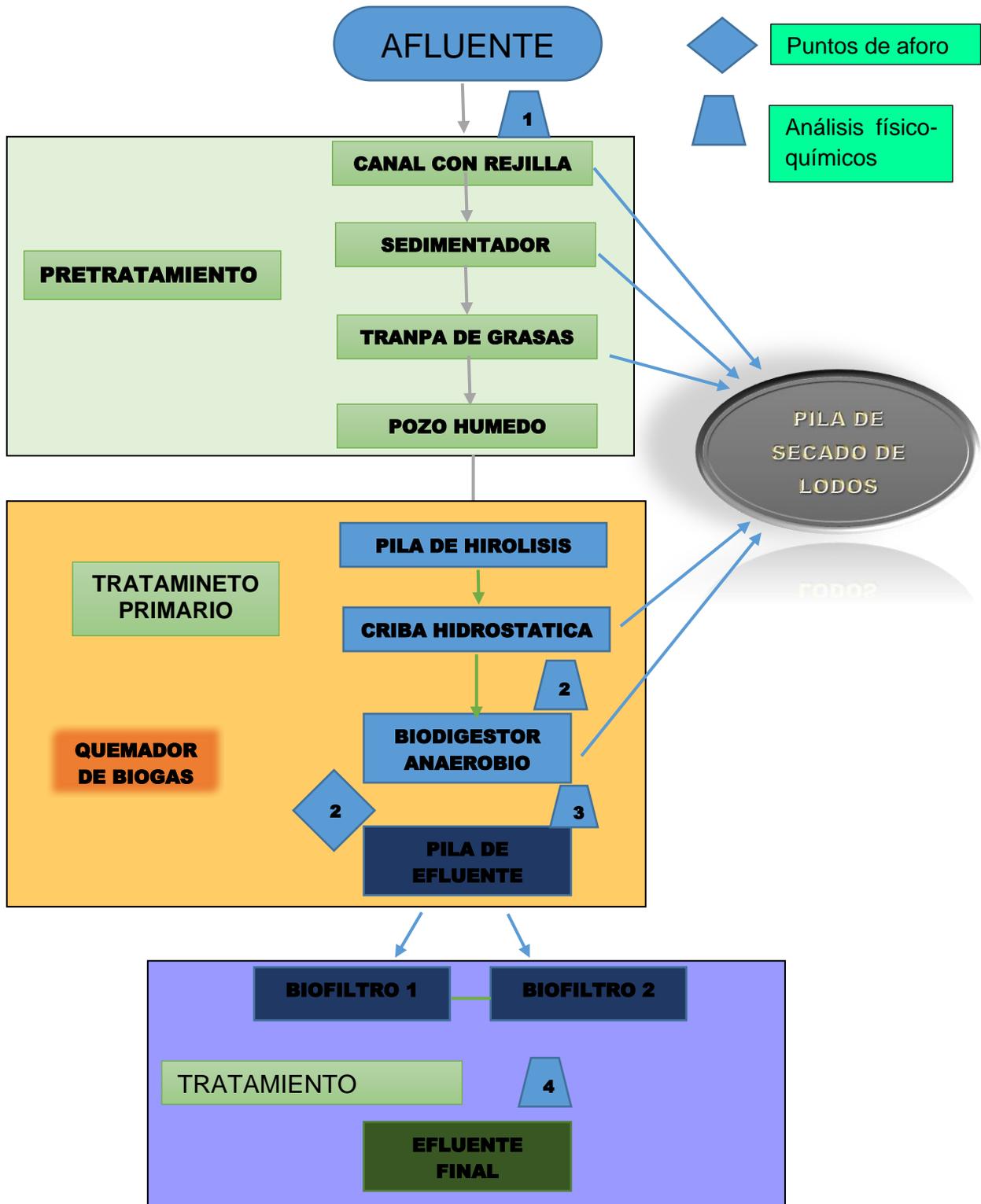
El porcentaje de remoción se determinó por medio de diferencias de cargas entre un punto de muestreo y su siguiente punto, como se define en la ecuación siguiente:

Ecuación VIII-2 Determinación del porcentaje de remoción

$$\%Remoción = \frac{P_o - P_f}{P_o} \times 100$$

Los puntos de muestreo se detallan a continuación. Ver **Figura 22.**

Figura 22 Esquema de puntos de recopilación de datos



Fuente: Elaboración Figura propia

Tabla 11. Análisis físico-químicos realizados

MUESTREOS REALIZADOS												
ANÁLISIS REALIZADOS	PRIMER MUESTREO 9/11/2017				SEGUNDO MUESTREO 7/12/2018				TERCER MUESTREO 11/6/2019			
	PRETRATAMIENTO	ENTRADA AL BIODIGESTOR	SALIDA BIODIGESTOR	SALIDA BIOFILTROS	PRETRATAMIENTO	ENTRADA AL BIODIGESTOR	SALIDA BIODIGESTOR	SALIDA BIOFILTROS	PRETRATAMIENTO	ENTRADA AL BIODIGESTOR	SALIDA BIODIGESTOR	SALIDA BIOFILTROS
PH	8.18	7.54	7.13	7.47	8.18	7.82	6.97	7.61	9.36	8.05	7.28	8.02
Temperatura	28.3	29.23	29.6	28.3	30.5	29.37	30.25	28.75	29.37	28.7	28.7	30
DQO	3762.3	2979.63	1389.11	97.1	2555.01	2137	1469.89	103.57	2506.7	2357.3	1147.73	43.73
DBO5	1768.281	1415.22	639.54	44.15	1484.81	1057.15	728.6	54.63	1485	1555	700	13.66
Sólidos Sedimentados	10.23	12.11	2.64	0	2.8	2.57	4.47	0	7.25	3.3	7.25	0
Sólidos Suspendidos	13.6	56.15	13.23	0	5.22	115.8	88.6	0	641.2	578	345.55	0
Grasas y Aceites	3.2	14.6	9.5	1.7	13.69	12.78	9.5	0	228.2	77.4	74.8	24.6
Nitrógeno Total (mg/L)								3.51	238.45	239.68	240.89	4.08
Coliformes Totales (NMP/100 ml)								23.1				1.7*10 ³
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)								23.1				7.8*10
SÓLIDOS VOLÁTILES		1,975.35	1,054.02		0	975.65	604.72	0	0	1544	952.5	0

Fuente: Elaboración Propia – Cálculos propios.

Los análisis físico-químicos se realizaron, con toma de muestras compuestas, en cada una de las etapas de la PTARI del matadero PROINCASA, a partir del 9/11/2017 hasta el 11/06/2019, los puntos donde se recolectaron las muestras se detallan en la figura 22.

A continuación, se muestra el promedio de los tres análisis físico químicos realizados a la PTARI del matadero PROINCASA.

Tabla 12. Análisis realizados en campo

ANALISIS REALIZADOS	Afluente inicial, canal de rejillas	Entrada al Digestor anaerobio	Salida del Digestor	Salida de los biofiltros
PH	8.57	7.80	7.13	7.70
Temperatura	29.39	29.10	29.52	29.02
Solidos Sedimentados	6.76	5.99	4.79	0

Fuente: Elaboración Propia Cálculos propios

En la tabla 12 se muestran los análisis físicos químicos realizados en el campo (instalaciones de la PTARI del matadero PROINCASA). El valor de pH en cada una de las etapas de la PTARI se encuentra en el rango establecido en la norma 21-2017 (6-9), del MARENA.

La temperatura se mantiene constante o poco variable a lo largo de las etapas del sistema. Los sólidos sedimentables se comportan de manera decreciente a lo largo de la PTARI.

Tabla 13 Analisis fisico quimicos realizados en laboratorio

ANALISIS REALIZADOS	Afluente inicial, canal de rejillas	Entrada al Digestor anaerobio	Salida del Digestor	Salida de los biofiltros
Ph	8.57	7.80	7.13	7.70
Temperatura	29.39	29.10	29.52	29.02
DQO	2941.34	2491.31	1335.58	81.47
DBO5	1579.36	1342.46	689.38	37.48
Solidos Sedimentados	6.76	5.99	4.79	0.00
Solidos Suspendidos	220.01	249.98	149.13	0.00
Grasas y Aceites	81.70	34.93	31.27	0.85
Nitrógeno Total (mg/L)	238.45	239.68	240.89	3.80
Coliformes Totales (NMP/100 ml)				23.10
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)				23.10
SOLIDOS VOLATILES	0.00	1259.83	778.61	0.00

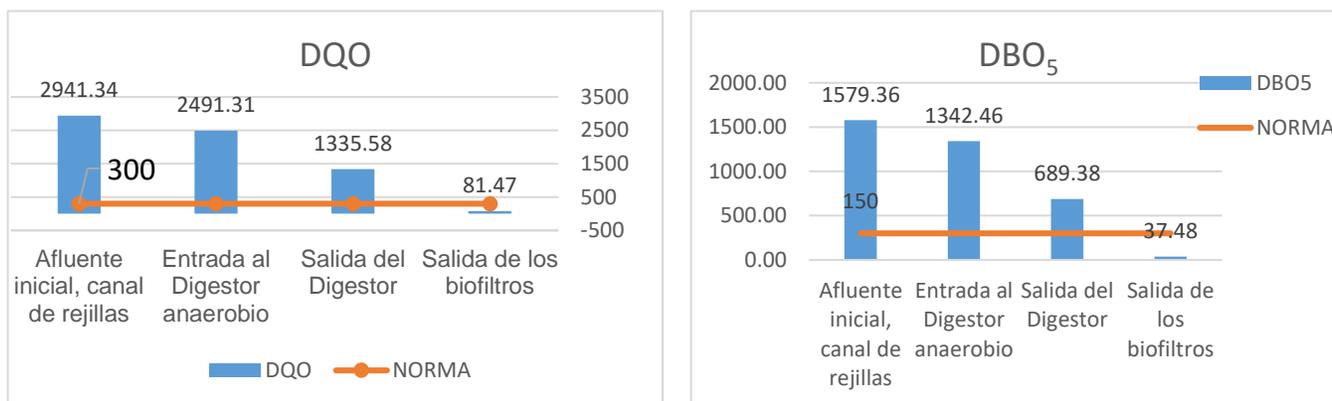
Fuente: Elaboración Propia Cálculos propios

En la etapa de pretratamiento, la remoción de contaminantes es poca, a excepción del parámetro grasas y aceites. Para etapa de tratamiento primario la mayor eficiencia de remoción se logra en el parámetro de DQO y la menor se da en el parámetro de nitrógeno total.

La mayor remoción de los contaminantes se da en la etapa secundaria (Biofiltros). El efluente de los Biofiltros, a pesar de la saturación del lecho filtrante, está cumpliendo con los rangos y valores máximos permisibles establecidos en el artículo 32 del decreto 21-2017 del MARENA.

A continuación, se detallan los resultados en forma gráfica de los análisis de demanda bioquímica de oxígeno y de demanda química de oxígeno.

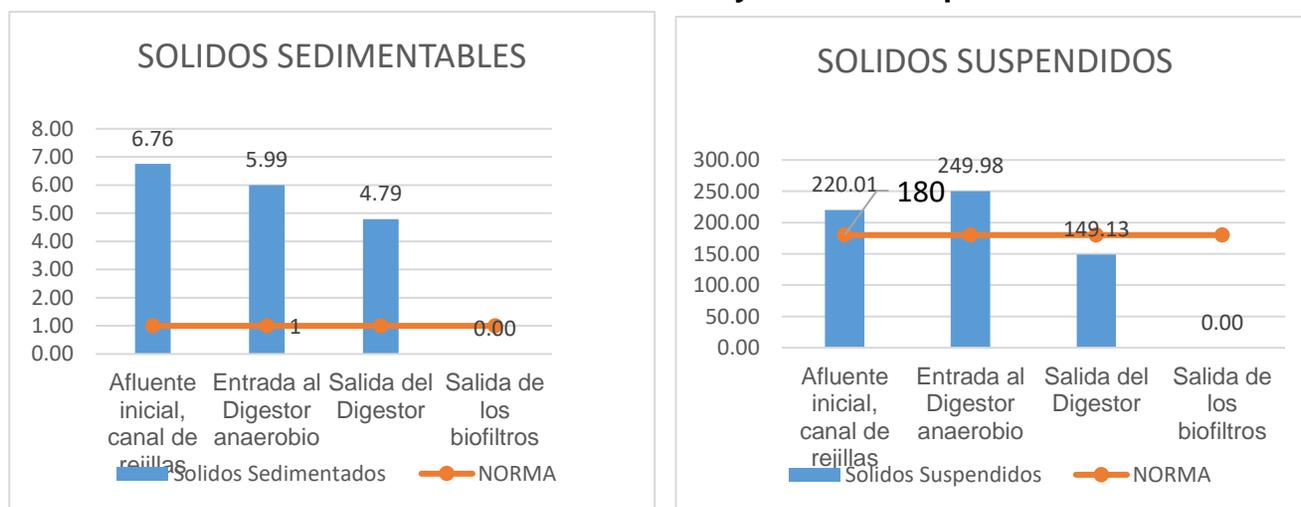
Gráfico 7 Parametros de DQO Y DBO5



Fuente: Elaboración Propia – Cálculos Propios

Como se puede apreciar en los gráficos los parámetros de DQO y DBO₅ cumplen con los valores máximos permisibles establecidos en la norma (decreto 21-2017 art. 32). La mayor reducción de estos valores se da en el tratamiento secundario y la menor en el pretratamiento.

Gráfico 8 Sólidos Sedimentables y Sólidos Suspendidos



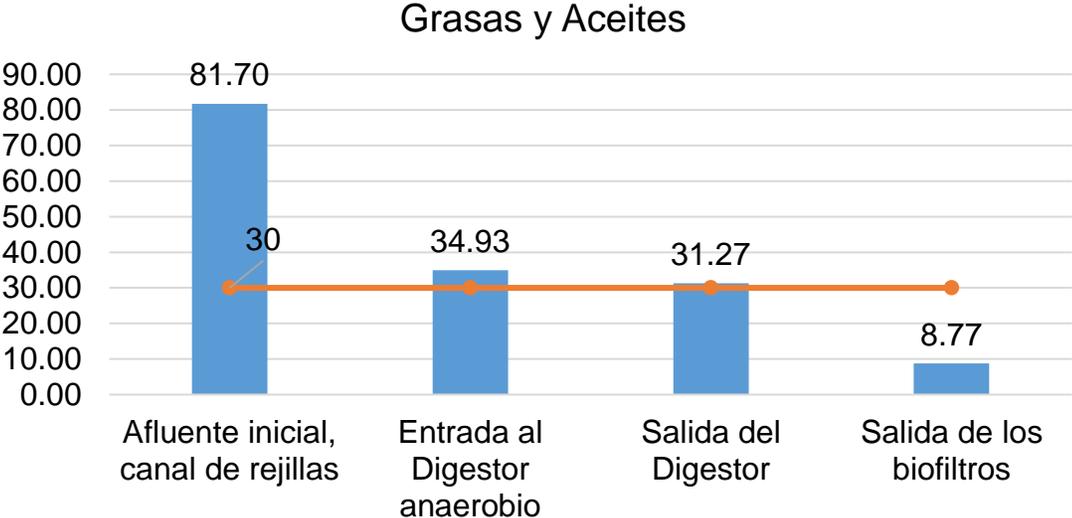
Fuente: Elaboración Propia – Cálculos propios

En el grafico anterior los sólidos sedimentables se comportan de manera decreciente a lo largo de las etapas de la PTARI siendo su mayor remoción en la etapa de secundaria. Los sólidos sedimentables tienen un aumento en la entrada del digestor debido a la combinación de los efluentes del pretratamiento de la empresa PROINCASA y la empresa PASA. La mayor remoción se da en la etapa

secundaria. Finalmente, este parámetro cumple con la norma a como se muestra en la gráfica anterior.

Las grasas y aceites se comportan de manera decreciente al atravesar cada una de las etapas de la PTARI del matadero. Al concluir todo el proceso de depuración, el valor determinado de grasas y aceites se encuentra por debajo del valor máximo que establece la normativa, el cual es de 30 a como se aprecia en el gráfico anterior.

Gráfico 9. Grasas y aceites



Fuente: Elaboración Propia – Cálculos propios

Tabla 14. Promedio porcentaje de remocion por etapa.

PORCENTAJE DE REMOCION			
ANALISIS REALIZADOS	PRETRATAMIENTO	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO SECUNDARIO
DQO	15.30%	46.39%	93.90%
DBO5	15.00%	48.65%	94.56%
Solidos Sedimentados	11.34%	20.13%	100 %
Solidos Suspendidos	-13.63%	40.35%	100 %
Grasas y Aceites	57.25%	10.48%	71.96%
Nitrógeno Total (mg/L)			98.42%
Coliformes Totales (NMP/100 ml)			100.00%
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)			100.00%
Sólidos volátiles		38.20%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia – Cálculos propios

Los valores promedio de pH no son muy variables al largo del proceso de remoción de contaminante, exceptuando la entrada del digestor. En este punto se combinan los efluentes de la empresa PROINCASA y la empresa PASA. Los parámetros de sólidos sedimentables y solidos suspendidos tienen un aumento a la entrada del biodigestor debido a la introducción de las aguas provenientes de la empresa PASA a las cuales también se les brinda tratamiento, posterior a esta etapa los sólidos tienen un comportamiento decreciente, su mayor remoción se da en los Biofiltros. Los valores de DQO tienen una reducción del 15% en el pretratamiento, 46 % en el tratamiento primario y un 93 % en la salida de los Biofiltros

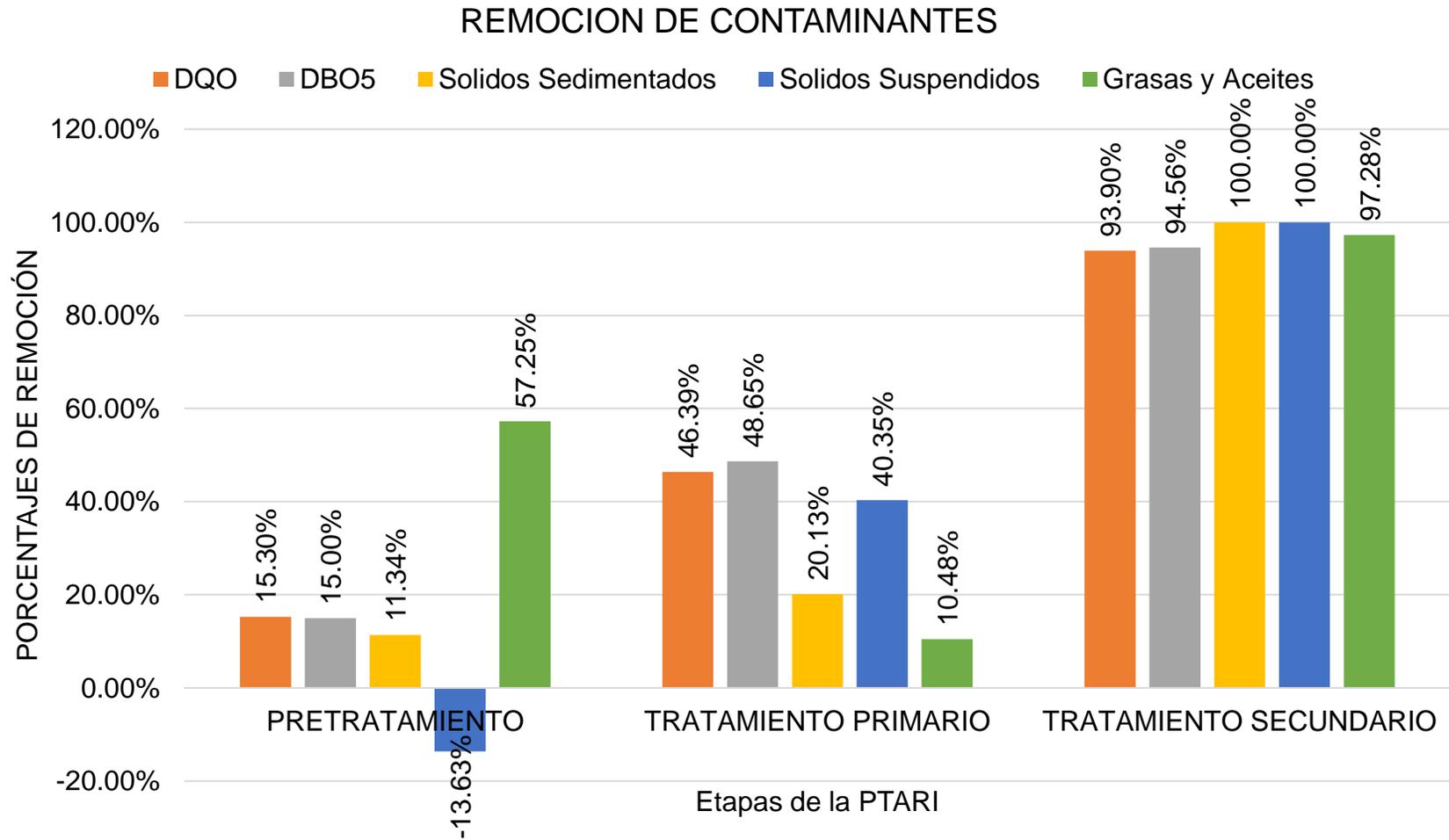
La DBO₅ tiene el mismo comportamiento que la DQO (decreciente) y sus valores son similares 15% en la etapa de pretratamiento, 46% en el tratamiento primario y 94.5% en los Biofiltros, esto indica que los contaminantes presentes en el agua cuentan con degradabilidad.

En la etapa de pretratamiento y tratamiento primario los porcentajes de remoción de nitrógeno y coliformes no son apreciables. Los biofiltros se encargan de la mayor remoción para estos valores.

Las grasas y aceites tienen una reducción del 57% en el pretratamiento y un 10% en la salida del pretratamiento y en la salida de los biofiltros se da una remoción del 97 %.

Para concluir la planta de tratamiento cumple con los rangos máximos permisibles establecidos en el artículo 32 del decreto 21-2017. A continuación, se muestran los porcentajes de remoción

Gráfico 10. Análisis físico-químico, promedio de muestreo.



Fuente: Elaboración Propia – Cálculos propios

Tabla 15 Eficiencia de remoción de contaminantes de la PTARI PROINCASA.

Parámetro	Cargas de Diseño	Cargas de entrada	Efluente Final	NORMA (DECRETO 21-2017, ART. 32 Y ART 24)	% de sobre cumplimiento
DQO	2000	2941.34	81.47	300.00	72.84
DBO5	1000	1579.36	37.48	150.00	75.01
Solidos Sedimentables		6.76	0.00	1.00	100.00
Solidos Suspendidos	635	220.01	0.00	180.00	100.00
Grasas y Aceites	48	81.70	0.85	30.00	97.17
Coliformes Totales (NMP/100 ml)			23.10	1*10 ⁵	77.00
Nitrogeno Total (mg/l)		238.45	3.80	50.00	92.41
Coliformes Totales (NMP/100 ml)			23.1		77.00

Elaboración Propia – Cálculos propios

4.3.8. Estado físico y operacional de la PTARI

La PTARI del matadero PROINCASA está diseñada para un caudal de 100 m³/día, aunque en la actualidad recibe un caudal de 60 m³/día. Cuenta con dos operadores y un Ingeniero supervisor a cargo y es constantemente monitoreada mediante análisis físico-químicos, por el laboratorio de BIOMASA-UNI.

Pretratamiento

La etapa de tratamiento se encuentra en óptimas condiciones. Los operadores constantemente retiran los sólidos y grasas retenidas, los cuales son depositados en la pila de secados para su posterior evacuación. La supervisión es constante y el mantenimiento es inmediato.

Tratamiento Primario

La estructura se encuentra en óptimas condiciones físicas, en cambio el lecho filtrante se encuentra saturado de lodos digeridos debido al poco mantenimiento que se le da. La geomembrana que recubre la estructura no presenta fugas y es constantemente monitoreado por los operadores. La criba se encuentra en óptimas condiciones, Los lodos acumulados en ella son recolectados y llevados a la pila de secado.

Tratamiento secundario.

La caja que divide el flujo que alimenta a los biofiltros se encuentra desalineada, lo que ocasiona que el Biofiltro 2 recibe mayor caudal en comparación al Biofiltro 1. Para ver la disposición de los biofiltros dirigirse a la figura VII.1.

Los canales de distribución se encuentran en óptimas condiciones, sin grietas ni filtraciones, constantemente son limpiados.

El lecho filtrante que se encuentra en la entrada de los biofiltros se encuentra saturado de sólidos, por la capa bacteriana contenida en sus poros y en menor manera por las raíces de las plantas. El material de la entrada no ha sido cambiado en más de 4 años, cuando el manual recomienda que sea cada dos años. La compactación del lecho en conjunto con el poco caudal de alimentación extiende en gran manera el tiempo de retención. La porosidad del medio filtrante es baja en comparación con la muestra limpia. Las plantas son cortadas regularmente cada 3 meses y los operadores constantemente cortan y eliminan la maleza cerca de las plantas sembradas en los Biofiltros, así como la que se encuentra alrededor de las estructuras que conforman la PTARI.

Los operadores de la planta cuentan con la experiencia para el correcto funcionamiento de la planta.

5. Conclusiones Y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

A continuación, presentamos las conclusiones que obtuvimos en la elaboración del presente trabajo monográfico:

1. El funcionamiento de la PTARI es excelente, La eficiencia en remoción de contaminantes de la PTARI del matadero PROINCASA es del 99% y Su efluente cumple con el artículo 32 del Decreto 21-2017. El sistema cumple con el propósito de su diseño.
2. El tratamiento de aguas residuales industriales llevado a cabo en el Matadero es excelente en cuanto a la reducción de materia orgánica. A pesar de no haber recibido los mantenimientos a como se estipula en el manual de operaciones de la PTARI.
3. La remoción de los nutrientes Nitrógeno y Fosforo es alta en las unidades de los Biofiltros, producto del largo tiempo de retención que tiene actualmente y del tipo de lecho filtrante (hormigón rojo), debido a su granulometría y porosidad.
4. El régimen hidráulico en los biofiltros no se comporta como flujo pistón, como se especifica en el diseño, ya se observó una trayectoria bien marcada del flujo, debido a que existen zona muerta o cortocircuito, producto de la saturación del lecho filtrante, como se muestra en la figura VIII-1.
5. En base a los análisis determinar la materia orgánica en distintos puntos de los biofiltros (lecho filtrante) y tomando en cuenta que la mayoría de la materia orgánica retenida por efecto de filtración es convertida en material celular para la actividad bacteriana, se puede afirmar que la población bacteriana disminuye a medida que se acerca a la salida de los biofiltros, no ocurriendo lo mismo con la porosidad ya que esta va aumentando a medida se acerca a la salida.

5.2 Recomendaciones

Los resultados obtenidos en esta investigación nos han permitido definir efectuar siguientes recomendaciones:

1. Para mantener una buena distribución del afluente en cada una de las etapas de la PTARI, se recomienda realizar las operaciones de mantenimiento pertinente, principalmente en el reactor anaerobio y biofiltros, para asegurarse que no haya obstrucciones por los sólidos.
 2. Cambiar el lecho filtrante en las entradas de los biofiltros los primeros metros por otro nuevos, para evitar la obstrucción de los poros, productos de alto contenidos de sólidos.
- El afluente que reciben los Biofiltros contiene altas cantidades de carga orgánica. Esto acelera el proceso de saturación del lecho filtrante de dicha estructura. Por lo que se hace necesario la adición de una unidad previa a los Biofiltros, que baje las cargas contaminantes. Puede usarse una unidad de filtro percolador.

Bibliografía

- Autor David Sospedra Iborra. (s.f.). tesis “depuradoras de bajo coste”. *depuradoras de bajo coste*. MEXICO.
- Caceres, M. V. (2003). *Manual de operaciones de la planta de tratamiento de PROINCASA*. Managua.
- Cristina, P. B. (NOVIEMBRE de 2016). <http://repositori.uji.es>. Obtenido de http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/165304/TFG_2016_PallaresBosqueCristina.pdf?sequence=1
- Feachem, R. y. (1983). *Sanitation and Disease: Health Effects of Excreta and Wastewater Management*. Chishester, Reino Unido: John Wiley and Sons.
- GALLO, U. N. (s.f.). es.scribd.com. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/366292895/Lagunas-de-Estabilizacion>
- <http://aulavirtual.usal.es>. (s.f.). Obtenido de http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/u3c3s6.htm
- <http://aulavirtual.usal.es>. (s.f.). Obtenido de <http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/etap/unidades/documentos/MDU/CAPHTM/CAP2-2.htm>
- <http://taguasresiduales.blogspot.com>. (14 de JULIO de 2017). Obtenido de <http://taguasresiduales.blogspot.com/2017/06/caracteristicas-de-las-aguas-residuales.html>
- <http://www.fao.org>. (s.f.). Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/004/T0566S/T0566S14.htm>
- López Cisneros, A. M. (16 de marzo de 2010). *Pretratamiento de Aguas Residuales*. Obtenido de www.monografias.com: <https://www.monografias.com/trabajos82/pretatamiento-aguas-residuales/pretatamiento-aguas-residuales2.shtml>
- López Rondon, C. P. (12 de 08 de 2012). *Universidad Nacional Abierta a Distancia*. Obtenido de Tratamiento de agua residual: <https://es.slideshare.net/carodiaz7906/capitulo-4-tratamiento-preliminar>

- López, M. E. (OCTUBRE de 2009). *cimav.repositorioinstitucional.mx*.
Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/598/1/Tesis%20Ma.%20Elena%20P%C3%A9rez%20L%C3%B3pez.pdf>
- LUNA, D. V. (s.f.). *http://www.atl.org.mx*. Obtenido de http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5954:los-humedales-artificiales-componentes-y-tipos&catid=119:investigacion-y-agua&Itemid=462
- OTERO, G. (20 de NOVIEMBRE de 2012). *es.slideshare.net*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slidegabriel/humedales-artificiales>
- Proyecto ASTEC, CIEMA -Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para la planta de matanza de reses. Cooperación austriaca para el desarrollo y UNI.
- “Diseño y dimensionamiento de la línea de agua de una PTAR procedente de un matadero porcino”. Universidad Jaime I, Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales, Grado en Ingeniería Química, - autora: Cristina Pallarés Bosque.
- Decreto 21-2017-Disposiciones para el control de contaminación provenientes de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias.
- Trabajo Monográfico: “Evaluación del funcionamiento de los sistemas de Biofiltros construidos en Nicaragua”. -Autores: María Mayela Cáceres Miranda y María José González Ñamendy.
- Trabajo Monográfico: “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales compuesto por un reactor anaeróbico y Biofiltro para el beneficio húmedo del café; Finca La Esperanza, en el municipio de Dipilto, Nueva Segovia”. -Autor: David Alejandro Moreno Molina.
- Trabajo monográfico “*REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DEL RASTRO MUNICIPAL DE*

MASAYA” Autor, Br. Charlie José Tinoco Mccrea, Br. Félix Iván Jiménez
Mayorga, agosto de 2017.

Simbología

- PTARI: Planta de tratamiento de aguas residuales industriales.
- PROINCASA: Promotora Industrial de Carnes Sociedad Anónima.
- ARD: Agua Residual Doméstica.
- ARU: Agua Residual Municipal o Urbana.
- ARI: Agua Residual Industrial.
- ALL: Aguas Iluvias.
- RLI: Residuos Líquidos Industriales.
- ARA: Aguas Residuales Agrícolas
- DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno
- DQO: Demanda Química de Oxígeno.
- SS: Solidos Suspendidos.
- SD: Solidos Disueltos.
- SV: Solidos Volátiles.
- SF: Solidos Fijos.

ANEXOS

INFORME DE EVALUACIÓN DE LA PTARI

1. Informe N° PR-19-001	2. Copias 1
3. Título y subtítulo “EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE REMOSIÓN DE CONTAMINANTES BIOLÓGICOS DEL MATADERO PROINCASA”	4. Fecha del informe Abril 2019
5. Área técnica Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) Departamento de Hidráulica y Medio Ambiente Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambiente (CIEMA)	
6. Resumen <p>El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI), ubicada en las instalaciones del matadero Promotora Industrial de Carnes. Sociedad Anónima (PROINCASA). Para este trabajo monográfico se recopiló información, in situ, del proceso de operación de la PTARI, se determinaron las dimensiones reales de la planta de tratamiento para compararlas con los datos de diseño.</p> <p>Se efectuaron tres muestreos compuestos comprendidos del 9/11/2017 al 11/06/2019, en cada una de las etapas de la PTARI; pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario, durante el periodo de operación de la planta. Las muestras recolectadas fueron analizadas mediante los parámetros establecidos en el artículo 32 del decreto 21-2017 del MARENA. Esto con el fin de determinar la eficiencia de remoción de contaminantes, así como el cumplimiento de las leyes ambientales. Los periodos de realización de estos análisis se vieron afectados por los acontecimientos ocurridos a lo largo del año 2018.</p>	

Se realizaron mediciones de caudal mediante aforo, en la salida del canal con rejilla y en la salida del biodigestor, durante el tiempo de operación de la PTARI. Esto con el fin de verificar el volumen diario de alimentación de la planta y conocer los periodos de mayor flujo de agua residual. Para el primer punto se tiene un valor promedio de $11.6\text{m}^3/\text{h}$ y $6.86\text{m}^3/\text{h}$ en el segundo punto. Mediante visitas al matadero se obtuvo información de los procesos de operación y mantenimiento de la planta, fotos y datos estadísticos de la alimentación de la planta.

Los resultados obtenidos en los análisis físico-químicos reflejan que La PTARI ha cumplido con los parámetros establecidos en el artículo 32 del decreto 21-2017. Ver cap. VIII. Los parámetros y rangos obtenidos en el efluente de la PTARI son los siguientes. PH (7.7), DQO (81) mg/l, DBO_5 (37.48) mg/l, sólidos sedimentables 0 ml/L, sólidos suspendidos (0.00) mg/l, nitrógeno (3.80) mg/l, Grasas y Aceites (0.85 mg/l).

En la etapa de pretratamiento (Canal con rejilla y Desarenador) se obtuvieron los siguientes porcentajes de remoción:

DQO (15.30%), DBO_5 (15.00%), Sólidos sedimentables (11.34%), sólidos suspendidos (13.66%), grasas y aceites 57.25 %,

En la etapa de tratamiento primario (reactor anaerobio) se obtuvo un porcentaje de remoción de: DQO 46.39%, DBO 48.65%, Sólidos sedimentables 20.13%, sólidos suspendidos 40.35%, grasas y aceites 10.48%, el nitrógeno tiene un aumento del 0.50% debido a una acumulación de nitrógeno remanente dentro del reactor.

En la etapa secundaria de tratamiento (Biofiltros) se obtuvieron los siguientes valores de remoción. DQO 93.9%, DBO_5 94.56%, Sólidos sedimentados 100 %; sólidos suspendidos 100%, grasas y aceites 97.28%, nitrógeno 98.42%.

Con el fin de obtener una mejor idea del estado y funcionamiento de la PTARI se realizaron los siguientes ensayos: En la etapa secundaria (Biofiltros) se determinó: la Porosidad del

lecho filtrante, el que actualmente está en el rango de (46.5 % - 56 %), comportándose de una forma ascendente desde la entrada del agua residual hasta la salida de los biofiltros, lo que es debido a la acumulación de sólidos y crecimiento bacteriano por las altas carga orgánica que recibe, el porcentaje de materia orgánica del lecho filtrante de los Biofiltros se fue determinado mediante el método de balance de sólidos, los valores están comprendidos (0.51 % -1.48%). También se determinó el régimen hidráulico mediante el método del trazador, para el cual se utilizó cloruro de sodio (sal común). Ver cap. 8 y anexos 3. Para la etapa primaria se determinó el factor de alcalinidad del digestor anaerobio el cual corresponde a 0.20, según el manual de operaciones de la planta se encuentra dentro del rango óptimo (0.20-0.35). Además, se determinó el porcentaje de metano obteniéndose un valor de 76 % para una muestra de biogás producido por el digestor.

Para finalizar esta investigación recolecta una serie de datos confiables para futuras investigaciones, presenta observaciones y recomendaciones en cuanto a las labores de mantenimiento y operación de la planta las cuales incluyen la actualización del manual de operaciones de la planta.

<p>7. Palabra clave:</p> <p>PROINCASA, Aguas residuales, Matadero</p>	<p>8. N° de páginas</p> <p>3</p>	
<p>9. Informe elaborado por:</p> <p>Br. Kevin Daniel Ramos Alvarado</p> <p>Br. Anibal Alexander Baltodano Rodríguez</p> <p>Br. Alejandro Salvador Mora Pineda</p>	<p>10. Informe revisado por:</p> <p>Msc. Ing. Vidal Cáceres A.</p>	<p>11. Asesor:</p> <p>Ing. Noé Hernández</p>

Datos y estadísticas de los caudales.

Tabla 16 Caudales Promedio Anual y Valores Estadísticos

CAUDAL (M ³ /HR)	MAX	MIN	PROM	DESVEST	COEF. VAR	VALOR CARACT.
Enero	6.94	5.08	6.06	0.46	8%	6.13
Febrero	6.95	5.16	6.16	0.49	8%	6.24
Marzo	6.35	4.81	5.93	0.31	5%	5.99
Abril	6.51	5.75	6.14	0.21	3%	6.17
Mayo	6.53	5.36	6.11	0.30	5%	6.15
Junio	6.64	4.91	6.07	0.45	7%	6.14
Julio	6.65	5.56	6.08	0.30	5%	6.13
Agosto	6.98	4.98	5.79	0.67	12%	5.90
Septiembre	7.57	4.73	6.02	0.73	12%	6.14
Octubre	7.76	4.19	5.93	0.82	14%	6.07
Noviembre	7.19	5.22	6.37	0.55	9%	6.46
Diciembre	8.02	5.17	6.43	1.01	16%	6.59

Tabla 17 Potencial de Hidrógeno (pH) Promedio Anual y Valores Estadísticos

Entrada y Salida

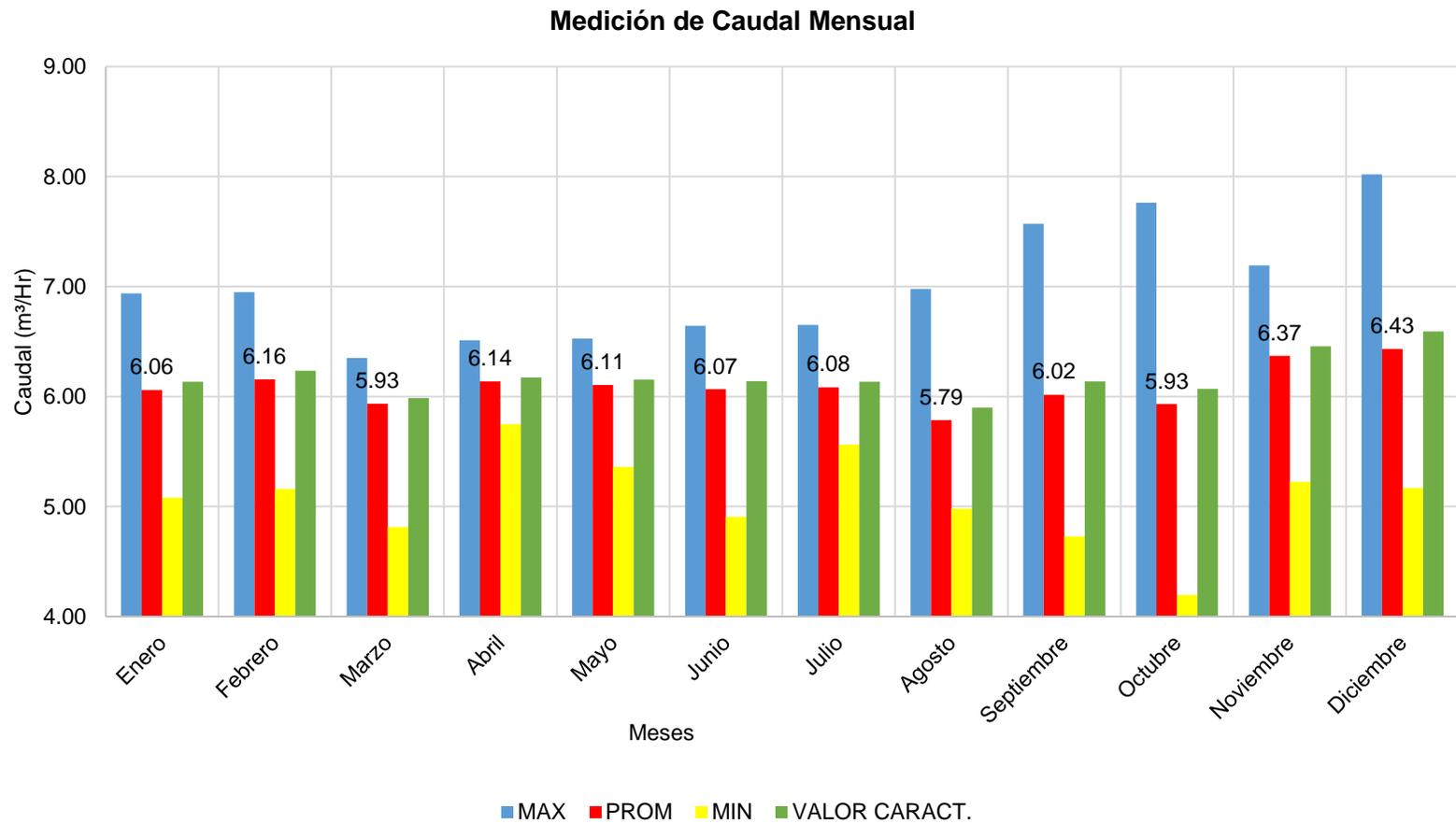
pH Ent. Dig.	MAX	MIN	PROM	DESVEST	COEF. VAR	VALOR CARACT.
Enero	7.39	7.00	7.22	0.11	2%	7.24
Febrero	7.76	7.01	7.33	0.18	2%	7.36
Marzo	7.62	7.19	7.34	0.08	1%	7.35
Abril	7.43	7.18	7.29	0.06	1%	7.30
Mayo	7.63	7.21	7.30	0.08	1%	7.31
Junio	7.60	7.00	7.35	0.13	2%	7.37
Julio	7.55	7.20	7.35	0.08	1%	7.36
Agosto	7.58	7.16	7.37	0.10	1%	7.39
Septiembre	7.61	7.10	7.33	0.14	2%	7.35
Octubre	7.56	7.07	7.32	0.13	2%	7.34
Noviembre	7.47	7.13	7.30	0.08	1%	7.31
Diciembre	7.51	7.26	7.34	0.09	1%	7.35

pH Sal. Dig.	MAX	MIN	PROM	DESVEST	COEF. VAR	VALOR CARACT.
Enero	7.27	6.86	6.99	0.09	1%	7.01
Febrero	7.65	6.79	7.05	0.20	3%	7.08
Marzo	7.08	6.85	6.99	0.05	1%	6.99
Abril	7.02	6.47	6.95	0.10	1%	6.96
Mayo	7.08	6.89	6.98	0.04	1%	6.98
Junio	7.12	6.86	7.00	0.06	1%	7.01
Julio	7.23	6.91	7.01	0.06	1%	7.02
Agosto	7.23	6.95	7.03	0.06	1%	7.04
Septiembre	7.11	6.79	6.96	0.08	1%	6.97
Octubre	7.16	6.88	7.01	0.06	1%	7.02
Noviembre	7.05	6.91	6.98	0.03	0%	6.98
Diciembre	7.03	6.91	6.97	0.04	1%	6.98

Fuente: Para Tabla 14 y Tabla 15, Fuente Registros de control de la planta – Ing.

Harold Silva

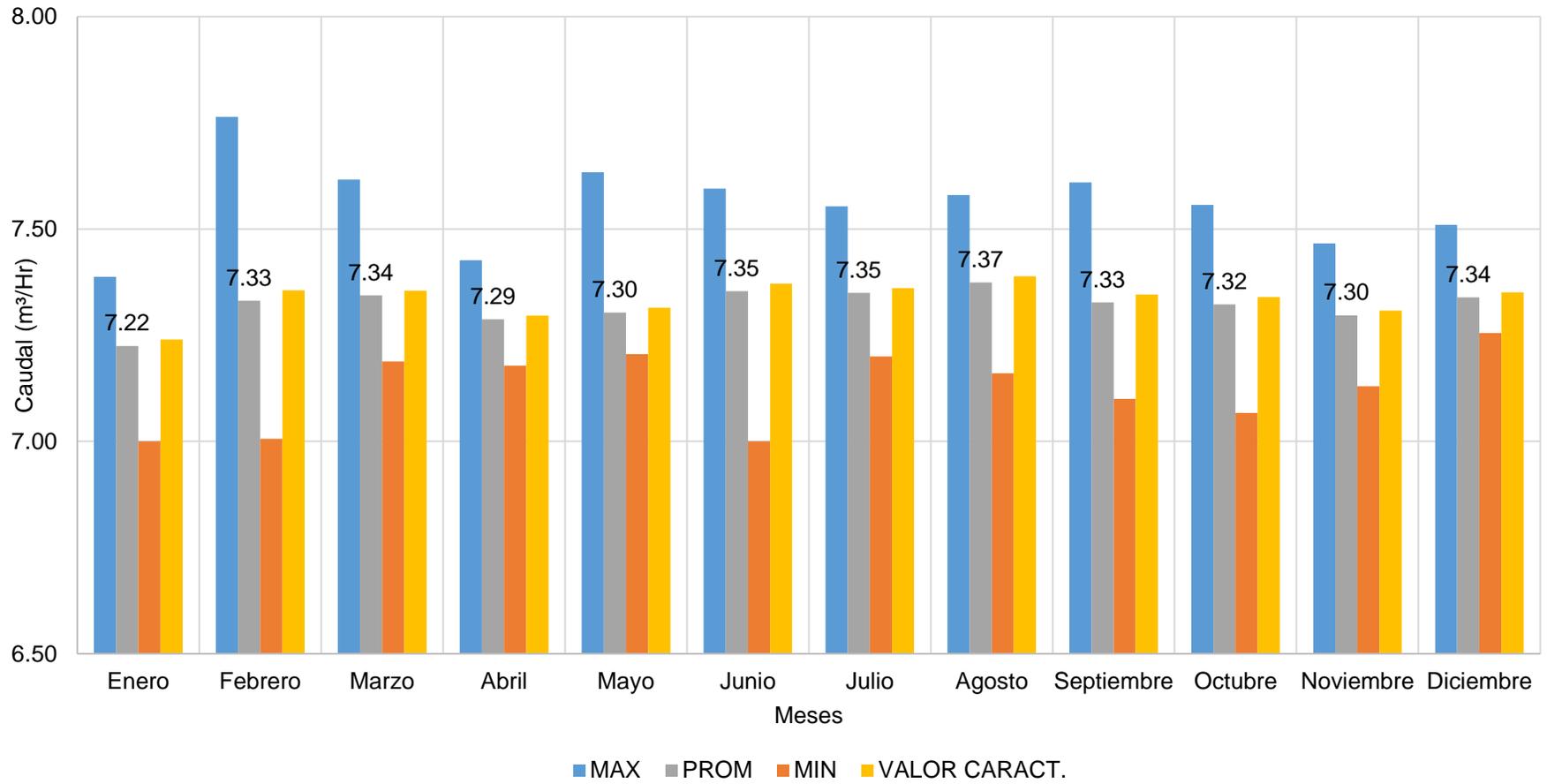
Gráfico 11. Comportamiento de pH mensual en la entrada del digestor



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 12 PH Históricos

Medición mensual de pH entrada del digestor



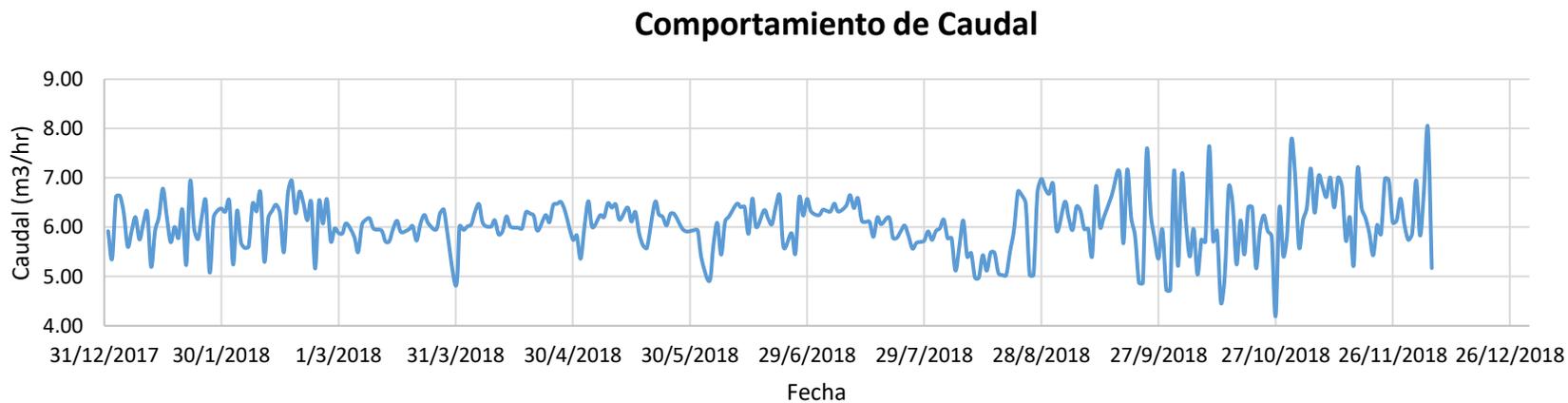
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18 Resumen caudal y pH de entrada y salida del digestor

	Caudal (m ³ /hr)	pH Entrada Digestor	pH Salida Digestor
MAX	8.02	7.76	7.65
MIN	4.19	7.00	6.47
PROM	6.06	7.32	7.00
DESVEST	0.55	11.64	9.04
COEF. VAR	9%	1.59	1.29
VALOR CARACT.	6.15	7.34	7.01

Fuente: Elaboración Propia

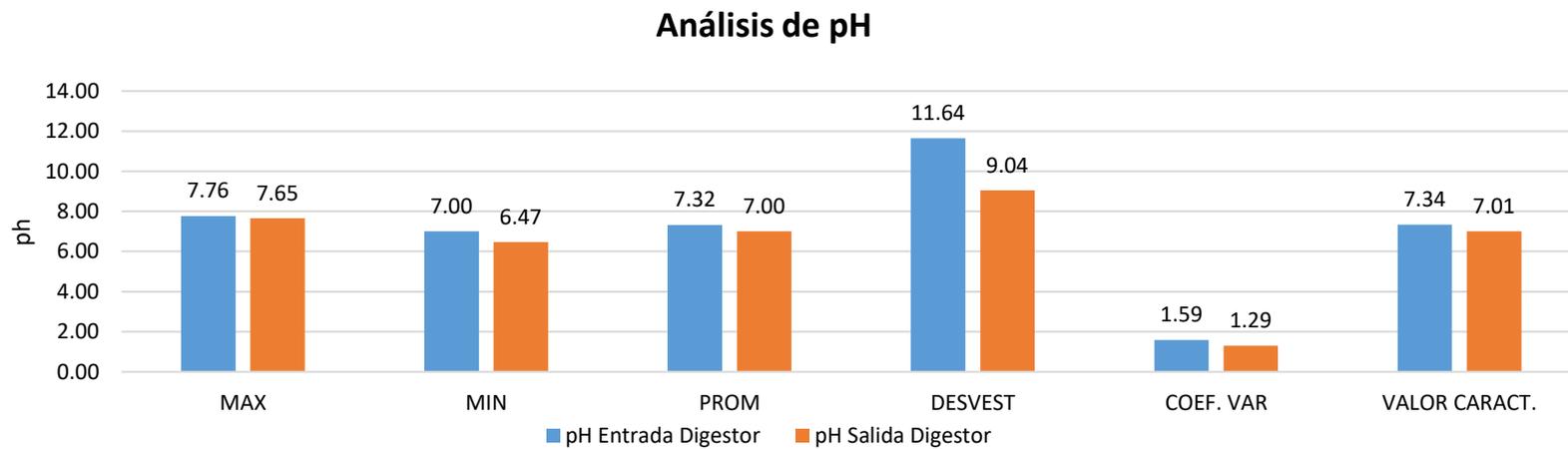
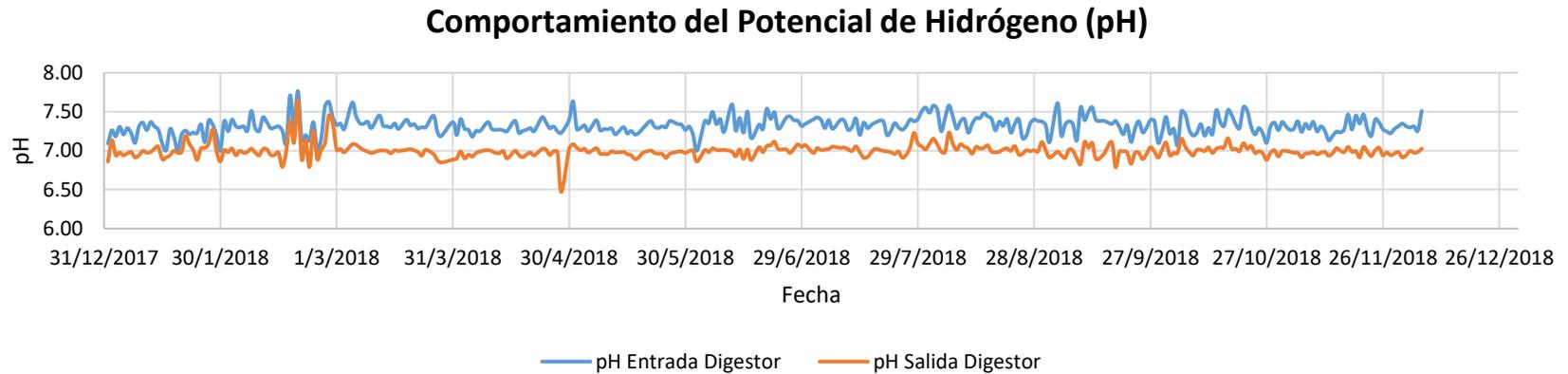
Gráfico 13 Comportamiento de caudal vs. tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Análisis de PH

Gráfico 14 Comportamiento de pH vs. Tiempo | Comparación Parámetros estadísticos

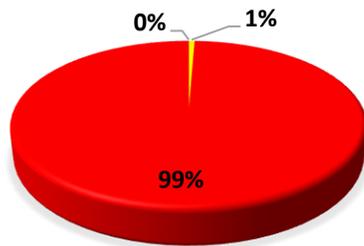


Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 15 Distribución de porcentajes de pH

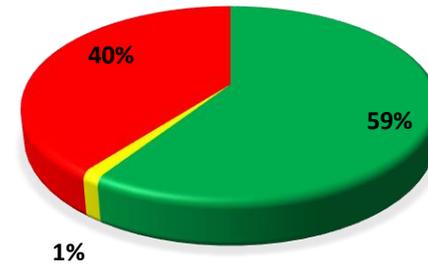
DISTRIBUCIÓN DE PH EN LA ENTRADA DEL BIODIGESTOR MATADERO PROINCASA

■ pH < 7.0 ■ pH = 7.0 ■ pH > 7.0



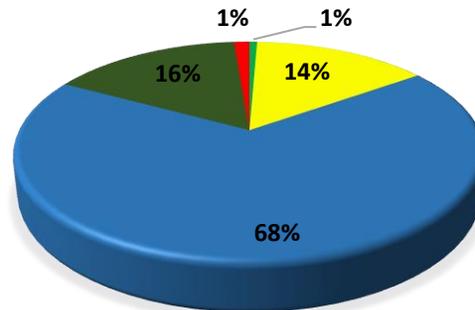
DISTRIBUCIÓN DE PH EN LA SALIDA DEL BIODIGESTOR (ENTRADA BIOFILTRO)

■ pH < 7.0 ■ pH = 7.0 ■ pH > 7.0



DISTRIBUCIÓN DE CAUDAL MATADERO PROINCASA

■ Q <= 4.5 ■ 4.5 < Q <= 5.5 ■ 5.5 < Q <= 6.5 ■ 6.5 < Q <= 7.5 ■ Q > 7.5

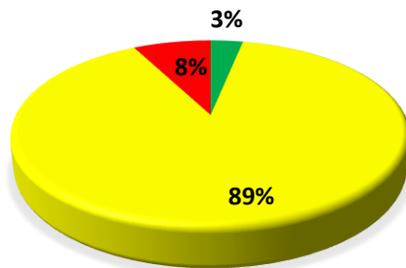


Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 16 Distribución de porcentajes de pH>7.9

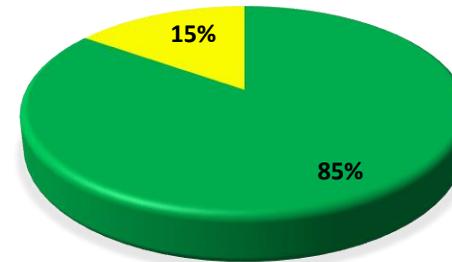
DISTRIBUCIÓN DE PH < 7.0 EN LA ENTRADA DEL BIODIGESTOR MATADERO PROINCASA

■ 7.0 < pH <= 7.1 ■ 7.1 < pH <= 7.5 ■ pH > 7.5 (Hasta 7.76)



DISTRIBUCIÓN DE PH > 7.0 EN LA SALIDA DEL BIODIGESTOR (ENTRADA BIOFILTRO)

■ 7.0 < pH <= 7.1 ■ pH > 7.1 (Hasta 7.65)



Fuente: Elaboración Propia

Tablas de conductividad

Tabla 19 Resultados de medición de conductividad del biofiltro 1.

FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)	CAUDAL (M3/DIA)	FILA 1				FILA 2				FILA 3			
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO1	TUBO2	TUBO 3	TUBO 4
11/2/2019	13:15	5.59007	22.36027	3.12	3.2	3.15	3.2								
11/2/2019	14:00	5.59007		3.07	3.02	3.19	2.8								
11/2/2019	14:30	5.59007		4.54	2.53	3.67	2.88								
11/2/2019	15:00	5.59007		4.4	4.64	2.85	2.5								
11/2/2019	16:00	5.59007		4	4.64	2.85	2.5								
12/2/2019	9:30	5.61007	22.44027	3.19	3.09	3.22	3.1								
12/2/2019	10:30	5.61007		3.21	3.12	3.2	3.06								
12/2/2019	11:30	5.61007		3.3	3.26	3.22	3.1								
12/2/2019	12:30	5.61007		3.13	3.73	3.2	3.06								
12/2/2019	13:30	5.61007		3.09	2.96	3.12	2.9								
13/2/2019	9:30	5.79731	23.18923	2.85	2.6	3.08	3.09	2.59	2.81	2.53	2.55	2.45	2.61	2.48	2.61
13/2/2019	10:30	5.79731		2.85	2.6	3.09	3.07	2.48	2.75	2.49	2.48	2.44	2.6	2.49	2.52
13/2/2019	11:30	5.79731		2.86	2.51	3.08	3.08	2.29	2.66	2.44	2.42	2.43	2.64	2.47	2.55
13/2/2019	12:30	5.79731		2.83	2.55	3.1	3.09	2.36	2.68	2.49	2.48	2.43	2.58	2.45	2.55
13/2/2019	13:30	5.79731		2.8	2.53	3.08	3.09	2.36	2.68	2.49	2.48	2.43	2.58	2.45	2.55
14/2/2019	9:00	6.05104	24.20414	2.79	2.52	3.05	2.9	2.5	2.82	2.47	2.56	2.44	2.54	2.4	2.48
14/2/2019	10:00	6.05104		2.79	2.52	3.05	2.89	2.43	2.73	2.49	2.54	2.42	2.55	2.43	2.51
14/2/2019	11:00	6.05104		2.77	2.52	3.06	2.89	2.45	2.76	2.48	2.51	2.43	2.58	2.45	2.55
14/2/2019	12:00	6.05104		2.77	2.53	3.04	2.89	2.41	2.8	2.48	2.51	2.45	2.61	2.45	2.54
14/2/2019	13:00	6.05104		2.76	2.51	3.03	2.87	2.41	4.1	2.48	2.51	2.44	2.59	2.46	2.44
15/2/2019	9:30	6.105	24.42	2.76	2.51	2.99	2.87	2.39	4.3	2.51	2.49	2.43	2.55	2.47	2.49
15/2/2019	10:30	6.105		2.76	2.5	2.99	2.88	2.28	4.2	2.48	2.43	2.43	2.58	2.45	2.55
15/2/2019	11:30	6.105		2.75	2.5	2.98	2.87	2.3	3.8	2.53	2.46	2.43	2.55	2.5	2.56
15/2/2019	12:30	6.105		2.73	2.51	2.98	2.86	2.32	3.76	2.53	2.44	2.42	2.56	2.48	2.56
15/2/2019	13:30	6.105		2.7	2.5	2.97	2.87	2.31	3.7	2.53	2.44	2.4	2.5	2.45	2.57
16/2/2019	9:00	5.84181	23.36723	2.65	2.5	2.91	2.82	2.55	2.79	2.52	2.52	2.36	2.46	2.4	2.57
16/2/2019	10:00	5.84181		2.65	2.5	2.9	2.8	2.59	2.74	2.46	2.63	2.34	2.57	2.46	2.56
16/2/2019	11:00	5.84181		2.63	2.5	2.91	2.8	2.58	2.73	2.47	2.63	2.34	2.57	2.46	2.56
16/2/2019	12:00	5.84181		2.61	2.5	2.89	2.8	2.55	2.71	2.47	2.62	2.33	2.57	2.46	2.57

FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)		FILA 1				FILA 2				FILA 3			
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO1	TUBO2	TUBO 3	TUBO 4
16/2/2019	13:00	5.84181		2.6	2.5	2.87	2.79	2.55	2.69	2.49	2.59	2.41	2.56	2.45	2.55
18/2/2019	9:30	6.73428	26.93713	2.59	2.49	2.82	2.75	2.5	2.63	2.6	2.52	2.4	2.54	2.45	2.54
18/2/2019	10:30	6.73428		2.59	2.49	2.8	2.74	2.5	2.7	3.84	2.52	2.39	2.56	2.45	2.53
18/2/2019	11:30	6.73428		2.59	2.48	2.79	2.75	2.52	2.7	4.05	2.52	2.38	2.55	2.44	2.54
18/2/2019	12:30	6.73428		2.59	2.49	2.79	2.73	2.53	2.71	4	2.52	2.39	2.55	2.45	2.54
18/2/2019	13:30	6.73428		2.58	2.5	2.78	2.72	2.54	2.71	3.8	2.52	2.4	2.57	2.46	2.54
19/2/2019	9:30	7.15267		28.61067	2.6	2.5	2.72	2.7	2.6	2.75	3.21	2.52	2.38	2.57	2.45
19/2/2019	10:30	7.15267	2.55		2.51	2.7	2.69	2.61	2.75	2.55	2.52	2.39	2.57	2.45	2.53
19/2/2019	11:30	7.15267	2.55		2.5	2.69	2.69	2.61	2.76	2.53	2.52	2.37	2.58	2.43	2.55
19/2/2019	12:30	7.15267	2.56		2.51	2.68	2.67	2.62	2.77	2.54	2.52	2.38	2.58	2.43	2.54
19/2/2019	13:00	7.15267	2.55		2.49	2.65	2.66	2.62	2.77	2.53	2.52	2.38	2.59	2.44	2.53
FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)	CAUDAL (M3/DIA)	FILA 1				FILA 2				FILA 3			
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO1	TUBO2	TUBO 3	TUBO 4
20/2/2019	9:30	6.17036	24.68145					2.64	2.79	2.53	2.52	2.38	2.59	2.43	2.52
20/2/2019	10:30	6.17036						2.63	2.79	2.54	2.55	2.45	2.55	2.4	2.46
20/2/2019	11:30	6.17036						2.62	2.8	2.56	2.56	2.51	2.51	2.39	2.39
20/2/2019	12:30	6.17036						2.63	2.82	2.55	2.55	2.49	2.52	2.39	2.39
20/2/2019	13:30	6.17036						2.62	2.81	2.58	2.57	2.49	2.52	2.39	2.39
21/2/2019	10:00	6.77741	27.10966					2.6	2.8	2.6	2.57	2.48	2.54	2.4	2.39
21/2/2019	11:00	6.77741						2.59	2.81	2.61	2.58	2.51	2.55	2.45	2.39
21/2/2019	12:00	6.77741						2.6	2.81	2.62	2.59	2.47	2.54	2.45	2.43
21/2/2019	13:00	6.77741						2.59	2.8	2.6	2.56	2.47	2.53	2.46	2.45
21/2/2019	14:00	6.77741						2.59	2.79	2.61	2.56	2.49	2.53	2.43	2.42
22/2/2019	10:00	5.1132	20.4528					2.59	2.78	2.62	2.59	2.45	2.54	2.4	2.45
22/2/2019	11:00	5.1132						2.59	2.8	2.6	2.6	2.43	2.54	2.39	2.44
22/2/2019	12:00	5.1132						2.59	2.77	2.59	2.63	2.4	2.53	2.45	2.45
22/2/2019	13:00	5.1132						2.59	2.79	2.63	2.63	2.45	2.51	3.84	2.5
22/2/2019	14:00	5.1132						2.59	2.78	2.59	2.6	2.46	2.56	3.91	2.52
23/2/2019	10:00	7.00135	28.0054					2.6	2.76	2.6	2.61	2.42	2.55	3.01	2.53
23/2/2019	11:00	7.00135						2.61	2.79	2.63	2.6	2.41	2.55	2.74	3.5
23/2/2019	12:00	7.00135						2.61	2.76	2.63	2.61	2.39	2.57	2.43	3.74

FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)		FILA 1				FILA 2				FILA 3			
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO1	TUBO2	TUBO 3	TUBO 4
23/2/2019	13:00	7.00135						2.63	2.75	2.64	2.62	2.37	2.55	2.41	3.18
23/2/2019	14:00	7.00135						2.59	2.76	2.65	2.64	2.38	2.56	2.46	3.03
25/2/2019	10:00	4.95117	19.80469					2.6	2.76	2.64	2.63	2.36	2.55	2.43	2.57
25/2/2019	11:00	4.95117						2.55	2.7	2.63	2.64	2.38	2.55	2.43	2.6
25/2/2019	12:00	4.95117						2.47	2.66	2.59	2.56	2.32	2.51	2.43	2.58
25/2/2019	13:00	4.95117						2.5	2.71	2.58	2.58	2.4	2.53	2.43	2.56
25/2/2019	14:00	4.95117						2.48	2.75	2.56	2.55	2.46	2.54	2.43	2.55
26/2/2019	10:00	5.83747		23.3499					2.5	2.78	2.54	2.5	2.46	2.55	2.43
26/2/2019	11:00	5.83747						2.43	2.76	2.56	2.54	2.48	2.55	2.43	2.55
26/2/2019	12:00	5.83747						2.43	2.76	2.55	2.52	2.49	2.57	2.43	2.53
26/2/2019	13:00	5.83747						2.45	2.75	2.54	2.54	2.51	2.58	2.43	2.55
26/2/2019	14:00	5.83747						2.42	2.76	2.52	2.53	2.54	2.55	2.43	2.55
27/2/2019	9:00	6.11467	24.45867					2.62	2.88	2.54	2.57	2.51	2.62	2.48	2.68
27/2/2019	10:00	6.11467						2.58	2.85	2.55	2.6	2.5	2.61	2.49	2.69
27/2/2019	11:00	6.11467						2.55	2.82	2.52	2.58	2.52	2.63	2.51	2.72
27/2/2019	12:00	6.11467						2.58	2.8	2.48	2.51	2.52	2.64	2.52	2.7
27/2/2019	13:00	6.11467						2.55	2.8	2.5	2.51	2.52	2.64	2.4	2.68
28/2/2019	10:00	6.33	25.32					2.5	2.69	2.5	2.51	2.52	2.64	2.36	2.68
28/2/2019	11:00	6.33						2.46	2.79	2.47	2.52	2.54	2.63	2.4	2.54
28/2/2019	12:00	6.33						2.5	2.75	2.5	2.57	2.46	2.65	2.4	2.6
28/2/2019	13:00	6.33						2.5	2.72	2.45	2.61	2.58	2.62	2.4	2.62
28/2/2019	14:00	6.33						2.48	2.75	2.45	2.61	2.58	2.62	2.45	2.62
FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)	CAUDAL (M3/DIA)	FILA 1				FILA 2				FILA 3			
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO1	TUBO2	TUBO 3	TUBO 4
1/3/2019	10:00	5.4136	21.65439					2.49	2.71	2.54	2.61	-	2.52	2.35	2.51
1/3/2019	11:00	5.4136						2.48	2.72	2.55	2.62	-	2.5	2.33	2.46
1/3/2019	12:00	5.4136						2.49	2.75	2.54	2.61	-	2.5	2.33	2.46
1/3/2019	13:00	5.4136						2.5	2.77	2.55	2.63	-	2.5	2.32	2.51
1/3/2019	14:00	5.4136						2.5	2.75	2.54	2.62	-	2.55	2.33	2.49
2/3/2019	10:00	5.25728	21.0291									-	2.56	2.31	2.48
2/3/2019	11:00	5.25728											-	2.74	2.26

FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)		FILA 1				FILA 2				FILA 3						
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO1	TUBO2	TUBO 3	TUBO 4			
2/3/2019	12:00	5.25728												-	2.68	2.44	2.7	
2/3/2019	13:00	5.25728													-	2.7	2.36	2.7
2/3/2019	14:00	5.25728													-	2.61	2.46	2.65
4/3/2019	10:00	4.986	19.94401											-	-	2.36	2.71	
4/3/2019	11:00	4.986													-	-	2.36	2.72
4/3/2019	12:00	4.986													-	-	2.35	2.75
4/3/2019	13:00	4.986													-	-	2.37	2.69
4/3/2019	14:00	4.986												-	-	2.45	2.72	
5/3/2019	10:00	4.95672	19.82688											-	-	2.39	2.66	
5/3/2019	11:00	4.95672													-	-	2.36	2.45
5/3/2019	12:00	4.95672													-	-	2.37	2.4
5/3/2019	13:00	4.95672													-	-	2.36	2.24
5/3/2019	14:00	4.95672													-	-	2.35	2.43
FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)	CAUDAL (M3/DIA)	FILA 4				Salida										
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4											
28/2/2019	10:00	6.33	25.32	-	-	-	-	2.58										
28/2/2019	11:00	6.33		-	-	-	-	2.58										
28/2/2019	12:00	6.33		-	-	-	-	2.55										
28/2/2019	13:00	6.33		-	-	-	-	2.6										
28/2/2019	14:00	6.33		-	-	-	-	2.55										
1/3/2019	10:00	5.4136	21.6544	-	-	-	-	2.66										
1/3/2019	11:00	5.4136		-	-	-	-	2.62										
1/3/2019	12:00	5.4136		-	-	-	-	2.55										
1/3/2019	13:00	5.4136		-	-	-	-	2.53										
1/3/2019	14:00	5.4136		-	-	-	-	2.54										
2/3/2019	10:00	5.25728	21.0291	-	-	-	-	2.5										
2/3/2019	11:00	5.25728		-	-	-	-	2.47										
2/3/2019	12:00	5.25728		-	-	-	-	2.52										

FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)		FILA 4				Salida
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	
2/3/2019	13:00	5.25728		-	-	-	-	2.53
2/3/2019	14:00	5.25728		-	-	-	-	2.55
4/3/2019	10:00	4.986	19.944	-	-	-	-	2.52
4/3/2019	11:00	4.986		-	-	-	-	2.51
4/3/2019	12:00	4.986		-	-	-	-	2.5
4/3/2019	13:00	4.986		-	-	-	-	2.56
4/3/2019	14:00	4.986		-	-	-	-	2.58
5/3/2019	10:00	4.95672		19.8269	-	-	-	-
5/3/2019	11:00	4.95672	-		-	-	-	2.55
5/3/2019	12:00	4.95672	-		-	-	-	3.2
5/3/2019	13:00	4.95672	-		-	-	-	3.21
5/3/2019	14:00	4.95672	-		-	-	-	3.17

Tabla 20 Resultados de medición de conductividad del biofiltro 2.

FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)	CAUDAL (M3/DIA)	FILA 1				FILA 2				FILA 3			
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO1	TUBO2	TUBO 3	TUBO 4
11/2/2019	13:15	5.590069	22.3603	2.72	3	2.98	2.59								
11/2/2019	14:00	5.590069		2.71	2.89	2.48	2.53								
11/2/2019	14:30	5.590069		4.68	3.71	2.4	2.54								
11/2/2019	15:00	5.590069		4.28	4.83	2.58	2.45								
11/2/2019	16:00	5.590069		4	4.5	4.32	2.6								
12/2/2019	9:30	5.610069	22.4403	4.5	4.5	4.35	2.75								
12/2/2019	10:30	5.610069		3.02	3.03	2.98	2.82								
12/2/2019	11:30	5.610069		3.29	3.22	3.23	2.86								
12/2/2019	12:30	5.610069		3.24	3.12	3.15	3.1								
12/2/2019	13:30	5.610069		3.12	3.14	3.15	3.45								
13/2/2019	9:30	5.797308	23.1892	3.05	3.14	2.88	2.85	2.63	2.59	2.52	2.42	2.25	2.36	2.35	2.25

FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)		FILA 1				FILA 2				FILA 3			
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO1	TUBO2	TUBO 3	TUBO 4
13/2/2019	10:30	5.797308		3.05	3.05	2.57	2.35	2.63	2.65	2.49	2.4	2.29	2.48	2.38	2.28
13/2/2019	11:30	5.797308		2.8	3.02	2.42	2.34	2.69	2.69	4.41	2.41	2.55	2.55	2.42	2.45
13/2/2019	12:30	5.797308		2.85	3.09	2.44	2.33	2.63	3.02	4.42	2.41	2.71	2.49	2.45	2.64
13/2/2019	13:30	5.797308		2.87	3.05	2.41	2.32	2.65	4.54	4.09	2.45	2.7	2.48	2.55	2.65
14/2/2019	9:00	6.051035	24.2041	2.87	3.08	2.39	2.3	2.68	2.58	2.49	2.48	2.71	2.46	2.54	2.66
14/2/2019	10:00	6.051035		2.88	3.05	2.38	2.1	2.61	2.6	2.45	2.46	2.72	2.46	2.53	2.69
14/2/2019	11:00	6.051035		2.7	3.02	2.42	2.2	2.64	2.57	2.59	2.46	2.73	2.35	2.58	2.64
14/2/2019	12:00	6.051035		2.8	3.03	2.45	2.2	2.5	2.59	2.57	2.35	2.68	2.45	2.59	2.65
14/2/2019	13:00	6.051035		2.9	3.1	2.37	2.2	2.6	2.6	2.49	2.45	2.64	2.51	2.59	2.67
15/2/2019	9:30	6.105	24.42	2.4	3.12	2.35	2.3	2.65	2.61	2.4	2.51	2.61	2.52	2.57	2.63
15/2/2019	11:00	6.105		2.45	3.09	2.5	2.34	2.52	2.62	2.37	2.49	2.6	2.49	2.58	2.65
15/2/2019	12:00	6.105		2.65	3.08	2.38	2.2	2.51	2.56	2.58	2.29	2.61	2.47	2.61	2.64
15/2/2019	13:00	6.105		2.61	3.05	2.36	2.2	2.62	2.6	2.52	2.39	2.59	2.47	2.62	2.69
15/2/2019	14:00	6.105		2.62	2.98	2.34	2.2	2.61	2.65	2.45	2.44	2.57	2.46	2.65	2.68
16/2/2019	9:00	5.841807	23.3672	2.56	2.97	2.3	2.1	2.6	2.64	2.39	2.49	2.58	2.49	2.63	2.71
16/2/2019	10:00	5.841807		2.6	2.95	2.34	2	2.63	2.48	2.52	2.4	2.56	2.51	2.61	2.71
16/2/2019	11:00	5.841807		2.64	2.9	2.1	2.3	2.61	2.55	2.51	2.42	2.58	2.54	2.62	2.69
16/2/2019	12:00	5.841807		2.48	2.91	2.11	2.2	2.62	2.65	2.48	2.45	2.55	2.54	2.65	2.65
16/2/2019	13:00	5.841807		2.43	2.8	2.12	2.5	2.58	2.68	2.42	2.48	2.51	2.53	2.61	2.65
18/2/2019	9:30	6.734281	26.9371	2.47	2.75	2.2	2.26	2.53	2.7	2.3	2.54	2.53	2.58	2.59	2.64
18/2/2019	10:30	6.734281		2.51	2.64	2.11	2.4	2.52	2.5	2.33	2.54	2.56	2.56	2.59	2.65
18/2/2019	11:30	6.734281		2.41	2.6	2.21	2.25	2.5	2.6	2.34	2.54	2.58	2.59	2.57	2.59
18/2/2019	12:30	6.734281		2.44	2.65	2.31	2.3	2.5	2.5	2.35	2.55	2.59	2.49	2.56	2.58
18/2/2019	13:30	6.734281		2.54	2.5	2.34	2.28	2.45	2.51	2.36	2.51	2.61	2.55	2.58	2.59
19/2/2019	9:30	7.152667	28.6107	2.57	2.42	2.34	2.3	2.55	2.61	2.31	2.45	2.57	2.54	2.55	2.56
19/2/2019	10:30	7.152667		2.48	2.41	2.33	2.34	2.48	2.55	2.22	2.52	2.58	2.53	2.58	2.55
19/2/2019	11:30	7.152667		2.26	2.43	2.32	2.1	2.47	2.58	2.52	2.32	2.59	2.53	2.54	2.5
19/2/2019	12:30	7.152667		2.4	2.38	2.35	2.2	2.45	2.54	2.54	2.45	2.61	2.51	2.56	2.59
19/2/2019	13:30	7.152667		2.25	2.35	2.33	2.28	2.55	2.51	2.55	2.35	2.62	2.52	2.58	2.6
FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)	CAUDAL (M3/DIA)	FILA 1				FILA 2				FILA 3			
20/2/2019	9:30	6.170361	24.6814					2.54	2.5	2.57	2.38	2.6	2.52	2.56	2.62
20/2/2019	10:30	6.170361							2.55	2.51	2.45	2.37	2.61	2.51	2.59

FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)		FILA 1				FILA 2				FILA 3			
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO1	TUBO2	TUBO 3	TUBO 4
20/2/2019	11:30	6.170361						2.61	2.51	2.39	2.39	2.62	2.49	2.54	2.59
20/2/2019	12:30	6.170361						2.61	2.51	2.45	2.31	2.58	2.48	2.55	2.57
20/2/2019	13:30	6.170361						2.6	2.55	2.54	2.35	2.59	2.54	2.53	2.59
21/2/2019	10:00	6.777414	27.1097					2.62	2.52	2.6	2.35	2.54	2.53	2.59	2.6
21/2/2019	11:00	6.777414						2.6	2.54	2.61	2.35	2.55	2.55	2.54	2.61
21/2/2019	12:00	6.777414						2.64	2.5	2.59	2.38	2.53	2.51	2.51	2.62
21/2/2019	13:00	6.777414						2.61	2.53	2.65	2.45	2.61	2.47	2.5	2.56
21/2/2019	14:00	6.777414						2.63	2.58	2.61	2.41	2.59	2.48	2.56	2.6
22/2/2019	10:00	5.1132	20.4528					2.62	2.59	2.61	2.42	2.58	2.49	2.48	2.59
22/2/2019	11:00	5.1132						2.65	2.59	2.55	2.46	2.55	2.48	2.47	2.59
22/2/2019	12:00	5.1132						2.67	2.54	2.52	2.48	2.54	2.51	2.45	2.57
22/2/2019	13:00	5.1132						2.69	2.51	2.51	2.51	2.57	2.52	2.55	2.58
22/2/2019	14:00	5.1132						2.71	2.5	2.51	2.51	2.59	2.51	2.54	2.61
23/2/2019	10:00	7.001351	28.0054					2.7	2.56	2.53	2.52	2.57	2.8	2.55	2.62
23/2/2019	11:00	7.001351						2.75	2.61	2.49	2.55	2.54	2.48	3.2	2.55
23/2/2019	12:00	7.001351						2.65	2.68	2.46	2.54	2.51	2.47	3.85	2.58
23/2/2019	13:00	7.001351						2.61	2.59	2.43	2.57	2.57	2.49	3.85	2.54
23/2/2019	14:00	7.001351						2.65	2.65	2.41	2.58	2.58	2.49	3.32	2.51
25/2/2019	9:00	4.951172	19.8047					2.67	2.69	2.45	2.59	2.59	2.47	2.48	2.54
25/2/2019	10:00	4.951172						2.68	2.7	2.44	2.62	2.57	2.48	2.53	2.5
25/2/2019	11:00	4.951172						2.67	2.71	2.45	2.61	2.6	2.49	2.53	2.51
25/2/2019	12:00	4.951172						2.65	2.75	2.48	2.62	2.65	2.55	2.56	2.52
25/2/2019	13:00	4.951172						2.64	2.71	2.44	2.64	2.64	2.56	2.54	3.51
26/2/2019	10:00	5.837474	23.3499					2.63	2.68	2.44	2.6	2.65	2.54	2.59	3.01
26/2/2019	11:00	5.837474						2.78	2.79	2.71	2.8	2.7	2.56	2.56	2.67
26/2/2019	12:00	5.837474						2.78	2.79	2.71	2.81	2.71	2.58	2.55	2.65
26/2/2019	13:00	5.837474						2.75	2.78	2.75	2.85	2.72	2.59	2.51	2.69
26/2/2019	14:00	5.837474						2.74	2.75	2.74	2.82	2.68	2.55	2.54	2.74
27/2/2019	9:00	6.114668	24.4587					2.78	2.77	2.76	2.8	2.7	2.58	2.6	2.76
27/2/2019	10:00	6.114668						2.81	2.71	2.75	2.68	2.88	2.65	2.82	2.78
27/2/2019	11:00	6.114668						2.78	2.69	2.71	2.74	2.78	2.64	2.75	2.81
27/2/2019	12:00	6.114668						2.78	2.71	2.7	2.72	2.79	2.65	2.76	2.8
27/2/2019	13:00	6.114668						2.8	2.72	2.7	2.74	2.75	2.6	2.72	2.78

FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)	CAUDAL (M3/DIA)	FILA 1				FILA 2				FILA 3			
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO1	TUBO2	TUBO 3	TUBO 4
28/2/2019	10:00	6.33	25.32					2.71	2.38	2.44	2.5	2.6	2.5	2.5	2.62
28/2/2019	11:00	6.33						2.72	2.35	2.42	2.52	2.61	2.52	2.51	2.6
28/2/2019	12:00	6.33						2.7	2.54	2.45	2.55	2.62	2.54	2.6	2.58
28/2/2019	13:00	6.33						2.68	2.55	2.48	2.52	2.6	2.58	2.55	2.6
28/2/2019	14:00	6.33													

FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)	CAUDAL (M3/DIA)	FILA 4				Salida
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	
27/2/2019	9:00	6.1147	24.4587	2.51	2.48	2.59	2.91	2.74
27/2/2019	10:00	6.1147		2.65	2.49	2.57	3.88	2.75
27/2/2019	11:00	6.1147		2.62	2.48	2.54	3.78	2.81
27/2/2019	12:00	6.1147		2.63	2.52	2.56	3.12	2.83
27/2/2019	13:00	6.1147		2.62	2.51	2.55	3.22	2.85
28/2/2019	10:00	6.33	25.32	2.6	2.51	2.56	2.7	2.85
28/2/2019	11:00	6.33		2.6	2.51	2.55	2.77	3.07
28/2/2019	12:00	6.33		2.62	2.52	2.56	2.7	3.57
28/2/2019	13:00	6.33		2.6	2.54	2.58	2.65	3.4
28/2/2019	14:00	6.33		2.61	2.45	2.54	2.6	3.51
1/3/2019	10:00	5.4136	21.6544	2.62	2.45	2.54	2.59	2.65
1/3/2019	11:00	5.4136		2.5	2.45	2.59	2.59	2.63
1/3/2019	12:00	5.4136		2.55	2.43	2.55	2.54	2.64
1/3/2019	13:00	5.4136		2.49	2.49	2.51	2.54	2.59
1/3/2019	14:00	5.4136		2.51	2.43	2.45	2.57	2.6
2/3/2019	10:00	5.2573	21.0291	2.52	2.43	2.45	2.51	2.55
2/3/2019	11:00	5.2573		2.53	2.49	2.41	2.53	2.56
2/3/2019	12:00	5.2573		2.51	2.43	2.41	2.53	2.58
2/3/2019	13:00	5.2573		2.49	2.35	2.39	2.31	2.49
2/3/2019	14:00	5.2573		2.39	2.38	2.35	2.34	2.45

FECHA	HORA	CAUDAL (M3/H)	CAUDAL (M3/DIA)	FILA 4				Salida
				TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	
4/3/2019	10:00	4.986	19.944	2.37	2.37	2.34	2.31	2.49
4/3/2019	11:00	4.986		2.34	2.35	2.35	2.35	2.43
4/3/2019	12:00	4.986		2.35	2.29	2.39	2.31	2.42
4/3/2019	13:00	4.986		2.33	2.25	2.35	2.31	2.25
4/3/2019	14:00	4.986		2.29	2.25	2.33	2.32	2.26
5/3/2019	10:00	4.9567	19.8269	2.28	2.3	2.34	2.35	2.24
5/3/2019	11:00	4.9567		2.5	2.28	2.29	2.36	2.25
5/3/2019	12:00	4.9567		2.4	2.26	2.26	2.34	2.3
5/3/2019	13:00	4.9567		2.25	2.29	2.31	2.31	2.25
5/3/2019	14:00	4.9567		2.22	2.25	2.33	2.29	2.2

Fuente: Tabla 17 y 18, Elaboración Propia- Muestreo de conductividad durante el uso del método del trazador.

Análisis físico-químicos realizados.

Primer muestreo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
VICE RECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
Programa de Vinculación e Innovación Tecnológica
LINEA BIOMASA



No. de cotización: 1511 Matriz de muestra: Agua Residual Fuente: Industrial/Matadero Cliente: PROINCASA/PASA Atención: Lic. Wilfredo Figueroa Fecha: 09/11/17	Código: 46-1511-11-17 Telf: 88100011 email: haroldsilva71@gmail.com ; email: proincasa@hotmail.com ; Dirección: Km., 15 1/2, carretera Norte Managua. Fecha de entrega: 20/11/17
--	---

INFORME DE ENSAYO Y/O ANALISIS

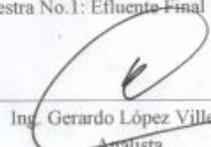
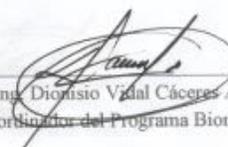
ANALISIS	MUESTRA					
	Unidad	Método	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
Ph		Potencio métrico	7.47 (7.68-7.47)			
Temperatura	°C	Potencio métrico	28.3 (29.4- 27.6)			
DQO	mg/L	M.N. 5220-C	97.1 S= 0.68			
DBO ₅	mg/L	DIN 38 409 H 51	44.15 S=0.88			
Grasas y aceites	mg/L	M. N. 5520 B	<10			
Sólidos Sedimentados.	ml/L	M.N 2540-F	0.00			
Sólidos Suspendidos	mg/L	M. N. 2540-D	1,7			

M. N: Métodos normalizados, 20ª edición. APHA, AWWA

DECLARACION: Este informe refleja el resultado de los parámetros analizados a solicitud del cliente a la(s) muestra(s) tomada(s) por personal del laboratorio, en el (los) punto(s) señalado(s) por él mismo

Descripción de las muestras: muestra compuesta proporcional al tiempo (8 horas, cada hora)

Muestra No.1: Efluente Final del Sistema de Tratamiento de Biólitos

 Ing. Gerardo López Villegas Analista		 Ing. Dionisio Vidal Cáceres A. Coordinador del Programa Biomasa
--	---	--

cc. Archivo Pag. 1/1

Costado Sur de Villa Progreso, email: biomasa@pvit.univ.edu.ni, Teléfono: (505)22490936-7
Correo: vidacia62@yahoo.com; Celular: (505) 88874573 (M)





No. de cotización: 1511.1
Matriz de muestra: Agua Residual
Fuente: Industrial/Matadero
Cliente: PROINCASA/PASA
Atención: Lic. Wilfredo Figueroa
Fecha: 09/11/17

Código: 46-1511.1-11-17
Telf: 88100011
email: haroldsilva71@gmail.com;
email: proincasa@hotmail.com;
Dirección: Km., 15 1/2, carretera Norte Managua
Fecha de entrega: 20/11/17

INFORME DE ENSAYO Y/O ANALISIS

ANALISIS	MUESTRA				
	Unidad	Método	No. 2	No. 3	Nº 4
Ph		Potenciómetro	8.18 (9.38-7.83)	7.54 (7.63-7.32)	7.13 (7.20-7.8)
Temperatura	°C	Potenciómetro	28.3 (29.3-27.6)	29.23 (29.7-29.1)	29.6 (30.1-28.4)
DQO	mg/L	M.N.2540-E	3,762.3 S= 22.16	2,979.63 S=7.45	1,389.11 S=11.34
DBO ₅	mg/L	DIN 38 409 H 51	1,768.281 S= 6.76	1,415.22 S=17.48	639.54 S 14.45
Sólidos Sedimentados	ml/L	M.N 2540-F	10.23	12.11	2.64
Sólidos Suspendidos	mg/L	M. N. 2540-D	13.6	56.15	13.23
Grasas y aceites	mg/L	M. N. 5520 B	3.2	14.6	<10

M. N: Métodos normalizados, 20ª edición. APHA, AWWA

DIN: Métodos normalizados alemanes.

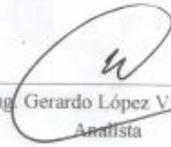
DECLARACION: Este informe refleja el resultado de los parámetros analizados a solicitud del cliente a la(s) muestra(s) tomada(s) por personal del laboratorio, en el (los) punto(s) señalado(s) por el mismo.

Descripción de las muestras: muestra compuesta proporcional al tiempo (8 horas, cada hora)

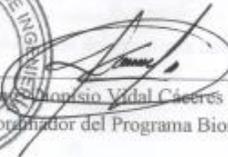
Muestra Nº 2, Afluente, Canal con rejilla

Muestra Nº 3, Afluente, entrada al Digestor anaerobio

Muestra Nº 4, Efluente, salida del Digestor anaerobio


Ing. Gerardo López Villegas.
Analista




Gerardo Vidal Cáceres A.
Coordinador del Programa Biomasa

cc. Archivo

Pag. 1/1

Segundo Muestreo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
VICE RECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
Programa de Vinculación e Innovación Tecnológica
LINEA BIOMASA

P-VIT

No. de cotización: 1540
Matriz de muestra: Agua Residual
Fuente: Industrial/Matadero
Cliente: PROINCASA
Atención: Lic. Wilfredo Figueroa
Fecha: 21/11/18

Código: 46-1540-12-18
Telf: 88100011
email: haroldsilva71@gmail.com;
email: proincasa@hotmail.com;
Dirección: Km., 15 1/2, carretera Norte Managua.
Fecha de entrega: 07/12/18

INFORME DE ENSAYO Y/O ANALISIS

ANALISIS	MUESTRA				
	Unidad	Método	No. 1	No. 2	No. 3
Ph		Potencio métrico	7.61 (7.76 - 7.32)		
Temperatura	°C	Termómetro	28.75 (30- 28)		
DQO	mg/L	M.N. 5220-C	103.57 S= 1.45		
DBO ₅	mg/L	DIN 38 409 H 51	54.63 S= 0.94		
Grasas y aceites	mg/L	M. N. 5520 B	<10		
Sólidos Sedimentados.	ml/L	M.N 2540-F	0.00		
Sólidos Suspendedos	mg/L	M. N. 2540-D	0.64		
Nitrógeno Total	mg/L	SMWW ED. 4500 Norg B	3.51		
Coliformes Totales	NMP/100 ml	SMWW XXI ed.	23.1		
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	SMWW XXI ed.	23.1		

M. N: Métodos normalizados, 20th edición. APHA, AWWA

DIN: Métodos normalizados alemanes

DECLARACION: Este informe refleja el resultado de los parámetros analizados a solicitud del cliente a la(s) muestra(s) tomada(s) por el dueño, en el (los) punto(s) señalado(s) por él mismo.

Descripción de las muestras:

Muestra compuesta (N° 1), tomada en la salida de la PTABR, BIOFILTROS.

Ing. Gerardo López Villegas.
Analista



Ing. Dionisio Vidal Cáceres A.
Coordinador del Programa Biomasa

Cc: Archivo

Pág. 1/1



No. de cotización: 1540
Matriz de muestra: Agua Residual
Fuente: Industrial/Matadero
Cliente: PROINCASA
Atención: Lic. Wilfredo Figueroa
Fecha: 21/11/18

Código: 46-1540-12-18
Telf: 88100011
email: haroldsilva71@gmail.com;
email: proincasa@hotmail.com;
Dirección: Km., 15 1/2, carretera Norte Managua
Fecha de entrega: 7/12/18

INFORME DE ENSAYO Y/O ANALISIS

ANALISIS	MUESTRA				
	Unidad	Método	No. 1	No. 2	Nº 3
Ph		Potencio métrico	8.18 (9.41-6.22)	7.82 (8.08 - 7.50)	6.97 (7.08 - 6.91)
Temperatura	°C	Termómetro	30.5 (32-27)	29.37 (31-28)	30.25 (31-29)
DQO	mg/L	M.N.2540-E	2,555.01 S=1.45	2,137.00 S=1.33	1,469.89 S=3.01
DBO ₅	mg/L	DIN 38 409 H 51	1,484.81 S= 2.76	1,057.18 S=2.24	728.60 S =2.01
Sólidos Volátiles	mg/L	M.N. 5220-C		975.65	604.72
Grasas y aceites	mg/L	M. N. 5520 B	13.69	12.78	<10
Sólidos Sedimentados	ml/L	M.N 2540-F	2.8	2.57	4.47
Sólidos Suspendidos	mg/L	M. N. 2540-D	5.22	115.8	88.6

M. N. Métodos normalizados, 20th edición. APHA, AWWA

DIN: Métodos normalizados alemanes.

DECLARACION: Este informe refleja el resultado de los parámetros analizados a solicitud del cliente a la(s) muestra(s) tomada(s) por el dueño, en el (los) punto(s) señalado(s) por él mismo.

Descripción de las muestras: muestra compuesta proporcional al tiempo.

Muestra Nº 1, Canal con Rejilla

Muestra Nº 2, Afluente, entrada al Reactor Anaerobio

Muestra Nº 3, Efluente, Salida del Reactor Anaerobio

Ing. Gerardo López Villegas.
Analista



Ing. Dionisio Vidal Cáceres A.
Coordinador del Programa Biomasa

Cc: Archivo

Handwritten signature and date:
07/12/2018

Tercer muestreo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
VICE RECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
Programa de Vinculación e Innovación Tecnológica
LINEA BIOMASA



No. de cotización: 1551/1
Matriz de muestra: Agua Residual
Fuente: Industrial/Matadero
Cliente: PROINCASA
Atención: Lic. Wilfredo Figueroa
Fecha: 15/05/19

Código: 46-1551/1-06-19
Telf: 88100011
email: haroldsilva71@gmail.com;
email: proincasa@hotmail.com;
Dirección: Km., 15 1/2, carretera Norte Managua
Fecha de entrega: 11/06/19

INFORME DE ENSAYO Y/O ANALISIS

ANALISIS	MUESTRA					
	Unidad	Método	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
pH*		Potenciométrico	9.36	8.05	7.28	
			8.38-9.94	7.80-8.18	7.79-8.23	
Temperatura*	C	Termómetro	29.37	28.7	28.7	
			28.0-30.0	30.0	25.0-30.0	
DQO	Mg/L	SM 5220-C	2,506.70	2,357.30	1,147.73	
			S= 45.25	S= 45.25	S= 18.10	
DBO ₅	mg/L	SM//EPA 5210-B	1,485.00	1,555.00	700.00	
Grasas y Aceites	mg/L	M. N. 5520 B	228.20	77.40	74.80	
Sólidos Volátiles	mg/L	M.N. 5220-C		1,544.0	952.5	
				S=24.0	S= 20.5	
Sólidos Suspendidos	mg/L	M. N. 2540-D	641.20	578.00	345.55	
			S= 1.41	S= 0.00	S= 0.78	
Sólidos Sedimentados *	mL/L	M.N 2540-F	7.25	3.3	7.25	
			4.0-10.0	1.5-5.0	4.0-10.0	
Nitrógeno	mg/L	SM//EPA 4500-B	238.45	239.68	240.89	

Abreviaturas y Símbolos: S.M: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23RD 2017; EPA: ENVIRONMENTAL Protection Agency; M.N: Métodos normalizados, 20ª edición. APHA, AWWA; ≤: al límite de detección que se especifica por parámetro

DECLARACION: Este informe refleja el resultado de los parámetros analizados a solicitud del cliente a la(s) muestra(s) tomada(s) por personal del laboratorio, en el (los) punto(s) señalado(s) por él mismo

Muestra N° 1, Canal con Rejilla
Muestra N° 2, Afluente, entrada al Reactor Anaerobio
Muestra N° 3, Efluente, Salida del Reactor Anaerobio





Ing. Dionisio Vidal Cáceres A.
 Coordinador del Programa Biomasa

Ing. Oscar López Molina
 Analista

Cc.:
Archivo

Pag.
 1/1

"P-VIT/BIOMASA" - UNI/RUPAP, Costado Sur de Villa Progreso, Semáforos Villa Progreso, 4 C, al Este, Managua, Nicaragua, email: biomasa@pvit.uni.edu.ni, Teléfono: (505)22490936-37
 Correo: vidacla62@yahoo.com; Celular: (505) 88874573 (M)



No. de cotización: 1551
Matriz de muestra: Agua Residual
Fuente: Industrial/Matadero
Cliente: PROINCASA
Atención: Lic. Wilfredo Figueroa
Fecha: 15/05/19

Código: 46-1551-06-19
Telf: 88100011
email: haroldsilva71@gmail.com;
email: proincasa@hotmail.com;
Dirección: Km., 15 1/2, carretera Norte Managua
Fecha de entrega: 11/06/19

INFORME DE ENSAYO Y/O ANALISIS

ANALISIS	MUESTRA					
	Unidad	Método	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
pH*		Potenciométrico				8.02 7.20-7.44
Temperatura*	C	Termómetro				30.0
DQO	Mg/L	SM 5220-C				43.73 S= 4.53
DBO ₅	mg/L	SM/EPA 5210-B				13.66
Grasas y Aceites	mg/L	M. N. 5520 B				24.6
Sólidos Suspendidos	mg/L	M. N. 2540-D				0.16 S= 0.00
Sólidos Sedimentados *	mL/L	M.N 2540-F				0.0
Nitrógeno	mg/L	SM/EPA 4500-B				4.08

Abreviaturas y Símbolos: S.M: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23RD 2017; EPA: ENVIRONMENTAL Protection Agency; M.N: Métodos normalizados, 20ª edición. APHA, AWWA; ≤ al límite de detección que se especifica por parámetro.

DECLARACION: Este informe refleja el resultado de los parámetros analizados a solicitud del cliente a la(s) muestra(s) tomada(s) por personal del laboratorio, en el (los) punto(s) señalado(s) por él mismo.

Muestra N° 4, Efluente final de la PTARI "Biofiltros"


Ing. Oscar López Molina
Analista




Ing. Dionisio Vidal Cáceres A.
Coordinador del Programa Biomasa

Cc.:
Archivo

Pag.
1/1



No. de cotización: 1553
Matriz de muestra: Agua Residual
Fuente: Industrial/Matadero
Cliente: PROINCASA
Atención: Lic. Wilfredo Figueroa
Fecha: 27/06/19

Código: 46-1553-07-19
Telf: 88100011
email: haroldsilva71@gmail.com;
email: proincasa@hotmail.com;
Dirección: Km., 15 1/2, carretera Norte Managua.
Fecha de entrega: 10/07/19

INFORME DE ENSAYO Y/O ANALISIS

ANALISIS	MUESTRA				
	Unidad	Método	No. 1	No. 2	No. 3
Coliforme Fecales	NMP-100 ml	SMWW XXI ed.	7.8*10		
Coliforme Totales	NMP-100 ml	SMWW XXI ed.	1.7*10 ³		

M. N: Métodos normalizados, 20th edición. APHA, AWWA

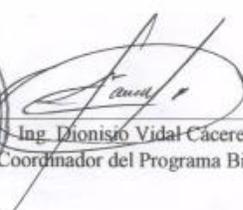
DECLARACION: Este informe refleja el resultado de los parámetros analizados a solicitud del cliente a la(s) muestra(s) tomada(s) por personal del laboratorio, en el (los) punto(s) señalado(s) por él mismo

Descripción de las muestras: muestra compuesta proporcional al tiempo (8 horas, cada hora)

Muestra N° 1 Efluente, Salida del STARI: " Biofiltros "


Ing. Oscar López.
Analista




Ing. Dionisio Vidal Cáceres A.
Coordinador del Programa Biomasa

Cc: Archivo

Pág. 1/1

LCB71
26/07/19
9:00 a.m.

Fuente: Laboratorio BIOMASA – PVIT -UNI, para los tres muestreos realizados.

PROMOTORA INDUSTRIAL DE CARNES, S.A. “PROINCASA”

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

Elaborado por:

Msc. Ing. Dionisio Vidal Cáceres

Actualizado por:

Kevin Daniel Ramos Alvarado
Anibal Alexander Baltodano Rodríguez
Alejandro Salvador Mora Pineda

Fecha de Actualización:

Septiembre 2019

Contenido

I. - INTRODUCCION.....	119
II.– DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES NECESARIAS PARA OPERAR Y MANTENER EL SISTEMA DE TRATAMIENTO	119
2.1. - actividades para el arranque del sistema	119
2.1.1. - Digestor anaerobio.....	119
2.1.2. – Biofiltro	121
2.2. - Actividades de operación y mantenimiento del sistema	122
2.2.1. - Programa completo de monitoreo para el control del sistema	123
2.2.1.1. –Pila de hidrólisis	123
2.2.1.2. - Etapa anaerobia.....	123
2.2.1.3. - Sistema de tratamiento en general	124
2.2.2. - Listado y frecuencia de actividades rutinarias de operación y mantenimiento. 124	
2.2.2.1. - Canal de entrada con rejilla y desarenador.....	124
2.2.2.2.- Pozo húmedo.....	125
2.2.2.3. - Pila de hidrólisis	125
2.2.2.4. - Criba	125
2.2.2.5. - Digestor anaerobio.....	125
2.2.2.6. - Pila de efluente	127
2.2.2.7.- Biofiltro de flujo horizontal	127
2.2.2.8. – Pila de secado de lodos	127
2.2.2.9. - Predio del sistema de tratamiento.....	128
III. – OPERACION Y CONTROL DEL DIGESTOR ANAEROBIO	129
3.1. – DQO (demanda química de oxígeno)	129
3.2. – Medición del pH.....	129
3.2.1. – Métodos para la medición del pH.....	130

3.3. – Determinación del factor de alcalinidad.....	131
3.3.1. – Materiales para el factor de alcalinidad.....	131
3.3.2. – Procedimiento	132
3.3.3. – Calculo del factor de alcalinidad.....	133
3.4. – Flujo de alimentación al digestor.....	133
3.5. – Determinación de la calidad del biogás	134
3.5.1. - Materiales para el análisis de la calidad del biogás	134
3.5.2. – Procedimiento	135
IV. – NORMAS DE SEGURIDAD EN LA PLANTA DE BIOGAS.....	137



I. - INTRODUCCION

El presente manual ha sido creado con el objetivo de brindar a los operadores responsables del manejo del sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales provenientes del matadero PROINCASA, una guía para la operación y mantenimiento de las diferentes etapas que lo conforman.

El efluente de este sistema debe cumplir con los parámetros establecidos en el Decreto 33-95. Hoy actualizado al decreto 21-2017 del MARENA para este tipo de industria, lo cual no representa ningún inconveniente pues existen evidencias prácticas en sistemas de tratamiento que se encuentran funcionando actualmente en el país en los que se ha utilizado este tipo de tecnología, de que estos valores se pueden alcanzar. Sin embargo, es de vital importancia la implementación de actividades rutinarias de operación y mantenimiento porque garantizan el correcto funcionamiento y la remoción esperada en el sistema, actividades que a continuación se describen con detalle.

II.- DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES NECESARIAS PARA OPERAR Y MANTENER EL SISTEMA DE TRATAMIENTO

El sistema de tratamiento construido tiene la capacidad de tratar las aguas residuales generadas en el proceso de matanza de ganado bovino, cuya cantidad se estimó en 100 m³/día. Las diferentes etapas que lo conforman se observan en el diagrama 1.

2.1. - actividades para el arranque del sistema

2.1.1. - Digestor anaerobio

El arranque del digestor debe hacerse de forma cuidadosa, puesto que es la parte fundamental en el sistema de tratamiento debido a que remueve una parte muy

importante de la carga orgánica contaminante. Las actividades por realizar para el arranque se pueden resumir en las siguientes:

1. Extraer un inóculo de un sistema de tratamiento anaerobio funcionando satisfactoriamente y con plena carga durante más de un año, utilizado para el tratamiento de aguas residuales provenientes de plantas industriales con similares características. El inóculo debe consistir en lodo digerido con una concentración de sólidos suspendidos totales mayor o igual que 5%.
2. Llenar el digestor con agua limpia e inocularlo con el lodo digerido seleccionado cuando se requiere arrancar la planta por primera vez. El volumen de inóculo debe ser entre 10% y 15% del volumen útil del digestor.
3. Esperar hasta que el agua con el inóculo alcance la temperatura de operación del sistema (normalmente 30°C).
4. Posteriormente iniciar con una alimentación uniforme de aguas residuales frescas provenientes del proceso de matanza, aproximadamente con un 25 % de la carga orgánica diaria de diseño e incrementar la misma gradualmente durante las siguientes 6 semanas.
5. Realizar un control continuo de algunos parámetros que permiten monitorear el comportamiento del digestor y tomar a tiempo medidas correctivas en caso de que éste presente anomalías o problemas operativos. Estos análisis comprenden:
 - Control de la carga orgánica del agua cruda por medio de análisis periódicos de DQO, N-Kjeldahl y amonio.
 - Determinaciones diarias de pH y factor de alcalinidad en el afluente y efluente del digestor.
 - Mediciones periódicas de temperatura, producción de biogás y contenido de CO₂ en el biogás.

6. Con este tipo de arranque y una alimentación progresiva de forma controlada, se puede lograr condiciones normales y estables de operación del digestor en un plazo aproximado de 30 a 40 días, sin la necesidad de adición de reactivos químicos para el control del pH.
7. En caso de presentarse problemas en el arranque del sistema, se debe considerar también el análisis de otros parámetros que pueden indicar el origen y solución de los problemas que se presenten. Entre estos análisis se encuentran sólidos suspendidos, volátiles y sedimentables, así como los ácidos grasos volátiles.

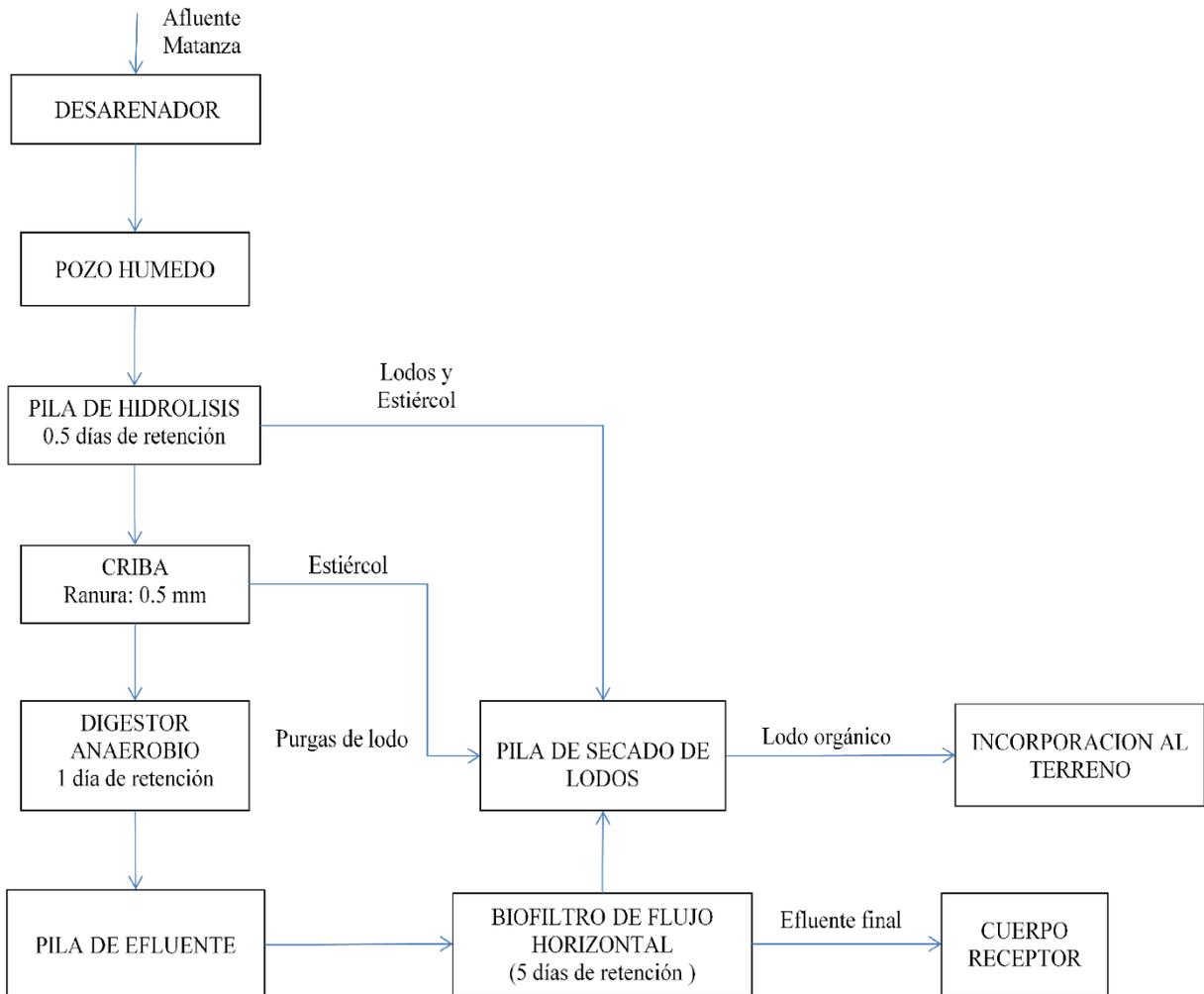
En dependencia del problema detectado, el responsable de la planta de tratamiento considerará los cambios o variaciones en el arranque y manejo del sistema anaerobio, entre ellos están suspender temporalmente la alimentación del sistema, diluir el agua contenida en el digestor con agua limpia, agregar reactivos como cal y carbonato sódico para el ajuste del pH y alcalinidad

2.1.2. – Biofiltro

Esperar que el Biofiltro se llene completamente con las aguas residuales pretratadas hasta que éstas alcancen un nivel 10 cm por debajo de la superficie del lecho filtrante para iniciar la siembra de las plantas.

Sembrar las plantas en la superficie del lecho filtrante utilizando yemas que contengan al menos dos nudos, separadas una distancia de 1 m en ambas direcciones.

Diagrama N° 1: Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales de PROINCASA



2.2. - Actividades de operación y mantenimiento del sistema

La base para alcanzar una buena eficiencia de remoción del sistema de tratamiento construido es el buen funcionamiento del digester anaerobio. La operación y el control del digester anaerobio requiere de un manejo integral, porque además de las actividades desarrolladas por el operador, se requiere de análisis de campo y de laboratorio que complementan la información necesaria para el monitoreo adecuado de esta unidad. Las operaciones rutinarias que realizar en las diferentes etapas de tratamiento son múltiples e incluyen actividades de mantenimiento, limpieza y análisis de control.

2.2.1. - Programa completo de monitoreo para el control del sistema

2.2.1.1. –Pila de hidrólisis

Medición del caudal afluente al sistema de tratamiento. Esto se puede hacer midiendo la altura de agua dentro de la pila de hidrólisis con una regla graduada cada 24 horas.

2.2.1.2. - Etapa anaerobia

Mediciones diarias del pH en el afluente y efluente del digestor.

Determinación del factor de alcalinidad en el efluente del digestor y análisis periódicos de DQO en afluente y efluente del mismo.

Medir de la producción de Biogás y efectuar análisis de la composición de este (% de CH₄, CO₂).

Realización de un test visual para determinar la calidad del biogás; normal: llama tiene color amarillo con base azul; exceso de CO₂: llama tiene color azul y es inestable; exceso de H₂O: llama tiene color naranja y humo.

Realización de pruebas del olor que desprenden el biogás y los lodos digeridos que puedan dar indicios sobre el funcionamiento del sistema, tales como olor séptico, podrido, bien digerido, etc.

2.2.1.3. - Sistema de tratamiento en general

Realización de muestreos compuestos del afluente y efluente del sistema. Estos muestreos se realizarán generalmente cada 6 meses. Los parámetros por analizar en estos muestreos son los establecidos en el Decreto 33-95 de MARENA Hoy actualizado al decreto 21-2017 del MARENA, incluyendo: pH, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, DBO₅, DQO, y Grasas y Aceites y nitrógeno total.

Los resultados de todos estos análisis deben ser utilizados para una buena operación y control del sistema de tratamiento y sirven para resolver rápidamente problemas de funcionamiento del mismo.

2.2.2. - Listado y frecuencia de actividades rutinarias de operación y mantenimiento.

2.2.2.1. - Canal de entrada con rejilla y desarenador

Limpiar los sólidos sedimentados en el fondo del canal y trasladarlos a la pila de secado de lodos utilizando una carretilla.

Limpiar los sólidos retenidos en la rejilla con un rastrillo y colocarlo en la platina perforada, para luego ser trasladado para su traslado hacia la pila de secado de lodos o el basurero municipal, en dependencia de la naturaleza de estos. Esta actividad se debe realizar diariamente o en intervalos más cortos según sea el grado de obstrucción.

Sacar el material inorgánico acumulado en el fondo del desarenador, una vez por semana o en dependencia de la cantidad de sólidos retenidos, esto se realizará con una pala y trasladarlo a la pila de secado utilizando una carretilla.

Remover la nata flotante acumulada en la superficie del desarenador usando un pascón y trasladar diario estos desechos hacia la pila de secado de lodos mediante una carretilla.

2.2.2.2.- Pozo húmedo

Limpiar diariamente la nata flotante que se acumula en el pozo húmedo utilizando un pascón, trasladando el material retirado a la pila de secado de lodos en una carretilla.

Extraer los lodos acumulados en el fondo del pozo húmedo cada mes, bajando la bomba de semisólidos hasta la losa de piso, para después depositarlos en la pila de secado de lodos.

2.2.2.3. - Pila de hidrólisis

Limpiar diariamente la nata flotante que se acumula en la pila de hidrólisis utilizando un pascón, trasladando el material retirado a la losa de secado de lodos en una carretilla.

Extraer los lodos acumulados en el fondo de la pila de hidrólisis cada mes, abriendo la válvula, para ser conducido hacia la pila de secado de lodo.

Controlar diariamente el volumen de agua residual que se alimentará al digestor. Determinar pH en el afluente y efluente de la pila de hidrólisis dos veces al día.

2.2.2.4. - Criba

Retirar el material sólido depositado en el recipiente colocado al pie de la criba y trasladarlo a la pila de secado. Este recipiente recibe los sólidos retenidos en la malla de la criba, los cuales se deslizan hacia abajo hasta caer en el mismo.

Limpiar una vez al día la malla metálica de la criba utilizando un cepillo y agua a presión.

2.2.2.5. - Digestor anaerobio.

La alimentación diaria debe distribuirse en un mínimo de 18 horas para evitar sobrecargas tanto hidráulicas como orgánicas en el tiempo de alimentación.

En el caso de que se construya una instalación para aprovechamiento del Biogás, drenar diario las trampas para la recolección de condensado ubicadas en la tubería que lo conduce hacia el lugar donde se utiliza.

Chequear una vez por semana la estructura de geomembrana, checando la existencia o no de fugas.

Realizar una vez a la semana una inspección de la estructura metálica empernada que acopla la geomembrana a la estructura monolítica. Verificando la ausencia de fugas. De lo contrario ajustar los pernos (socarlos).

Reemplazar los pernos una vez estos hayan alcanzado su vida útil.

Anotar diariamente la producción de biogás por medio del contador de gas instalado antes de su evacuación o aprovechamiento.

Controlar diariamente el nivel y las condiciones de agua dentro del sello de agua del digestor. Ajustar la presión requerida dentro del digestor por medio de los tubos instalados en el sello de agua.

Medir dos veces al día el pH del afluente y efluente del digestor.

Extraer muestras de la primera recámara, usando las válvulas colocadas en la caja de toma de muestras, para determinar el nivel del lodo. Cuando el nivel del lodo alcance el nivel de la válvula intermedia (0.8 m de altura), éste deberá extraerse usando una bomba de semisólidos.

2.2.2.6. - Pila de efluente

Chequear diariamente la nata flotante en esta pila y limpiarla con un pascón cuando sea necesario, trasladando el material recolectado a la pila de secado de lodo usando una carretilla.

Extraer el lodo acumulado en el fondo de la pila cada 3 meses y depositarlo en la pila de secado, utilizando una bomba de semisólidos.

2.2.2.7.- Biofiltro de flujo horizontal

- Remover los lodos en el canal de distribución, con pala y carretilla, una vez al mes y trasladarlo a la pila de secado de lodo.
- Cortar con machete las plantas sembradas en la pila, cada 8 meses o 10 meses (ciclo de crecimiento del carrizo) y quemarlas en un lugar seguro.
- Limpiar la superficie del lecho después del corte con rastrillo, pala y carretilla.

Cambiar el material en el inicio del lecho filtrante (los primeros 2 m), sustituyéndolo con material nuevo; esta actividad se debe realizar cuando se note un flujo superficial a la entrada del Biofiltro (generalmente cada 2 o 3 años).

Controlar diariamente, el espejo de agua en el lecho filtrante, por medio de la manguera flexible ubicada en la caja de recolección.

Realizar una vez al mes una inspección en la tubería de alimentación de los biofiltros y limpiarlos en caso de haber algún tipo de obstrucción.

2.2.2.8. – Pila de secado de lodos

Sacar el lodo de la pila después de aproximadamente 4 meses de estabilización, utilizándolo ya sea para la producción de humus o como mejorador de suelos, incorporándolo al terreno ubicado en los alrededores del sistema.

Chequear diariamente la condición de los lodos depositados encima de la pila. En caso de que se generen problemas de malos olores mezclar los lodos con cal.

2.2.2.9. - Predio del sistema de tratamiento

Mantener la vigilancia sobre el perímetro del sistema de tratamiento, para evitar que personas ajenas al sistema o animales se introduzcan en el área y puedan provocar daños u otro tipo de problemas de operación del sistema.

Mantener limpia el área del sistema, evitando el crecimiento de la vegetación por medio de cortes periódicos de la misma.

III. – OPERACION Y CONTROL DEL DIGESTOR ANAEROBIO

En el transcurso de la operación del digestor anaerobio se tiene que llevar un control diario de ciertos parámetros que nos permiten determinar su comportamiento, estos parámetros son registrados entre un técnico de laboratorio y el operador de la planta de proceso. Entre los parámetros más importante están: DQO y pH de alimentación y salida, factor de alcalinidad, caudal de alimentación, solidos sedimentables, calidad y producción de biogás.

3.1. – DQO (demanda química de oxígeno)

En este ensayo se mide la cantidad de materia orgánica en las aguas residuales, utilizando un fuerte agente químico oxidante. Un valor alto de la DQO indica entonces un agua cargada de materia orgánica contaminante que necesita ser tratado, y de acuerdo con la disminución de la DQO disminuirá la contaminación. Las aguas residuales de baja carga se caracterizan por tener rangos entre 100-1,000 mg DQO/L. Este análisis no es necesario realizarlo diario, basta una vez por semana, excepto en el período de arranque que se necesita tener un mayor control y es necesario realizarlo unas 2 veces a la semana.

3.2. – Medición del pH

Es una medida de acidez o alcalinidad de las sustancias, el pH varía de cero a catorce, una sustancia es ácida cuando su pH es menor de 7, es básica cuando es mayor de 7 y neutra cuando su valor es 7. Como ejemplo de mezclas de sustancias ácidas están el vinagre, las gaseosas, las aguas de las mieles del café, el ácido de batería, etc., entre las sustancias básicas se pueden mencionar la lechada de cal, hidróxido de sodio, alumín, leche de magnesia, etc.

El digestor debe trabajar con un pH alrededor de 7.00, (entre 6.8 y 7.4), por lo tanto, cuando se observe que se está alejando de este rango es necesario de tomar algunas precauciones, se deben tomar algunas de las medidas especificadas en el acápite 3.3 y si el problema sigue es mejor de llamar a un experto en digestores.

3.2.1. – Métodos para la medición del pH

Por medio de un papel cinta que tiene una escala de colores para poder determinar el pH de la sustancia por comparación con la escala de colores que trae cada caja de la cinta.

Utilizando un aparato que mide el pH del agua por medio de un electrodo de vidrio, en base de fenómenos electroquímicos, este aparato se conoce como pH-metro.

Para el control del pH del digestor es necesario contar con un pH-metro, pues este proporciona la exactitud requerida. Para medir el pH de una muestra se hace lo siguiente:

Primero se debe calibrar (ajustar) el pH-metro con soluciones que tienen un pH conocido. La forma de calibración del pH-metro depende de su tipo y se encuentra establecida en el manual de operación del aparato.

Una vez calibrado, se toma la muestra de la solución a medir en un vaso de boca ancha, luego se introduce el electrodo del pH-metro en la solución y se espera que la pantalla del equipo se estabilice y se anota el número que marca la pantalla. (véase figura 1)

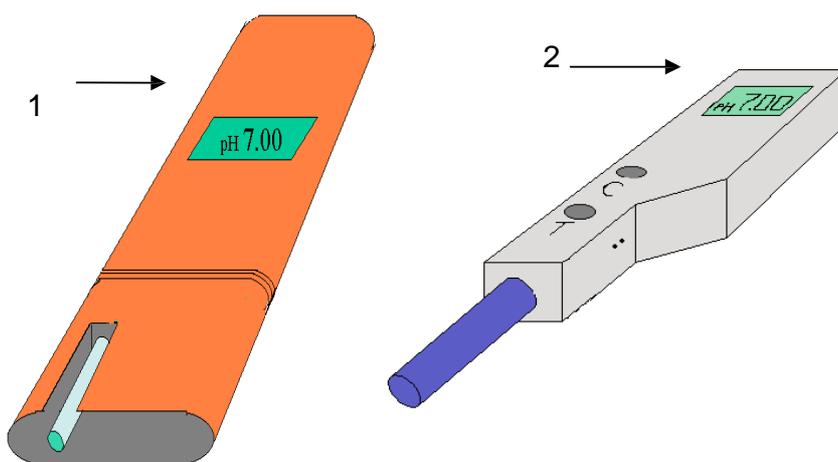


Figura 3-0-1.: Esquema de diferentes pH-metros, (1) pH-metro de bolsillo, (2) pH-metro portátil

3.3. – Determinación del factor de alcalinidad

El proceso anaeróbico da lugar a la formación de ácidos conocidos como ácidos grasos volátiles, (AGV), los cuales pueden afectar el rendimiento del digestor cuando se producen en grandes cantidades. Para el control de estos ácidos, se realiza la determinación del factor de alcalinidad, la cual puede hacerse fácilmente agregando ácido clorhídrico a la muestra, hasta un pH de 4.3.

En la práctica se ha determinado que valores por encima de 0.35 indican que el digestor presenta peligro de acidificación, por lo que se debe trabajar de forma tal que este valor esté comprendido entre 0.20 - 0.35.

3.3.1. – Materiales para el factor de alcalinidad

Para realizar este análisis se necesitan algunos materiales que son propios de un laboratorio, tales como: (véase figura 2)

- 1 Mariposa
- 1 Beaker de 300 mL
- 1 pH-metro
- 1 Probeta de 100 mL
- 1 Bureta de 50 mL
- 1 Soporte universal
- Ácido clorhídrico 0.24 N (diluir 20mL de ácido clorhídrico concentrado con 980 mL de agua destilada).

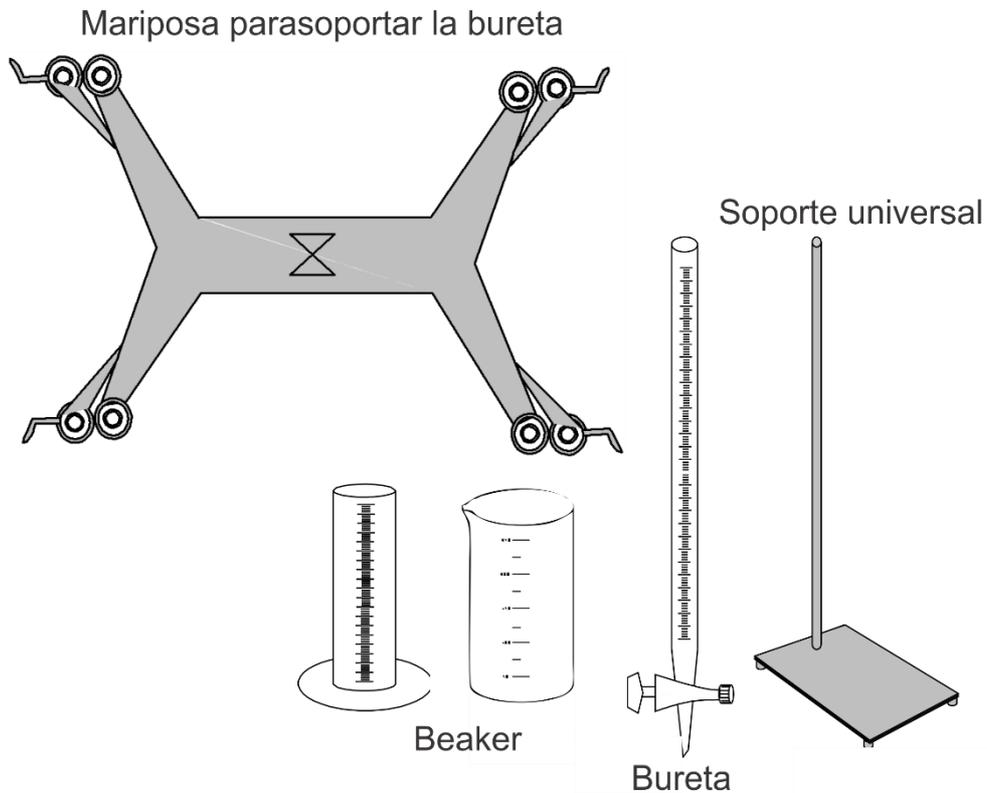


Figura 3-0-1. Esquema de diferentes instrumentos para la determinación del factor de alcalinidad.

3.3.2. – Procedimiento

1. Llenar la bureta de 50 IL con ácido clorhídrico 0.25 N.
2. En un beaker de 300 ml se añaden 100 ml del efluente del digestor.
3. Introducir el electrodo del pH-metro dentro del beaker que contiene la muestra, de forma que siempre esté en contacto con la muestra.

Empezar a agregar poco a poco el ácido clorhídrico que está en la bureta. Cuando se empieza a añadir el ácido es necesario mover suavemente el beaker de forma circular y se notará en la pantalla del pH-metro que el pH disminuye, por lo tanto hay que observar el momento en que el pH-metro marca el valor de 5.75; en ese momento se anota la cantidad de ácido que se ha agregado al beaker y se continúa añadiendo ácido hasta que el pH-metro marca el valor de 4.3.

3.3.3. – Calculo del factor de alcalinidad

$$\text{Factor de alcalinidad} = \frac{b - a}{b}$$

a: Volumen de ácido consumido a pH=5.75

b: Volumen de ácido consumido a pH = 4.30

3.4. – Flujo de alimentación al digestor

La medición del flujo de alimentación se realiza en la pila de hidrólisis. Dado que se instalará una tubería de retorno hacia esta pila para permitir regular el flujo bombeado hacia el Digestor, inicialmente se deben efectuar ensayos para determinar el flujo bombeado en función de la abertura de la válvula de retorno. Luego, el flujo diario alimentado se puede determinar multiplicando el número de horas de funcionamiento de la bomba por el flujo bombeado según la abertura de la válvula.

Para verificar este valor, se mide la diferencia de altura del agua dentro de la pila de hidrólisis durante los ensayos, luego ese valor se multiplica por el valor del área de la pila de hidrólisis. En el caso de la pila de hidrólisis del matadero de PROINCASA tiene un área de 28 m². (Véase tabla 3.4-a).

Tabla 3.1. Volumen alimentado al digestor anaerobio

Diferencia de	Volumen Alimentado en m ³	Diferencia de	Volumen Alimentado en m ³	Diferencia de	Volumen Alimentado en m ³
5	1.4	90	25.2	180	50.4
10	2.8	100	28	190	53.2
20	5.6	110	30.8	200	56
30	8.4	120	33.6	210	58.8
40	11.2	130	36.4	220	61.6
50	14	140	39.2	230	64.4
60	16.8	150	42	240	67.2
70	19.6	160	44.8	250	70
80	22.4	170	47.6	**	**

3.5. – Determinación de la calidad del biogás

El biogás de buena calidad debe tener un contenido de metano mayor de 60%, ya que es el que le da el valor calorífico al biogás, por lo tanto, es necesario determinar la calidad del mismo.

3.5.1. - Materiales para el análisis de la calidad del biogás

Para realizar este análisis se necesitan los materiales siguientes:

1. Bolsas para toma de muestras de biogás.
2. Jeringas de 50 cc.
3. Agujas de 0.8 x 120 mm. Soporte universal.
4. Porta bureta.
5. Pera.
6. Bureta con escala invertida de 50 ml. Solución de hidróxido de sodio al 30%.
Beaker de 400 ml. (véase figura 3.5.1).

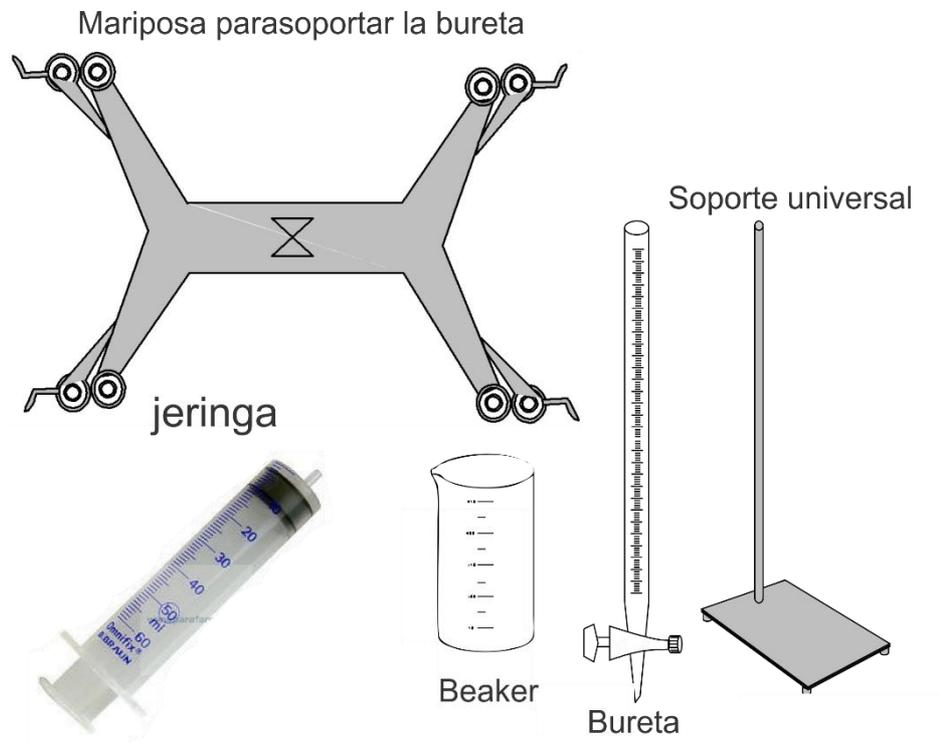


Figura 3-1. Esquema de diferentes instrumentos para la determinación del % de metano.

3.5.2. – Procedimiento

1. La toma de muestra de biogás se realiza utilizando una bolsa diseñada para toma de muestras de gases.
2. Se coloca la bureta en el soporte sujeta con la porta bureta, con la pera en el extremo superior, mientras que el extremo inferior se sumerge en una solución de NaOH al 30% contenida en un beaker de 400 ml.
3. Se llena la bureta con solución de NaOH hasta la marca inicial utilizando la pera.
4. Se extraen de la bolsa 50 ml de biogás con una jeringa y se inyectan lentamente en la bureta de 50 ml que contiene hidróxido de sodio. La aguja utilizada para inyectar el biogás en la bureta debe ser doblada convenientemente para posibilitar su introducción en la misma a través de la solución contenida en el beaker.
5. Al pasar el biogás por la solución de NaOH, el dióxido de carbono es absorbido mientras que el metano desplaza a la solución contenida dentro de la bureta. El volumen desplazado se lee en la bureta y representa el contenido de metano en la muestra.

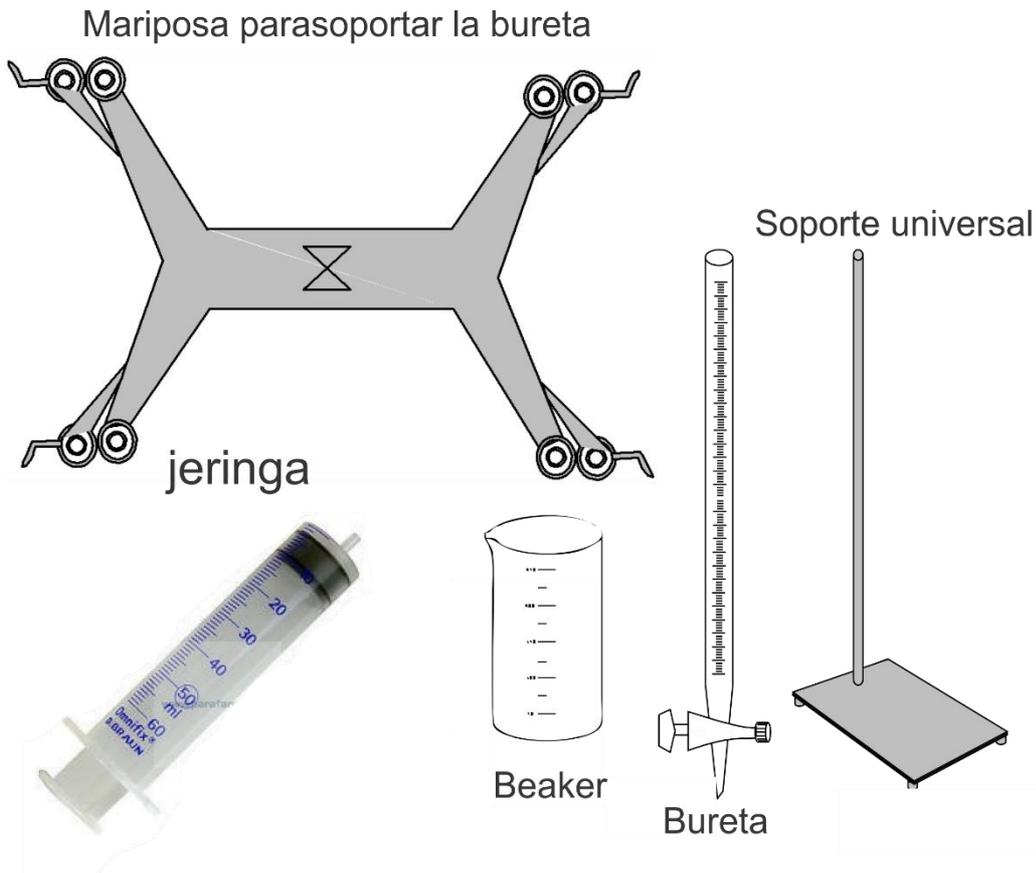


Figura 3-1. INSTRUMENTOS PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE METANO EN EL BIOGAS

El cálculo para el porcentaje de metano en la muestra de biogás se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ de Metano} = \text{Vol. de hidróxido de sodio desplazado} \times 2$$

A continuación, se presenta la tabla 3.6.2 en la cual aparecen los rangos recomendados de los parámetros principales en el proceso de eliminación de la contaminación en forma anaerobia.

Tabla 0-1. Rango de parámetros permisible

Parámetro	Valor que indica	Valor que indica
pH de salida	6.8 – 7.4	> 7.6 - < 6.8
Factor de alcalinidad	0.20 – 0.35	> 0.35
% de metano	> 60	< 55

IV. – NORMAS DE SEGURIDAD EN LA PLANTA DE BIOGAS

Debido a las características de los elementos del sistema de tratamiento es necesario tomar algunas medidas de seguridad, para evitar accidentes.

Es preferible que el área esté completamente cercada, para evitar que entren niños, personas no autorizadas o animales que pueden dañar o sustraer algunos componentes del sistema (p.e. bombas, accesorios eléctricos, etc.).

El biogás es combustible, por lo tanto, es estrictamente prohibido encender fuego o fumar en las proximidades del sistema de tratamiento.

Si existe una fuga de biogás se debe localizar usando agua jabonosa, en el lugar donde se encuentra la fuga al echar agua jabonosa se formará una burbuja de jabón.

Es necesario mantener limpia de malezas la planta de tratamiento

MANUAL DE OPERACIONES DEL LA PTARI

Tabla 4-1. ACTIVIDADES RUTINARIAS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO LA PTARI DEL MATADERO “PROINCASA”

ACTIVIDADES	MATERIALES NECESARIOS	FRECUENCIA	DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS
Canal de entrada con rejilla - Limpiar la rejilla - Limpiar los sólidos acumulados en el fondo del canal	Rastrillo, pala y carretilla Pala y carretilla	Diario o cuando se note obstrucción de la rejilla	Pila de secado de lodos y basurero municipal Pila de secado de lodos
Desarenador - Remover los sólidos acumulados en el fondo	Pala y carretilla Pascón y carretilla	Una vez por semana Diario	Pila de secado de lodos Pila de secado de lodos
Pozo húmedo - Remover los sólidos acumulados en el fondo - Remover la nata flotante	Bomba Pascón y carretilla	Una vez por mes Diario	Pila de secado de lodos Pila de secado de lodos
<i>Pila de hidrólisis</i> - Remover la nata flotante - Remover el lodo acumulado en el fondo - Determinar el pH, en el afluente y efluente	Pascón, pala y carretilla Válvula del fondo pH-metro Bomba sumergible y válvula de retorno	Una o dos veces por semana Una vez al mes Dos veces al día Diario	Pila de secado de lodos Pila de secado de lodos
<i>Criba</i> - Trasladar sólidos acumulados en recipiente - Limpiar malla de la criba	Recipiente Cepillo y agua a presión	En dependencia de la cantidad de sólidos Diario	Pila de secado de lodos
<i>Digestor anaerobio</i> - La alimentación debe mantenerse constante - Drenar el agua condensada en la tubería de biogás - Chequear el domo metálico para detectar fugas - Controlar el nivel de agua del sello de agua - Monitorear la producción de Biogás - Pintar el domo metálico - Medir el pH del afluente y efluente	Contador de gas Ventilador, brocha y pintura anticorrosiva pH-metro Bomba de semisólidos Agua a presión y válvulas del fondo	Diario Una vez al año Diario Cuando la altura alcance 0.8 m Cuando se note disminución de la capacidad de filtración	Pila de secado de lodo Pila de secado de lodos
<i>Pila de efluente</i> - Limpiar nata flotante - Extraer lodos del fondo	Pascón y carretilla Bomba de semisólidos	En dependencia de la cantidad de nata Cada 3 meses	Pila de secado de lodos Pila de secado de lodos

MANUAL DE OPERACIONES DEL LA PTARI

<p><i>Biofiltro de flujo horizontal</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Remover los lodos sedimentados en el canal de distribución - Cortar las plantas sembradas en la pila - Limpiar la superficie del lecho después del corte - Reponer el material en el inicio del lecho filtrante - Controlar el espejo de agua en el lecho filtrante 	<p>Pala y carretilla</p> <p>Machete</p> <p>Rastrillo, pala y carretilla</p> <p>Pico, pala, carretilla y material nuevo con las mismas características del lecho filtrante</p> <p>Manquera flexible ubicada en la caja</p>	<p>Una vez al mes Entre 8 y 10 meses Entre 8 y 10 meses</p> <p>Cuando se note un flujo superficial al inicio del lecho filtrante</p>	<p>Pila de secado de lodos</p> <p>Quemar</p> <p>Puede utilizarse como material selecto-</p>
---	---	--	--

PARAMETROS A ANALIZAR PARA EL CONTROL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE “PROINCASA”

PARAMETRO	PUNTO DE MUESTREO	MATERIALES	FRECUENCIA	ADVERTENCIAS
Caudal	Pila de hidrólisis	Tiempo de bombeo y nivel de agua en la pila	Diario	
pH	Entrada y salida del digestor y pila de hidrólisis	pH-metro, soluciones de calibración	Diario, dos veces al día	Los valores de pH deben estar entre 6.8 y 7.6
DQO	Entrada y salida del digestor	El análisis debe ser realizado en un laboratorio certificado	Al menos dos veces al mes, mediante un muestreo puntual	La reducción de DQO debe ser mayor que el 55%
% de metano en el biogás	Válvula para la toma de muestra en la tubería del gas	Beaker, bureta, pera, porta bureta, soporte, agujas, jeringa, bolsas, NaOH	Dos veces al mes	El porcentaje de metano debe ser mayor que 55%
Sólidos volátiles	Entrada y salida del digestor	El análisis debe ser realizado en un laboratorio certificado	Cada 6 meses	
Factor de alcalinidad	Salida del digestor	Probeta, bureta, soporte, porta bureta, beaker, pH-metro, HCl	Diario	Los valores obtenidos deben estar entre 0.2 y 0.4
SST, SS, DBO, grasas y aceites	Canal de entrada y salida del digestor	Los análisis deben ser realizados en un laboratorio certificado	Cada 3 meses, mediante un muestreo compuesto	Los valores deben ser menores que los establecidos en el decreto 33-95 de MARENA Hoy actualizado al decreto 21-2017 del MARENA

SST: Sólidos suspendidos totales; SS: Sólidos sedimentables; DBO: Demanda bioquímica de oxígeno; DQO: Demanda Química de Oxígeno