



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**SISTEMA DE REMOCIÓN DE LA D.B.O. UTILIZANDO BIOPELÍCULAS
SUSPENDIDAS MÓVILES. CASO DE ESTUDIO: PLANTA DE
TRATAMIENTO LA ENTRADA, MUNICIPIO NAGUANAGUA. ESTADO
CARABOBO.**

Autores:

Dugarte del B. Carlos D.

Ulacio N. Luis F.

Urb. Yuma II, calle N°3. Municipio San Diego
Teléfono:(0241)8714240(master) – Fax:(0241)8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**SISTEMA DE REMOCIÓN DE LA D.B.O. UTILIZANDO BIOPELÍCULAS
SUSPENDIDAS MÓVILES. CASO DE ESTUDIO: PLANTA DE
TRATAMIENTO LA ENTRADA, MUNICIPIO NAGUANAGUA, ESTADO
CARABOBO.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO CIVIL**

Autores:

Dugarte del B. Carlos D.

C.I.: 21.018.245

Ulacio N. Luis F.

C.I.: 25.881.758

Tutor Académico:

MSc. Jutzy Herrada

San Diego, abril del 2021



FI-L-008-2020-3CR (TG)

Valencia, 22 de marzo de 2021

Ciudadanos:

ULACIO, LUIS FERNANDO.

C.I 25.881.758

DUGARTE DEL BURGO, CARLOS DANIEL.

C.I 21.018.245

Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2021 de fecha 19-01-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado ***SISTEMA DE REMOCIÓN DE LA D.B.O. UTILIZANDO BIOPELÍCULAS SUSPENDIDAS MÓVILES. CASO DE ESTUDIO: PLANTA DE TRATAMIENTO LA ENTRADA, MUNICIPIO NAGUANAGUA. ESTADO CARABOBO*** Presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación de la Ing. Jutzzy Herrada C.I: 12.809.606 como Tutora Académica que los asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.
Decano

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

GF/fm



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, MSc. **Jutzy Herrada** portadora de la cédula de identidad N°**12.809.606** en mi carácter de tutor de trabajo de grado presentado por los ciudadanos **Dugarte Del Burgo Carlos Daniel**, portador de la cédula de identidad N° **21.018.245** y **Ulacio Navarro Luis Fernando**, portador de la cédula de identidad N° **25.881.758**, titulado “**SISTEMA DE REMOCIÓN DE LA D.B.O. UTILIZANDO BIOPELÍCULAS SUSPENDIDAS MÓVILES. CASO DE ESTUDIO: PLANTA DE TRATAMIENTO LA ENTRADA, MUNICIPIO NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO.**” Presentado como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO CIVIL**, Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 05 días del mes de abril del año 2021.

MSc. Jutzy Herrada

C.I: 12809606

AGRADECIMIENTO

Como compañeros queremos agradecerle a nuestra tutora de trabajo de grado la profesora Jutzy Herrada por su colaboración, apoyo y dedicación en la elaboración de nuestro trabajo de grado, ella ha sido una gran amiga para nuestra formación universitaria. Además, queremos agradecer al profesor Manuel Figueira por el apoyo brindado durante la carrera.

Carlos Dugarte y Luis Ulacio

DEDICATORIA

Dedico esta meta cumplida primeramente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este tan importante de mi formación profesional. A mis padres Carlos Dugarte y Bettina Del Burgo y mi hermano Juan Pablo por ser los pilares más importantes por demostrarme su cariño y apoyo incondicional.

También quiero agradecer a mi compañero de tesis Luis Ulacio por su colaboración y apoyo en todo momento y por siempre dar lo mejor para seguir adelante.

Carlos Dugarte

DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios por darme la dicha de cumplir una meta más en mi vida, estoy sumamente agradecido con todas las personas increíbles que formaron parte de este camino junto a mí, soy muy afortunado de poder contar con ustedes.

A mi familia, principalmente a mis padres Teodoro Ulacio y Maigualida Navarro, gracias por todo su apoyo en esta etapa de mi vida, por formarnos y guiarnos con tanto amor, y a mis hermanas María Fernanda, María Laura y María Gabriela, comparto esta meta realizada con ustedes y estoy seguro de que este triunfo les da tanta felicidad como a mí, juntos formamos un gran equipo.

También quiero mencionar a toda mi hermosa familia, sé que somos demasiados y que una página no bastará para mencionarlos a todos abuelos, tíos, primos, etc. Quiero que sepan que estoy sumamente agradecido por apoyarme en todo momento, sé lo difícil que es todo lo que estamos pasando en estos momentos, la vida nos ha golpeado de una manera inexplicable, pero quiero sacarles una sonrisa a sus rostros cuando lean esto, compartiéndoles este triunfo de mi parte para todos ustedes, los amo.

A mis amigos Rafael Mieres, María Victoria Castillo, Fernando Castro, Carlos Angulo, Daniel Hoyos, Arienne Muñoz por todos los momentos compartidos, por siempre estar en las buenas y malas en esta etapa universitaria, sin duda alguna, es una experiencia única e inolvidable.

A mi compañero y futuro colega Carlos Dugarte, por la paciencia y dedicación, juntos hicimos un gran trabajo, que este sea solo el comienzo de todos los éxitos que están por venir.

Luis Fernando Ulacio Navarro.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN INFORMATIVO	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	6
1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación.....	7
1.5 Alcance.....	8
1.6 Limitaciones.....	8
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	9
2.2 Bases Teóricas.....	10
2.2.1 Plantas de Tratamiento.....	11
2.2.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	11
2.2.3 Método para determinar DBO.....	12
2.2.4 La película de lama microbiana.....	13
2.2.5 Desarrollo de la película.....	14
2.2.6 Principios Básicas de la Biopelícula Suspendidas.....	16
2.2.7 Evaluación de la Demanda de Oxígeno.....	17
2.2.8 Evaluación Química de la Demanda de Oxígeno.....	19
2.2.9 Demanda Bioquímica o biológica de oxígeno.....	20
2.2.9.1 Sumario y Aplicaciones.....	20
2.2.9.2 Limitaciones e Interferencias	20
2.2.9.3 Toma y preservación de muestras.....	21
2.3 Bases Legales.....	22
2.4 Definición de términos.....	23
III MARCO METODOLÓGICO	
3.1 Tipo de investigación.....	25
3.2 Diseño de la investigación.....	26
3.3 Nivel de la investigación.....	26
3.4 Población y Muestra.....	26
3.5 Técnicas de recolección de datos.....	27

3.6	Instrumento de recolección de datos.....	27
3.7	Fases Metodológicas.....	29
IV RESULTADOS		
4.1	Fases de la Investigación.....	33
4.1.1	Fase I Diagnosticar las condiciones actuales en la que se encuentra la planta de tratamiento de aguas residuales de origen domestico.....	31
4.1.2	Fase II Analizar la factibilidad del uso de un sistema de biopelículas suspendidas móviles para la remoción de DBO en aguas residuales de origen domestico.....	33
4.1.3	Fase III Proponer un diseño para la remoción de la DBO en aguas residuales de origen doméstico, utilizando un sistema de biopelículas suspendidas móviles.....	36
CONCLUSIONES.....		48
RECOMENDACIONES.....		50
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		52

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Pág
1	Matriz FODA.....	32
2	Composición típica de aguas residuales domesticas no tratadas.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág
1	Ubicación Geográfica de la planta de tratamiento.....	32
2	Planta de tratamiento de aguas residuales de uso doméstico, La Entrada. Municipio Naguanagua. Estado Carabobo.....	33
3	Reactor biológico con la biopelícula suspendida.....	46
4	Reactor biológico a escala de laboratorio.....	47
5	Biopelícula suspendida antes de ser introducida al reactor.....	47
6	Biopelícula suspendida después de ser introducida al reactor	47



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

SISTEMA DE REMOCIÓN DE LA D.B.O. UTILIZANDO BIOPELÍCULA SUSPENDIDA
MÓVILES. CASO DE ESTUDIO: PLANTA DE TRATAMIENTO LA ENTRADA,
MUNICIPIO
NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO.

Autores: Dugarte Carlos y Ulacio Luis
Tutora: MSc. Jutzy Herrada
Fecha: abril 2021

RESUMEN

La presente investigación consiste en el estudio para la Remoción de la DBO, utilizando biopartículas suspendidas. El parámetro de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), se usa para determinar la contaminación biológica del agua, midiendo los requerimientos de oxígeno demandados por una población de microorganismos, tanto en agua tratada como contaminada. También, se utiliza para determinar la eficiencia de un proceso de tratamiento de aguas y para dimensionar las instalaciones para el tratamiento de las mismas. La depuración de las aguas es un proceso que consiste en la extracción, tratamiento y control sanitario de los productos de los desechos sólidos arrastrados por el agua procedente de viviendas e industrias. En algunas ciudades empezaron a reconocer que los desechos sólidos provocan un gran problema sanitario al momento de su reúso o para otra disposición final. En vista de este grave problema el trabajo presentado a continuación está basado en estudiar la efectividad de una biopelícula suspendida para lo cual se realizó, caracterizando los parámetros físico – químicos y bacteriológicos de las muestras de aguas de la planta de tratamiento de La Entrada y el efecto de estas biopelículas en ellas mismas, logrando de esta manera disminuir el nivel de contaminación y mejorar la calidad de vida en las comunidades. Enmarcado en la modalidad de Proyecto Factible, con apoyo en la investigación documental de campo, con un tipo de investigación Exploratoria, siendo la población y muestra la cantidad de microorganismos presentes en las aguas residuales de origen doméstico de la planta de tratamiento en el sector La Entrada.

Palabras claves: D.B.O., Biopelícula, Biorreactor

INTRODUCCIÓN

A lo largo del último siglo, el desarrollo de tecnologías basadas en microorganismos para el tratamiento de aguas residuales urbanas que incluyen normalmente sólo agua residual doméstica y en algunos casos se combina con aguas residuales industriales, ha proporcionado excelentes procesos para la destrucción de constituyentes biodegradables en condiciones aerobias.

Al descargar cualquier tipo de agua residual doméstica, industrial y de agricultura en un cuerpo receptor, se producen cambios en él, ocasionando diversos efectos tales como mal sabor, olor desagradable, incremento o descenso de temperatura; estas condiciones del agua, traen como consecuencia en los humanos como cólera, tifoidea, disentería y fiebre amarilla. El déficit máximo de oxígeno depende de la interrelación de la utilización biológica de oxígeno y la reaeración.

Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales.

Los materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos; sin embargo, si el material que debe ser eliminado es de naturaleza orgánica, el tratamiento implica usualmente actividades de microorganismos que oxidan y convierten la materia orgánica en CO₂, es por esto que los tratamientos de las aguas de desecho son procesos en los cuales los microorganismos juegan papeles cruciales.

El tratamiento de las aguas residuales da como resultado la eliminación de microorganismos patógenos, evitando así que estos microorganismos lleguen a ríos o a otras fuentes de abastecimiento. Específicamente el tratamiento biológico de las aguas residuales es considerado un tratamiento secundario ya que este está ligado íntimamente a dos procesos microbiológicos, los cuales pueden ser aerobios y anaerobios. El tratamiento secundario de las aguas residuales comprende una serie de reacciones complejas de digestión y fermentación

efectuadas por un huésped de diferentes especies bacterianas, el resultado neto es la conversión de materiales orgánicos en CO₂ y gas metano, este último se puede separar y quemar como una fuente de energía.

Debido a que ambos productos finales son volátiles, el efluente líquido ha disminuido notablemente su contenido en sustancias orgánicas. La eficiencia de un proceso de tratamiento se expresa en términos de porcentaje de disminución de la DBO inicial.

El presente trabajo de grado está estructurado en cuatro capítulos:

Capítulo I: En este primer capítulo se describe el problema, los objetivos, la justificación, el alcance y las limitaciones.

Capítulo II: Constituye el marco teórico: Comprenden las teorías que sustentan la realización del proyecto además el aporte que dan al mismo, las bases teóricas que sustentan la investigación incluyendo la definición de términos básicos.

Capítulo III: Conforman el marco metodológico: Contiene la Metodología para el desarrollo de este trabajo especificando los métodos utilizados para recolectar y analizar a información.

Capítulo IV: Se desarrolló los análisis y resultados que arroja la investigación.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema:

“La vida no podría existir sin agua”. En esta frase están resumidas todas las expectativas de supervivencia del hombre en función del vital líquido. A través de los años los seres humanos han visto con inquietud y preocupación, que cada día los problemas relacionados con la disposición de los líquidos provenientes de uso doméstico, comercial e industrial de las aguas de abastecimiento, demanda mayor atención.

Las masas receptoras, ríos y corrientes subterráneas, lagos, estuarios y el mar, han sido incapaces por si mismas de absorber y neutralizar la carga impuesta por las áreas de mayor población y desarrollo en el país. Ya que estas contienen generalmente cantidades apreciables de compuestos extraños ofensivos a la fauna acuática, a la apariencia física y algo aún peor, a las condiciones sanitarias de tales receptores.

La dilución y la fuerza de auto depuración de estos volúmenes acuícolas no han podido neutralizar la demanda bioquímica de oxígeno, es por ello que estas masas de recepción han venido perdiendo sus condiciones naturales de apariencia física y su capacidad para sustentar una vida acuática adecuada, que responda al equilibrio ecológico que de ellas se espera. Por consiguiente, en numerosas ocasiones pierden aquellas condiciones mínimas que les son exigidas para su racional y adecuado aprovechamiento como fuentes de abastecimiento de agua, como vías de transporte, como medios recreacionales o aún como fuentes de energía.

La gran cantidad de aguas residuales que son vertidas a estos cuerpos de agua, deberán recibir entonces un tratamiento adecuado, capaz de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, a fin de que su disposición no provoque los problemas enunciados de polución y de contaminación de las aguas.

Para ello se cuenta con muchos sistemas de tratamiento, unos más eficientes que otros, y unos más costosos que otros.

En el país, así como en toda Latinoamérica, uno de los objetivos fundamentales, es el de reducir al máximo los costos, tanto de construcción como los de operación. La puesta en marcha de una planta de tratamiento, acarrea unos costos iniciales muy elevados, ya que la mayoría de las tecnologías existentes son proporcionadas por compañías que mantienen sus operaciones en países desarrollados. Inicialmente para ellos los costos también fueron altos, pero la mano de obra calificada, así como el entrenamiento se encontraba muy cerca.

El diseño cada vez es más restringido, lo sofisticado del sistema, así como también, el arte de fabricar ellos mismos las piezas, como, por ejemplo, el agitador del tanque de mezclas, los medidores de flujo ó pérdida de carga y aún los cloradores, todos claves desde el punto de vista operacional, sumado a la mano de obra no calificada trajo consigo que muchos de estos dejaran de funcionar pocos años después de colocados. Aunado a pobres e inexistentes programas de mantenimiento, así como lo complicado a la hora de sustituir cualquiera de estas partes, trae consigo a corto plazo el deterioro y a mediano plazo la paralización de estas escasas plantas, puesto que muchas de ellas no llegan ni a la mitad del tiempo de servicio para la cual fueron diseñadas.

El problema está a la vista, la solución no está en los sistemas actuales, ¿No deberíamos ser capaces de poder tratar el agua que nosotros mismos contaminamos?... “No sería más juicioso pensar en un tipo de planta diferente en el cual el empleo del equipo sea mínimo o su manejo no exceda el nivel industrial y tecnológico del lugar donde se construye” Amundaray Carolina en el año de 1990.

Uno de los principales contaminantes del agua residual doméstica es la carga orgánica biodegradable (medida a través de la demanda bioquímica de oxígeno DBO), vertida a los sistemas hídricos, en algunas ocasiones después de su tratamiento. En Venezuela durante el año 2019 alcanzó 756.945 t/año, que equivalen a 2.102 t/día. Del total de cargas vertidas a las fuentes hídricas, la industria aporta el 28%, el sector doméstico el 69% y el sector cafetero 3%.

(Datos tomados de las hidrológicas del país) Cabe aclarar que los datos de industria están limitados por la reserva estadística. El 80% de la carga de DBO fue aportada por 55 municipios principalmente por las áreas metropolitanas y ciudades grandes del país: Distrito Capital, Maracaibo, Valencia, Barquisimeto y Maracay. Por otro lado, la carga total nacional en Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O) vertida a los cuerpos de agua después de su tratamiento, es de 1.675.616 t/año, equivalentes a 4.654 t/día de los cuales la industria aporta el 37%, el sector doméstico 61 % y el cafetero un 2%. (MINEA, Estudio Nacional de Agua, 2018)

La contaminación de la que es portadora el agua residual produce diversos efectos nocivos, de variada índole (medioambiental, económica y sociocultural), en los que destacan (Takasaki&Kim, 1992):

- Disminución de recursos hídricos disponibles
- Inaptitud para distintos usos: consumo humano, industria, agricultura, pesca, actividades recreativas, animales, etc.
- Reducción del poder auto depurador de los cauces receptores.

El tratamiento de aguas residuales, a través de la degradación biológica, ha sido uno de los procesos más utilizados en la última década, debido a su alta eficiencia en la remoción de materia orgánica y sólidos suspendidos. Pero su instalación requiere de áreas superficiales bastante extensas, lo cual lo convierte en una limitante para su implementación. Para resolver esta limitante, se han desarrollado los bio-reactores de lecho móvil y de membrana, los cuales trabajan bajo el concepto de lodos activados con la implementación de material fijo e inerte, cada uno con diferentes mecanismos de reacción. Los bio-reactores de lecho móvil (MBBR, sigla en inglés moving bed bio-reactor) son sistemas efectivos en plantas de tratamiento de agua residual a pequeña escala, con altas concentraciones de materia orgánica, donde la nitrificación se lleva a cabo. Además, estos sistemas presentan la capacidad de asimilación en aguas residuales con variaciones considerables de carga orgánica, tales como en los tratamientos de lixiviados en rellenos sanitarios (Woolard, 2005).

En vista de la problemática actual de sobrepoblación mundial, problema por el cual no solo atraviesa el país sino toda Latinoamérica, los entes encargados del tratamiento de aguas residuales se han visto en la necesidad imperiosa de tratar mayores cantidades de agua, lo cual ha traído una serie de complicaciones para poder llevar las mismas a un nivel de agua aceptable, se está proporcionando un modelo atractivo que trate mayor cantidad de agua por unidad de tiempo y que reduzcan las complicaciones operacionales. En las visitas realizadas a la planta, se tuvo la oportunidad de constatar vecinos, quienes manifestaron sus quejas por la calidad de agua proveniente de la planta por su abandono ya que son los perjudicados directamente. En torno a esto se realizó este trabajo de grado para estudiar el ejercicio o remoción de la D.B.O. utilizando Biopelícula Suspendida, esto para tratar de lograr una mejora a la grave crisis existente.

1.2 Formulación del Problema

¿De qué manera se puede mejorar la Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO) utilizando biopelículas móviles en la planta de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico de la entrada?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer un diseño para la Remoción De La D.B.O en aguas residuales de origen doméstico. Utilizando un sistema de Biopelículas Suspendidas Móviles. Caso de Estudio: Planta de Tratamiento la Entrada, Municipio Naguanagua. Estado Carabobo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar las condiciones actuales en las que se encuentra la planta de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico.
- Analizar la factibilidad del uso de un sistema de biopelículas suspendidas móviles para la remoción de la DBO en aguas residuales de origen doméstico.
- Proponer un Diseño para la Remoción de la D.B.O en aguas residuales de origen doméstico, utilizando un sistema de biopelículas suspendida móviles.

1.4 Justificación de la Investigación

En la actualidad Venezuela presenta vacíos en términos de investigación acerca de nuevas tecnologías de tratamiento de aguas residuales, principalmente en sistemas de reactores biológicos de lecho móvil, al no contar con estudios relacionados con éste a nivel nacional. Dicha falta de información técnica aplicable a las plantas implementadas en Venezuela evita en gran medida dar soluciones alternativas a los sistemas que operan en la actualidad, las cuales requieren mayores eficiencias de remoción, con la desventaja que, al momento de implementar estas tecnologías, pueden generarse efluentes que puedan deteriorar la calidad de las fuentes hídricas y generar afectaciones a la salud pública a aquellas comunidades en las áreas directas del impacto.

Del mismo modo, se busca la construcción de nuevas Plantas de tratamiento de agua residual en el menor espacio posible, reduciendo así la necesidad de ocupar nuevas áreas para la construcción de unidades convencionales. Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales. Razón por la cual se debe tratar de eliminar en la mayor cantidad posible la materia orgánica presente en las aguas a través de la utilización de distintos tratamientos para poder reutilizarlas o verterlas a los ríos o lagos, según sea su disposición.

En cuanto al aporte técnico, se introducen unas nuevas técnicas para determinar el comportamiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica en un biorreactor de lecho móvil, alimentado con agua residual doméstica, mediante la variación del volumen del lecho, con el fin de obtener datos experimentales sobre este tipo de tratamiento, para lo que se analizaron variables tales como el volumen de soportes plásticos y la eficiencia de remoción de materia orgánica

Así bien, el aporte social, se tiene que ofrece una fuente de información para otras instituciones, organizaciones y empresas, conexas con la calidad del agua que se concibió con la revisión documental, la descripción de hechos y la opinión

de expertos, pudiéndose aplicar a otras organizaciones e instituciones tanto públicas como privadas

Asimismo, el aporte académico, está referido a este tema específicamente es de importancia para los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez (UJAP), en virtud que permite seguir sumando conocimientos siguiendo la línea de investigación: Gestión Ambiental y la línea de trabajo y acción: Hidrología, Obras Hidráulicas y Gestión Ambiental

1.5 Alcances y Limitaciones

La eficiencia de un proceso de tratamiento se expresa en términos de porcentaje de disminución de la DBO inicial. Con la utilización de esta biopelícula suspendida para estudiar y remover la D.B.O. que habrá presente en las aguas en estudio, se buscó reducir los valores de D.B.O. debido a que estos indican tanto el grado de contaminación, así como la eficiencia del tratamiento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Para la realización de este trabajo de grado, se buscó en una gran bibliografía a nivel nacional e internacional en la cual existe una gran variedad de información que servirá de apoyo a la investigación realizada, para el mismo se nombran a continuación los trabajos escritos los cuales aportaron una valiosa información.

Dautant, Rafael (2015) en su trabajo de ascenso titulado “**Tratamiento biológico de aguas residuales**”. Realizado en la Universidad de Carabobo. Escuela de Ingeniería Civil, trata sobre los tratamientos aplicados en las aguas residuales con la finalidad de poder ser reusadas.

El aporte de este trabajo para la presente investigación es parte del marco teórico y parte de su metodología, en cuanto a los sistemas de tratamientos biológicos en las plantas de tratamiento de aguas provenientes del uso domestico

Así mismo, La Rosa, Gian; Cruces, José; Delgado, José (2018) en su trabajo de grado titulado “**Diseño, construcción y operación de un reactor biológico a escala, del tipo de biopelículas por camas móviles (M.B.B.R.)**”. realizado en la Universidad de Carabobo. Escuela de Ingeniería Civil, plantearon un estudio, diseño y construcción de un reactor biológico a escala del tipo de biopelículas suspendidas por camas móviles.

El aporte de esta tesis al Trabajo de Grado es parte del marco teórico y metodología, en bases a la operatividad de un reactor biológico y como son los diversos tipos de biopelículas presentes.

Por otra parte, Márquez Adriana; Nava, Judimar (2017) en su trabajo de grado titulado “**Construcción y puesta en funcionamiento de un reactor del tipo biopelícula sumergida aireada**”, realizado en la Universidad de Carabobo. Escuela de Ingeniería Civil, en este trabajo de grado se realizó un estudio, construcción y funcionamiento de un reactor biológico con biopelícula sumergida.

El aporte de esta tesis a nuestro Trabajo de Grado es parte del marco teórico sobre la construcción y operatividad de los reactores del tipo de biopelícula sumergida, como se construye, como opera y como se realizan las tomas de muestras de las mismas

Por último, Caicedo, Ángela; Ferrante, Viviana (2018) **“Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales por medio de biopelícula suspendida sumergida aireada en el centro internacional de investigación de aguas y suelos de la U.C.”**. Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Escuela de Ingeniería Civil. Valencia. Venezuela. Este trabajo de grado tiene como finalidad el diseño de un sistema de tratamiento por medio de una biopelícula suspendida en reactor biológico real en el centro de investigaciones de la U.C.

El aporte de esta tesis al Trabajo de Grado es parte del marco teórico y metodología, en cuanto al sistema de tratamiento de las aguas residuales a través de las biopelículas suspendidas sumergidas y como son sus tiempos tanto para la toma y para los ensayos de las muestras

2.2 Bases Teóricas

Desde principios de los años de 1900s se han utilizado varios métodos para determinar el índice de respiración de bacterias para evaluar la capacidad de una población bacteriana de quitar sustancias de las aguas residuales (tratabilidad, o biodegradabilidad) y para determinar el efecto de las sustancias en las bacterias (inhibición o toxicidad).

La tentativa más antigua para utilizar la absorción directa para medir la demanda del oxígeno de las aguas residuales fue hecha por Adney en 1890. El desarrolló un tipo de aparato manométrico de presión constante en el cual él observaba el índice de la absorción del oxígeno por el agua contaminada, a una presión constante, la disminución del volumen, debido a la absorción del oxígeno fue observada por la distancia que una columna del agua sube un tubo vertical, graduado, en forma de "u" que conectaba dos recipientes, uno llenado parcialmente de la muestra, y el otro que contenía un volumen igual de agua. El aparato entero fue colocado a una temperatura constante en un baño de agua, y

agitado periódicamente para mantener un exceso del oxígeno disuelto en la muestra. Aunque Adney encontró que este método era exacto, él concluyó que no era conveniente para el trabajo rutinario.

2.2.1 Plantas de Tratamiento:

Las plantas de tratamientos son estructuras de carácter hidráulico cuya principal función es la descontaminación parcial o total de las aguas provenientes de urbanismos, industrias o de cualquier otro origen que pudiese contaminar dicho recurso; con la finalidad de otorgarles al mismo condiciones adecuadas para ser vertidas sobre cuerpos receptores. Las 10 plantas de tratamiento según el tipo de efluente a tratar y la calidad del agua que debe salir de la misma se pueden clasificar en:

a) Planta de tratamiento agua potable (PTAP): estas plantas tienen como función la purificación del agua con calidad suficiente para consumo o uso de la población.

b) Plantas de tratamiento de aguas de uso Industrial (PTAI): estas buscan dar la calidad necesaria al agua para que estas puedan ser empleadas en los procesos rutinarios de la industria.

c) Plantas de tratamiento de aguas servidas domesticas (PTAS): estas estructuras son las responsables de darle a las aguas servidas, provenientes de los urbanismos las condiciones adecuadas para su reintegración a los cuerpos de aguas existentes, sin que estos se vean afectados.

d) Plantas de tratamiento de aguas servidas industriales (PTEI): estas son las encargadas de tratar las aguas que salen de las industrias, cuyas características son bastante perjudiciales para el medio ambiente, por lo que estas requieren de procesos de descontaminación química más cuidadosos.

e) Plantas de tratamiento de aguas para uso residual (PTAR): estas tratan las aguas tanto domesticas e industriales con la finalidad de darle las características necesarias para su reutilización. (Metcalf y Eddy, 2005)

2.2.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.):

La fuerza polucional de aguas residuales tanto domésticas como industriales se suele expresar muy frecuentemente en términos de Demanda Bioquímica de

Oxígeno. Aun cuando las descargas de aguas residuales en masas hídricas receptoras introducen muchos contaminantes inorgánicos u orgánicos, la medida más utilizada a fines de comparación de la gravedad de polución, es el DBO. También se usa como medida de la eficiencia de los tratamientos especialmente de las aguas residuales y en la evaluación de la capacidad de auto purificación de receptores.

Este parámetro se define como: la cantidad de oxígeno disuelto a un tiempo y a una temperatura dados, requeridos por los microorganismos mientras están estabilizando la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas. En consecuencia, no es más que un indicador de la cantidad de materia orgánica biodegradable presente y la cual es causante de gran parte de condiciones desagradables a las que llegan las masas de aguas al ser contaminadas.

Aun cuando existen métodos químicos más precisos para evaluar la materia orgánica total, tales como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.) y el Carbón Orgánico Total (COT), carecen de la utilidad de la D.B.O., al dar valores que no son equivalentes a la materia orgánica que es utilizada como sustrato por los microorganismos y al no proporcionar ninguna idea sobre la velocidad a la cual se llevará a cabo esta reacción de biodegradación en condiciones naturales.

2.2.3. Método para determinar la D.B.O.:

En muestras cuyo DBO no exceda 7 mg/l, es decir aguas muy poco contaminadas se utiliza el método directo que consiste en llenar dos (2) botellas con muestras bien aireadas, de forma de alcanzar el oxígeno de saturación. Las botellas son las llamadas de Winkler, de 300 ml de capacidad y provistas de un tapón, hecho de forma de proveer un sello hidráulico, que asegure que no entrará más oxígeno a la botella durante la experiencia. A una de las botellas se le determina el oxígeno inmediatamente y la otra se incuba por cinco (5) días a una temperatura de 20 °C (D.B.O.5, 20) al término de los cuales se le determina el OD. La diferencia entre ambas medidas de OD, es la D.B.O. Cuando las muestras a las cuales se le va a determinar la D.B.O5., su valor sea mayor a 7 mg/l, es necesario diluirla, de forma que el oxígeno disuelto que pueda tener el agua sea suficiente para el proceso de biodegradación.

Se ha demostrado que estadísticamente solo es confiable, basar valores de DBO en diluciones que produzcan un agotamiento de oxígeno entre 40 y 70%. Esto se puede expresar diciendo que el oxígeno disuelto de la botella conteniendo la muestra sembrada ya incubada debe ser mayor a 1 mg/l y la diferencia entre el oxígeno disuelto de la botella conteniendo la muestra sembrada, en el momento inicial y oxígeno disuelto de la botella conteniendo la muestra ya incubada debe ser mayor a 2 mg/l.

En los análisis de DBO es frecuente que más de una dilución produzcan resultados de OD que satisfacen la condición anterior; con lo que resulta posible obtener más de una DBO calculada. En esos casos, la muestra estadísticamente más aceptable es la que produzca el mayor agotamiento de oxígeno (dentro de los límites nombrados), porque los errores posibles en la determinación de OD en el blanco, se minimizan. También es posible sacar un promedio de las diferentes DBO obtenidas con cada dilución que cumpla la norma citada (Recomendable).

2.2.4. La película de lama microbiana.

Como sucede con los sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales, el rango o proporciones de las diferentes especies de organismos presentes en la población microbiana dependen de las condiciones de operación del sistema, especialmente la carga y la composición de nutrientes de las aguas residuales en proceso de tratamiento. Sin embargo, la lama microbiana de los percoladores es ecológicamente más compleja que, por ejemplo, los lodos activados. El equilibrio entre las varias especies presentes varía también con la situación dentro del lecho.

Cuando la unidad está situada al aire libre, el equilibrio ecológico mostrará también variaciones estacionales. La película de lama interviene en una compleja serie de cadenas alimentarias y relaciones entre el predador y la presa, desde las bacterias hasta los insectos, teniendo cada una de ellas un efecto significativo en la operación del tratamiento. Los sistemas de película adherida reaccionan diferente ante los cambios en el ambiente operacional como la temperatura y la presencia de cargas de choque y materiales tóxicos, comparados con los sistemas de crecimiento en suspensión, como el proceso de lodos activados (Benjes, 1980).

2.2.5. Desarrollo de la película.

Cuando el agua residual fluye sobre el medio de empaque cubierto de lama, el oxígeno y los otros nutrientes se consumen según se difunden dentro de la película de lama, desde la interfase entre la lama y el líquido, los microorganismos presentes en la película de lama crecen, y según se engruesa la película de lama, sus regiones cercanas a la superficie sólida de soporte y más alejadas de la película de líquido se vuelven anaeróbicas. Esta condición anaeróbica o “anaerobiosis”, ha sido propuesta como una de las causas del inicio del proceso de desprendimiento, ya que las capas anaeróbicas padecen hambre, mueren, se disuelven y se separan de las superficies del empaque del medio de soporte.

La película remanente de microorganismos puede tener viabilidad defectuosa (McKinney, 1962). La eficiencia de purificación de la proporción aeróbica de la película de lama microbiana se reducirá según los productos metabólicos de las regiones anaeróbicas de la película de lama, como los alcoholes, aldehídos o ácidos se difunden hacia afuera. Estos productos pueden entonces inhibir la toma de nutrientes de la capa líquida por los organismos aeróbicos. Las condiciones anaeróbicas pueden también originar la formación de cavidades de gas en la película de lama, lo que es de esperar aumente el proceso de desprendimiento. Por tanto, la película de lama microbiana es hasta cierto punto autorregulante, pero puede haber considerables variaciones locales en el espesor de la lámina microbiana de lama.

Grandes proporciones de la lama desprendida pueden causar bloqueos en otras partes del medio de empaque. La eficiencia de purificación de la lama alcanza un máximo cuando hay una delgada película de lama completamente aeróbica, y la eficiencia puede bajar ligeramente según aumente el espesor de la película y las regiones más profundas de la película se vuelven inactivas o anaeróbicas. Así, a pesar de que una película de lama puede tener un espesor de varios milímetros, sólo una capa exterior de 0.05 a 0.15 milímetros de profundidad podrá ser aeróbica.

Resultados experimentales de algunos investigadores han demostrado que la remoción del substrato por una película de lama microbiana aumenta linealmente con el incremento del espesor de la película hasta un nivel máximo donde permanece constante con aumentos adicionales del espesor de la película. La profundidad de la película de lama depende de las características de las aguas residuales en tratamiento, y de la resultante ecología microbiana de la capa de lama. El espesor de la película que proporciona máxima eficiencia ha sido citado como 0.25 mm (D. Jenkins. 1963). La profundidad de la zona aeróbica ha sido estimada entre 0.06 mm y 0.2 mm, con la profundidad crítica de una película predominantemente bacteriana alrededor de 0.2 mm (Broce. 1979), y entre 0.05 mm y 0.1 mm de profundidad aeróbica activa en un espesor total de 0.1 mm a 2 mm (Harris y Hansford, 1976). Los resultados de Tomlimson y Snaddon (1966) y Kornegay y Andrews (1968) indican profundidades críticas entre 0.07 mm y 0.15 mm y los de La Motta entre 0.012 mm y 0.065 mm, dependiendo de la concentración del substrato. En contraposición, algunos residuos industriales ricos en nutrientes, como las industrias de procesamiento de alimentos, estimulan la formación de espesas películas que son, por lo general, predominantemente fungoides y que pueden alcanzar espesores de 5 a 8 mm, mientras se mantengan completamente aeróbicas (Williams, 1979).

El espesor de la capa de lama y la profundidad de la capa activa estarán también afectados por la carga de nutrientes del sistema y la actividad metabólica de los organismos presentes en la película de lama. Las tasas a las cuales el oxígeno y los organismos nutrientes se difunden dentro de la película de lama, dependerán de sus respectivas concentraciones en la capa líquida en contacto con la película de lama. Cuando sea alta la concentración de nutrientes en el líquido, la fuerza impulsora de la concentración causará una rápida difusión de los nutrientes dentro de la película de lama, de manera que penetran profundamente dentro de la película antes de ser consumidos. Atkinson y Fowier (1974) correlacionaron los resultados de Tomlinson y Snaddon, Kornegay y Andrews, y otros para demostrar que la profundidad de penetración en la película es aproximadamente proporcional a la concentración del substrato aplicado.

La profundidad de penetración aumentó de 0.06 a de 0.15 mm, con un aumento en la concentración del substrato de 10 a 500 g/m La Motta (1976) demostró que la profundidad de la capa de lama que daba máxima remoción de substrato aumentaba de una manera aproximadamente proporcional a la raíz cuadrada de la concentración del substrato influyente, en un rango de 0.0 12 mm con 2.2 g/m hasta 0.065 mm con 200 g/m. Con muy altas concentraciones de substrato en la fase líquida, la tasa de difusión de los nutrientes orgánicos en la película de lama puede ser de más rápida canalización”. Esto lleva a que parte del empaque se vea privado de nutrientes y oxígeno, mientras que otras partes están sobrecargadas, con una consiguiente pérdida de eficiencia.

2.2.6. Principios Básicos de la Biopelícula Suspendida.

En el proceso de biopelícula suspendida consiste en un proceso continuo en donde la biomasa encargada de la degradación de la materia orgánica está creciendo y formando una película en pequeños elementos portadores que se ponen en contacto con el agua a tratar en el reactor. El contenido del reactor se mantiene en constante movimiento a través de un rotor y los elementos portadores suspendidos, es por ello que estos elementos deben tener una densidad cercana al agua a tratar, generalmente dichos elementos son hechos de polietileno con densidad de 0.95 g/cm. Los microorganismos, se retienen en el reactor por medio de una reja o un cedazo a la salida del mismo estos a su vez se encuentran alojados en los elementos portadores. El exceso de lodos desprendidos de las Biopelículas sigue el camino del agua tratada fuera del reactor. (Ver anexos)

Para un rendimiento óptimo, los micro-organismos necesitan de material orgánico, aire (>3 mg/l O₂), nutrientes adicionales como el Fósforo y Nitrógeno, una temperatura entre 25 y 35 °C y un pH entre 6,5 y 8,5. El sistema de biopelículas suspendidas ofrece las siguientes ventajas comparados a los métodos biológicos convencionales:

- La cantidad de biomasa activa en contacto con el agua residual es muy alta.
- El proceso biológico es muy rápido, y por ende el tiempo retención que necesita es muy corto lo que da a las plantas pequeñas un bajo costo de inversión.

El proceso no necesita pre-sedimentación, no es perturbado por las partículas sólidas en el agua residual.

- El proceso es insensible a las perturbaciones y variaciones en las aguas residuales entrantes.

- La reducción biológica se alcanza normalmente a su máxima capacidad en menos de 24 horas por la eliminación accidental de las bacterias, comparada a 1-2 semanas para el proceso de Lodos Activados.

- Aquí no hay ningún riesgo de obstrucción que aumente las pérdidas de carga como en los procesos de lecho Fijo.

- No hay lodo circulante como en el proceso de Lodo Activado con lo cual se mejora la disponibilidad y se simplifica el control de proceso. Existe menos riesgo por la falta de oxígeno y por consiguiente los problemas con los gases olorosos proveniente de la descomposición del material orgánico son relativamente pequeños, es decir la edad del lodo es baja.

- Es fácil de agrandar la capacidad de la planta en caso de que el flujo y/o la carga orgánica aumentarán en el futuro.

- Los portadores pueden ser limpiados continuamente si es necesario, con solo bombear hacia fuera del tanque dichos elementos.

- El proceso puede ser dividido en dos etapas. Normalmente la reducción principal de material orgánico ocurre en el primer reactor por las bacterias. El segundo pasó también dominado por las bacterias, pero hay una gran cantidad de micro-organismos superiores que consumen las bacterias incrementando de esta forma la cantidad de biomasa y el tamaño de los flóculos. Esto mejora la separación subsiguiente de la biomasa. El segundo paso compensa la reducción de materia orgánica en caso de que la actividad del primer paso sea perturbada por la presencia de sustancias no biodegradables.

2.2.7. Evaluación De La Demanda De Oxígeno.

La cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición biológica aeróbica de un material nutriente es el factor clave para expresar su fuerza contaminante, y se han ideado algunas pruebas de laboratorio para evaluarla. Se debe tener cuidado al interpretar los resultados de tales pruebas y al usar los valores

mostrados en ellas. Existe la tendencia de tratar el valor medido de la demanda de oxígeno como si fuera alguna propiedad absoluta del material, como su densidad o su calor específico. Como se puede ver de lo ya expuesto, la capacidad de auto purificación de una corriente de agua implica una compleja serie de procesos interdependientes. Las pruebas de laboratorio tratan con secciones limitadas del proceso total, y no siguen los mismos mecanismos, bien separados de la variabilidad inherente dentro de un determinado procedimiento de prueba. No obstante, los resultados de las pruebas proporcionan una valiosa guía para el éxito de un proceso de control de contaminación, si se usan con cuidado.

Algunas aguas residuales de procedencia industrial contienen un número limitado de sustancias conocidas cuya concentración se puede determinar por procedimientos normales de análisis. Su demanda de oxígeno se puede entonces estimar de la estequiometría de su descomposición oxidativa. Por ejemplo, la demanda de oxígeno ejercida por el contenido de amoníaco de un agua residual se puede calcular ya que la completa oxidación de 14 Kg. de nitrógeno amoniacal requiere 64 Kg. de oxígeno. Por tanto, la demanda de oxígeno ejercida por el amoníaco en un agua residual que contenga, por ejemplo, 100 g de nitrógeno amoniacal por metro cúbico de líquido. Será de 457g de oxígeno (lo que ilustra que la demanda de oxígeno del amoníaco es mayor de 4 1/2 veces su propio peso). Sin embargo, un rango limitado de análisis normales dejaría de detectar la presencia de un contaminante adventicio inesperado, y no sería sensato depender de análisis específicos como único método para evaluar el poder de contaminación de corrientes residuales. Tampoco es usual que un ingeniero especializado en el tratamiento de aguas residuales se encuentre en la feliz posición de conocer la precisa composición de los licores que espera tratar, aunque los análisis específicos de los componentes de la corriente residual pueden proporcionar una valiosa guía para evaluar el funcionamiento del proceso de producción de donde se originan. Los componentes de las aguas residuales no sólo constituyen una carga sobre el sistema de tratamiento de agua residual, sino que representan la pérdida de un material posiblemente valioso. El fenol es un ejemplo. La viabilidad económica de extraer fenol de una corriente residual ha variado con el precio del

fenol en el mercado, pero al considerar el balance económico se debe tener también en cuenta el costo de suministrar oxígeno para satisfacer la demanda de oxígeno que ejerce sobre un sistema de tratamiento del agua residual. Sobre la base de una descomposición oxidativa completa eventual la demanda de oxígeno de 100 Kg. de fenol es de 238 Kg. de oxígeno casi 2 1/2 veces su propio peso.

2.2.8. Evaluación química de la demanda de oxígeno

Las limitaciones de la prueba de DBO, especialmente el largo período que transcurre entre el momento en que se toma la muestra y se obtiene el resultado, han llevado a realizar pruebas químicas para evaluar la demanda de oxígeno de un residuo. La oxidación de los contaminantes en la muestra, se efectúa en dichas pruebas usando un agente químico oxidante. Dichas pruebas son mucho más rápidas y por lo general más reproducibles, y tienen cada vez mayor aceptación, especialmente en la evaluación de la resistencia de los residuos industriales no biológicos. No obstante, se debe enfatizar que, debido a que el proceso de oxidación es totalmente diferente del de un sistema biológico, la demanda de oxígeno evaluada químicamente no tiene relación directa con la demanda de oxígeno que ejerce sobre el proceso natural de auto purificación en una corriente de agua. Sustancias orgánicas que no son biodegradables se oxidan químicamente, y viceversa. No obstante, la demanda de oxígeno evaluada químicamente se puede, por lo general, correlacionar con la DBO de determinada agua residual que proceda de una fuente consistente, y su rapidez permite utilizarlas en el proceso de control de los sistemas de tratamiento y en el control de la contaminación.

Los agentes oxidantes de uso más común son el permanganato, ácido de potasio, el bicromato ácido y el oxígeno a altas temperaturas. Entre Otros sistemas de oxidación se usan permanganato alcalino de potasio, hipocloritos, peryodatos y la combustión completa. El grado de oxidación efectuado en la prueba depende del sistema de oxidación usado, así como del tiempo y temperatura de la prueba. En términos generales, los resultados de las diferentes pruebas químicas no se correlacionan directamente unos con otros, especialmente en el caso de los residuos tratados biológicamente y donde los materiales residuales no biodegradables, presentan susceptibilidades muy diferentes ante los varios agentes

oxidantes. No obstante, se han obtenido provechosas correlaciones para determinadas aguas residuales procedentes de una fuente consistente. Además, los diferentes sistemas de oxidación están sometidos a interferencias por diversas sustancias inorgánicas.

2.2.9. Demanda Bioquímica (O Biológica) De Oxígeno (DBO)

2.2.9.1. Sumario y Aplicaciones

1.- La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales.

2.- La prueba de la DBO es un procedimiento experimental, tipo bioensayo, que mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales. Las condiciones estándar del ensayo incluyen incubación en la oscuridad a 20°C por un tiempo determinado, generalmente cinco días. Las condiciones naturales de temperatura, población biológica, movimiento del agua, luz solar y la concentración de oxígeno no pueden ser reproducidas en el laboratorio. Los resultados obtenidos deben tomar en cuenta los factores anteriores para lograr una adecuada interpretación.

3.- Las muestras de agua residual o una dilución conveniente de las mismas, se incuban por cinco días a 20°C en la oscuridad. La disminución de la concentración de oxígeno disuelto (OD), medida por el método Winkler o una modificación del mismo, durante el periodo de incubación, produce una medida de la DBO.

2.2.9.2. Limitaciones e Interferencias

Existen numerosos factores que afectan la prueba de la DBO, entre ellos la relación de la materia orgánica soluble a la materia orgánica suspendida, los sólidos sedimentables, los flotables, la presencia de hierro en su forma oxidada o

reducida, la presencia de compuestos azufrados y las aguas no bien mezcladas. Al momento no existe una forma de corregir o ajustar los efectos de estos factores.

DBO carbonácea contra nitrogenácea. La oxidación de las formas reducidas del nitrógeno como amoníaco y nitrógeno orgánico, mediada por los microorganismos, ejercen una demanda nitrogenácea, que ha sido considerada como una interferencia en la prueba; sin embargo, esta puede ser eliminada con la adición de inhibidores químicos. Cuando se inhiba la demanda nitrogenácea de oxígeno, reportar los resultados como demanda bioquímica de oxígeno carbonácea (DBOC5); cuando no se inhiba, reportar los resultados como DBO5.

Requerimientos de dilución. Si el agua de dilución es de baja calidad, su DBO aparecerá como DBO de la muestra, efecto que será amplificado por el factor de dilución, y el resultado tendrá una desviación positiva. El método de análisis debe incluir agua de dilución de verificación y agua de dilución como blanco para establecer su calidad, mediante la medición del consumo de oxígeno con una mezcla orgánica conocida, generalmente glucosa y ácido glutámico. La fuente del agua de dilución puede ser: destilada a partir del agua de grifo, o agua libre de sustancias orgánicas biodegradables o bioinhibitorias tales como cloro o metales pesados. El agua destilada puede contener amoníaco o compuestos orgánicos volátiles; el agua desionizada también puede estar contaminada con compuestos orgánicos solubles como lixiviados del lecho de la resina; el uso de destiladores con conductos o accesorios de cobre en las líneas de agua destilada pueden producir agua con cantidades excesivas de cobre, que actúa como biocida.

2.2.9.3. Toma y Preservación de Muestras

Las muestras para determinación de la DBO se deben analizar con prontitud; si no es posible, refrigerarlas a una temperatura cercana al punto de congelación, ya que se pueden degradar durante el almacenamiento, dando como resultado valores bajos. Sin embargo, es necesario mantenerlas el mínimo tiempo posible en almacenamiento, incluso si se llevan a bajas temperaturas. Antes de realizar los ensayos se deberán calentar las muestras a 20°C.

Muestras simples. Si el análisis se emprende en el intervalo de 2 h después de la recolección no es necesario refrigerarlas; de lo contrario, guardar la muestra

a 4°C o menos; reportar junto con los resultados el tiempo y la temperatura de almacenamiento. Bajo ningún concepto iniciar el análisis después de 24 h de haber tomado la muestra; las muestras empleadas en la evaluación de las tasas retributivas o en otros instrumentos normativos, deben ser analizadas antes de que transcurran 6 h a partir del momento de la toma.

Muestras compuestas. Mantener las muestras a 4°C o menos durante el proceso de composición, que se debe limitar a 24 h. Aplicar los mismos criterios que para las muestras sencillas, contando el tiempo transcurrido desde el final del período de composición. Especificar el tiempo y las condiciones de almacenamiento como parte de los resultados.

2.3.- Bases Legales

Según Villafranca D. (2002) “Las bases legales no son más que leyes que se sustentan de forma legal el desarrollo del proyecto” explica que las bases legales “son leyes, reglamentos, y normas necesarias en algunas investigaciones cuyo tema así lo amerite”.

Debido a que las plantas de tratamiento se encargan de verter sus aguas en los distintos cuerpos receptores, este efluente de agua debe tener ciertas características especiales a su salida de manera que no afecte gravemente el ecosistema, para ello se debe hacer seguimiento y cumplimiento estricto de las siguientes normas:

Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5021 Extraordinario, Decreto 883 de fecha 11 de octubre de 1995, vigente denominada: “Norma para la Clasificación y Control de Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos”.

Norma Venezolana. COVENIN 2709:2002. (1° Revisión) de fecha 28 de mayo de 2002 vigente denominada: “**Aguas Naturales, Industriales y Residuales. Guía para las técnicas de muestreo**”. Objetivo: “Establece lineamientos generales sobre las técnicas de captación de muestras de agua, con el fin de determinar sus características”.

Norma Venezolana. INOS (1989) con vigencia, denominada: “**Normas e Instructivos para el proyecto de alcantarillados**”. Objetivo: “Establece

parámetros para el diseño de acueductos y cloacas, también presenta periodos de diseños de obras hidráulicas y el cálculo de caudales de las aguas residuales”.

2.4.- Definición de términos

Aforo: Medida del caudal de una corriente de agua.

Agua residual doméstica: Procedentes de zonas residenciales o instalaciones comerciales, públicas y similares.

Biopelícula: Es un ecosistema microbiano organizado, conformado por uno o varios microorganismos asociados a una superficie viva o inerte, con características funcionales y estructuras complejas. (Calderón, 2012)

Caudal: Cantidad de fluido que avanza en una unidad de tiempo.

Demanda Biológica de Oxígeno: (DBO): Mide la cantidad de dióxígeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida.

Demanda De Oxígeno Es la cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición biológica aeróbica de un material nutriente, es el factor clave para expresar su fuerza contaminante, y se han ideado algunas pruebas de laboratorio para evaluarla.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): La DQO mide el oxígeno equivalente de sustancias orgánicas e inorgánicas en una muestra acuosa que es susceptible a la oxidación por dicromato de potasio en una solución de ácido sulfúrico. Este parámetro ha sido usado por más de un cuarto de siglo para estimar el contenido de orgánicos en aguas y aguas residuales. Sin embargo, la correcta interpretación de los valores de DQO puede presentar problemas por lo cual se debe entonces, entender las variables que afectan los resultados de este parámetro. (Barba, 2002)

Filtro aerobio: También llamado reactor, tiene por finalidad reducir la carga contaminante de las aguas residuales

Lodos activados: Es un proceso aerobio de tratamiento de aguas residuales, en el cual se utiliza un lecho en suspensión para la depuración y aglomeración de la materia orgánica en su mayoría

MBBR: Reactores de lecho móvil, está basada en el crecimiento de biomasa (en forma de biopelícula), en unos soportes plásticos que están en continuo movimiento en el reactor biológico.

Medio filtrante: Material de elevada área superficial por unidad de volumen, económico, duradero, permeable y que una vida útil muy considerable.

pH: Expresa la magnitud de acidez o alcalinidad que tiene el agua, es la forma de expresión de la concentración de los iones de hidrógeno y más exactamente la actividad del ion hidrógeno.

Reacción aerobia: Es la descomposición de la materia orgánica en presencia de oxígeno se le llama reacción aerobia y es el proceso más eficiente para liberar la energía de la materia orgánica.

Reacción anaerobia: Son los procesos de descomposición bacteriana en ausencia de oxígeno, de la materia orgánica se le llama reacción anaerobia.

Oxígeno disuelto (OD): El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno soluble en el agua, es el encargado de la producción biológica aerobia, que es capaz de oxidar la materia orgánica e inorgánica y puede ser utilizado como un indicador de calidad de agua.

Volumétrico: Dícese de lo correspondiente a la medición por volumen.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Se entiende que la metodología comprende el amplio estudio con observación rigurosa, por lo tanto, la metodología según Balestrini (2012) es el conjunto de métodos que rigen una investigación científica o en una exposición doctrinal. El concepto de Metodología se aplica en cualquier campo que lo requiera, razón por la cual es una idea abierta a la que se le puede asignar una idea en particular con el fin de concretar la tarea de investigación deseada y diversificada. En términos sociales, la metodología estudia la realidad social para hallar la explicación veraz de los hechos sociales, utilizando la observación y la experimentación común a todas las ciencias. En el actual capítulo, se presentarán las técnicas, instrumentos y métodos que serán utilizados para el estudio.

En este orden de ideas, esta propuesta respondió a la modalidad de Proyecto Factible, Tamayo y Tamayo (2014) establece que:

Es la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El Proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades. (pág.7)

Esto reafirma lo expuesto en la anterior cita, en cuanto a que, un Proyecto Factible consiste en un conjunto de actividades relacionadas entre sí, con la finalidad de solucionar la problemática planteada, en este caso se propone el diseño de un sistema para la remoción de la demanda bioquímica del oxígeno (D.B.O.) en aguas residuales de origen doméstico utilizando un sistema de biopelícula suspendida.

3.1 Tipo de Investigación

“El tipo de investigación es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado”. (Arias 2009)

“El proyecto factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programa, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades”. (Balestrini, 2012)

La presente investigación se considera de tipo factible ya que tiene como principal finalidad proponer un diseño de un sistema para la remoción de la D.B.O. a través de la utilización de Biopelícula Móvil para tal fin; obteniendo resultados confortables que nos permitan minimizar la cantidad de D.B.O.

3.2 Diseño de Investigación

El diseño de una investigación Según Hurtado (2008) “el diseño alude a las decisiones que toman en cuenta al proceso de recolección de datos que permite al investigador lograr la validez interna de la investigación, es decir, tener un alto grado de confianza de que sus conclusiones no sean erradas” (p. 147). Es por ello que el diseño será de campo, ya que la recolección de datos que se obtendrán de dicha investigación permitirá describir, analizar y asimilar la situación actual en la cual se encuentran las aguas residuales de uso doméstico presentes en las plantas de tratamiento del país.

3.3 Nivel de Investigación

Siendo este un punto esencial cuando se realice la mencionada investigación, el autor se referirá al grado o profundidad con que se abordará el tema en estudio. El presente trabajo está centrado, en un tipo de investigación exploratoria. Siendo de nivel exploratorio, el que se efectúa sobre un tema específico, el cual ha sido poco estudiado, y que conlleva a resultados que constituyen una visión aproximada de la investigación. (Tamayo y Tamayo 2014)

3.4 Población y Muestra

Según Hurtado (2008) Una población es cualquier grupo de individuos que posean una o más características en común interés para el investigador. La población puede estar constituida por todos los individuos de un particular tipo, o por una parte más restringida de ese grupo (p.259). Por otro lado, Tamayo (2014),

señala que se denomina muestra al conjunto de elementos seleccionados y extraídos de una población con el objeto de descubrir alguna característica de dicha población basándose en el postulado de que las conclusiones formuladas, acerca de la muestra, valen también para la población de la cual esta ha sido extraída (p.56).

Para este trabajo de grado la población será en base a las plantas de tratamiento y la muestra la planta de tratamiento en el sector La Entrada.

3.5 Técnica de Recolección de Datos

La recolección de datos se realizó mediante la técnica de fichaje, la cual consiste en encontrar y revisar trabajos de grado ya presentados, textos enfocados en el tema, sitios web, planos de ubicación, entre otras, para así poder obtener la información requerida para el desarrollo del proyecto. Adicionalmente se utilizó la técnica de observación directa mediante la visita al sitio en estudio. Con esta técnica se recopiló y se analizó la información necesaria para la realización del trabajo. El instrumento utilizado será la libreta de notas.

3.6 Instrumento de Recolección de Datos

Según Arias, Fidias (2006) “un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.” (Pág. 69).

La información fue organizada mediante el análisis antes mencionado y procesada usando como herramienta el programa Microsoft Excel, que agilizó el cálculo de las unidades de la planta de tratamiento. De esta manera se pudo resolver satisfactoriamente cada uno de los objetivos planteados en esta investigación. De la misma manera usamos la matriz FODA para el diagnóstico.

Matriz FODA. Para utilizar esta herramienta, es necesario conocer su definición, www.matrizfoda.com explica:

Las siglas FODA, es un acrónimo de Fortalezas (factores críticos positivos con los que se cuenta), Oportunidades, (aspectos positivos que se pueden aprovechar utilizando las fortalezas), Debilidades, (factores críticos negativos que se deben eliminar o reducir) y Amenazas, (aspectos negativos externos que podrían obstaculizar el logro de los objetivos).

Esta herramienta es muy beneficiosa ya que puede ser aplicada en cualquier situación siempre que esté actuando como objeto de estudio la situación analizada y lo que esta representa en la matriz es particular de ese momento.

De la combinación de fortalezas con oportunidades, surgen las potencialidades, que señalan las líneas de acción más conveniente de la estructura del diseño.

Las limitaciones, determinadas por una combinación de debilidades y amenazas, ponen una seria advertencia, mientras que los desafíos y riesgos, determinados en su correspondiente combinación de factores, requieren una cuidadosa atención a la hora de marcar el rumbo que la propuesta tendrá en el futuro.

Para la construcción de la matriz estrategia se debe tratar de identificar los aspectos relevantes como la estructura organizacional, las finanzas, políticas de estado, lineamientos empresariales, factores ambientales, logística, mercadotecnia inventarios, investigación, relaciones comunitarias, gremios relacionados, etc. Las oportunidades o problemas no pueden ser creados, se deben prever con anterioridad y estar preparado para ello.

En este sentido, para la fase de diseño se debe construir una matriz de acciones y estrategias que se relacionan con cada una de las celdas de la matriz DOFA, las mismas se deben agrupar de la siguiente manera:

- ✓ **Estrategias y Acciones DO:** En este grupo de acciones se deben reunir los planes conducentes a cada una de las debilidades que se consideraron como oportunidades de mejoramiento del grupo de trabajo o que representan ajustes positivos para el proyecto.
- ✓ **Estrategias y Acciones DA:** En este grupo de acciones se deben reunir los planes conducentes a cada una de las debilidades que se consideraron como amenazas para el proyecto. Estas acciones deben ser muy precisas y lo suficientemente analizadas, ya que representan debilidades del grupo de trabajo que ponen en riesgo directo el éxito del proyecto. El nivel de prioridad de estas acciones se debe considerar como muy alto.

- ✓ **Estrategias y Acciones FO:** En este grupo de acciones se deben reunir los planes conducentes a cada una de las fortalezas internas o externas que fueron consideradas como oportunidades que tienen el grupo de trabajo para potencializar y asegurar el éxito del proyecto. Es así, que se deben presentar acciones que permitan aprovechar al máximo estas fortalezas que favorecen en la ejecución del proyecto.
- ✓ **Estrategias y Acciones FA:** En este grupo de acciones se deben reunir los planes conducentes a cada una de las fortalezas generalmente externas, que de una u otra manera ponen en riesgo permanente el éxito del proyecto durante toda su implementación. Estas acciones también son de prioridad muy alta, por lo tanto deben existir planes detallados y muy estudiados que contengan o minimicen los efectos negativos que amenazan el proyecto.

3.7 Fases Metodológicas

Dentro de las fases metodológicas, se estableció la definición estructural de los pasos a seguir para la realización del trabajo, dando cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos de la investigación, tal como se muestra a continuación:

Fase I: Diagnosticar las condiciones actuales en las que se encuentra la planta de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico.

En esta fase se procedió a realizar en primer lugar recorridos y visitas a la planta de tratamiento, donde se inspeccionó exhaustivamente la situación de la planta, recopilando información en una hoja de campo sobre las unidades presentes en la obra y las dimensiones de cada una de ellas, así como también determinando el proceso, principio y funcionamiento de los equipos por los cuales fluye el caudal de aguas residuales con la revisión de los puntos de entrada y salida del mismo, a su vez se obtuvo una compilación fotográfica del proceso. Como se carece de información acerca de planos estructurales de la planta de tratamiento se realizó un bosquejo de la misma, de acuerdo a los datos observados y medidos en campo.

Fase II: Analizar la factibilidad del uso de un sistema de biopelículas suspendidas móviles para la remoción de la DBO en aguas residuales de origen doméstico.

Se logró el objetivo 2 de este trabajo de grado: “Analizar la factibilidad del uso de un sistema de biopelículas suspendidas móviles para la remoción de la DBO en aguas residuales de origen doméstico”. Siguiendo una serie de procedimientos pautados para su correcto análisis: Primero los beneficiarios del proyecto. Luego se realizó el estudio técnico del proyecto contemplando algunos aspectos: Tamaño del Proyecto; Proceso Global de transformación y Localización del proyecto

Fase III: Proponer un Diseño para la Remoción de la D.B.O en aguas residuales de origen doméstico, utilizando un sistema de biopelículas suspendidas móviles.

Aquí se realizó la propuesta del diseño que servirá para la remoción de la DBO en aguas residuales de origen doméstico, utilizando un sistema de biopartículas móviles, con la finalidad de dar solución a la comunidad para una mejor calidad de agua.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se desarrollaron las fases de la investigación, las cuales están relacionadas con los objetivos que persigue la misma, en cada una de estas fases se desarrollaron los diversos procedimientos descritos en el capítulo anterior.

4.1 Fases de la Investigación

4.1.1 Fase I: Diagnosticar las condiciones actuales en las que se encuentra la planta de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico.

En el siguiente apartado se muestran los resultados obtenidos de la investigación documental y de campo, que se realizó con la finalidad de poder diagnosticar la situación en la que se encuentra actualmente la planta de tratamiento de aguas residuales de origen domestico ubicada en la entrada, municipio Naguanagua, estado Carabobo.

Las investigaciones realizadas en este ámbito, se han especializado en buscar cual es la mejor interacción existente entre los elementos que conforman el estudio de las aguas residuales, enfocándose en estudiar sus componentes, analizándolos de manera individual y el cómo combinarlos para conformar un todo; se busca lograr que cumpla con las características para cubrir las necesidades requeridas en los diferentes ámbitos, como lo son su desde el inicio con el buen funcionamiento de la planta hasta su fin con la salida de agua de la planta con muy buena calidad para el consumo humano.

Al realizar visitas de reconocimiento a la Planta de Tratamiento de Aguas servidas, se confirma la falta de cuidado, mantenimiento e importancia que le tienen los organismos competentes a este sector del Municipio.

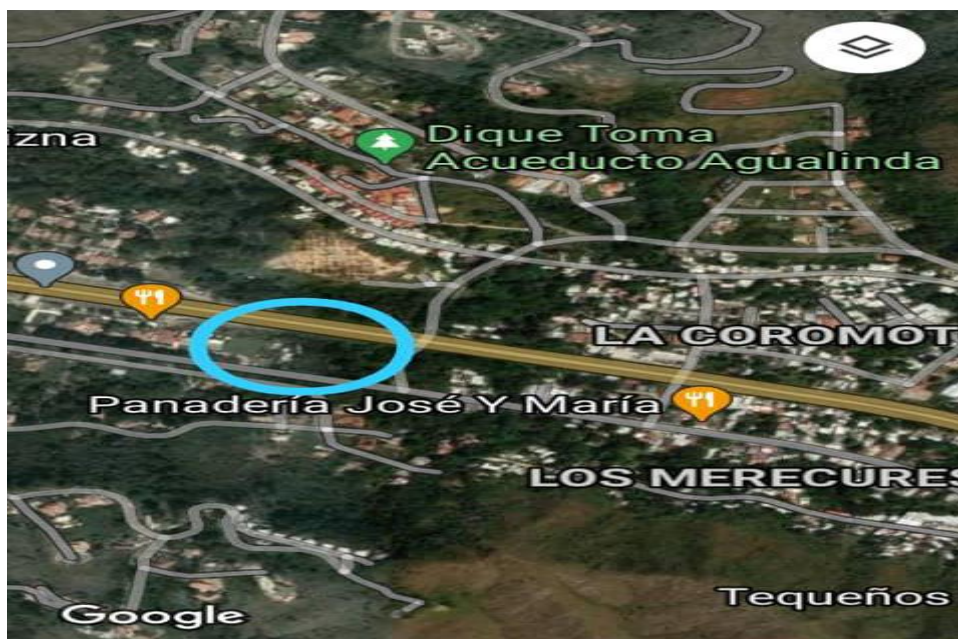


Figura 1. Ubicación geográfica Planta de Tratamiento.
Fuente: Foto digital Google Earth (2021). Adaptado por: Dugarte C. y Ulacio Luis. (2021)

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Se cuenta con personal para el manejo de las unidades	Se carece de información de planos sobre la estructura existente
Se cuenta con los recursos tecnológicos	Deterioro ambiental
Se cuenta con ensayos de la calidad de las aguas	Falta de personal para la supervisión de la planta
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Reducir la contaminación en el cuerpo de agua	Presencia de fauna salvaje
Se proporciona una instalación adecuada para la purificación de las aguas	Abandono de las áreas aledañas al sector donde se encuentra la planta
Adquisición de técnicas avanzadas para el tratamiento de aguas	

Cuadro 1. Matriz FODA
Fuente: Dugarte C. y Ulacio Luis. (2021)

De esta manera con la matriz FODA, se pudo diagnosticar la situación en la que se encuentra la planta de tratamiento, falta de mantenimiento a los equipos,

falta de personal para la supervisión del funcionamiento de la planta, aun cuando manifiestan tener personal de planta calificado. Ya que para poder implementar cualquier tipo de sistema se debe tomar en cuenta que la operación de una planta de tratamiento, implica no solamente controlar el efluente, sino también el manejo de elementos contaminantes e incluso mantener controlados los malos olores o filtrados hacia el exterior.



Figura 2 Planta de tratamiento de aguas residuales de uso doméstico, La Entrada. Municipio Naguanagua. Estado Carabobo.

Fuente: Dugarte C. y Ulacio Luis. (2021)

4.1.2 Fase II: Analizar la factibilidad del uso de un sistema de biopelículas suspendidas móviles para la remoción de la DBO en aguas residuales de origen doméstico.

El estudio de la factibilidad de un sistema de biopelículas suspendidas móviles para la remoción de la DBO en aguas residuales de origen doméstico, se realizó con la finalidad de demostrar la existencia de los recursos necesarios (humanos, materiales, equipos e instrumentos) para llevar adelante el proyecto.

La técnica de los procesos de tratamiento biológico pasa, en primer lugar, por el conocimiento de los fundamentos biológicos, para lo cual se precisa un estudio minucioso del proceso de crecimiento, el cual, a su vez, necesita una cierta base de observación experimental. Por consiguiente, el planteamiento para el diseño y la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales es, o ha sido, muy pragmático. Este hecho actualmente está cambiando, debido a que las demandas de hoy día, con respecto a la depuración, son más estrictas que lo que se puede llevar a cabo con simples aproximaciones pragmáticas. El tratamiento de aguas residuales se está convirtiendo en una disciplina de biotecnología avanzada.

El desarrollo de la tecnología de un reactor, implica desafíos más complicados, y estos diseños implican a su vez combinaciones de procesos más complejas.

La primera etapa en el desarrollo de un modelo de un sistema, es la reducción a los componentes esenciales que lo conforman. En el caso concreto de biopelículas suspendidas móviles se puede, en un análisis primario, establecer la relación siguiente:

- El medio soporte.
- El espesor de la biopelícula.
- La densidad de la biopelícula o la concentración de biomasa adherida de soporte.
- El agua residual con los nutrientes, y los donadores y aceptadores de electrones.
- Las concentraciones de ésta en el líquido, la interfase y la biopelícula.

El conocimiento de las concentraciones en el seno del líquido, en la interfase Líquido-biopelícula y en la biopelícula es esencial. La naturaleza del proceso influye notablemente en la relación entre las concentraciones en el seno de líquido y la interfase.

Las Biopelículas son unos filtros Biológicos caracterizados por una serie de paneles ordenados de manera consecutiva y compacta. Su área superficial es un complejo de agregación de microorganismos marcado por la excreción de una matriz adhesiva protectora. También se caracteriza por muchas adhesiones a la superficie, diversidad genética, interacciones complejas de comunidad, heterogeneidad estructural, y una matriz extracelular de sustancias poliméricas extracelulares (EPS), la cual es la principal responsable de la integridad funcional y estructural de la Biopelícula, que está constituido por biopolímeros, polisacáridos, proteínas y de otras macromoléculas como DNA, lípidos y sustancias húmicas (Nielsen et al, 1997). Con estos elementos se busca generar cambio fisiológico, metabólico y de regulación genética, para así lograr la producción de determinados metabolitos secundarios los cuales son compuestos orgánicos sintetizados por el organismo que no tiene un rol directo en el crecimiento o reproducción del mismo. En el caso de los microorganismos, uno de

los metabolitos secundarios más conocidos son los antibióticos. Hay que tener en cuenta que la Biopelícula genera metabolitos secundarios, lo cual indica que se trabaja en la idiofase que es la fase en la que los microorganismos no crecen, pero sigue metabólicamente activo.

La constitución física de la Biopelícula es verdaderamente imponente a la hora de realizar diseños para el tratamiento de aguas residuales ya que esta hace referencia a una serie de microorganismos que se encuentran agregados en un expolímero y que se organizan en forma de colonias adheridas a diferentes superficies, ya sean animadas, blandas e inanimadas. Todo el expolímero que es producido por los mismos microorganismos, va formando una matriz adherente en donde estos quedan atrapados y comienzan a organizarse en colinas con diferentes requerimientos metabólicos.

La composición bacteriana, va a responder a todos los grupos bacterianos, adaptándose y demostrando la capacidad que tienen para resistir a las condiciones del medio donde se desarrollan las Biopelículas, ya que este medio no estará compuesto únicamente por bacterias, sino que microorganismos como protozoos, hongos, rotíferos, nematodos, anélidos e insectos, pueden formar parte de ellas. (Bitton, 1994)

Las plantas de tratamiento, aunque sean relativamente pequeñas, pueden permanecer abiertos a la atmósfera, dando lugar a la forma más económica de reducción de DBO5. La transformación de la DBO5 es esencialmente afectada por los microorganismos cuya presencia y actividad es realizada por la presencia y procesos mediados, en este caso de estudio el sistema de biopartículas.

Haciendo el análisis de la factibilidad técnica se resuelven las preguntas referentes a dónde, cuánto, cuándo, cómo se puede usar el sistema de biopartículas móviles para la remoción de la DBO5 en aguas residuales domésticas, previa determinación de la localización más adecuada en base a factores que condicionen su mejor ubicación dentro de la planta, haciendo uso de las características con que cuenta la zona de influencia, definiendo el tamaño y capacidad, mostrando la distribución y diseño de las instalaciones, especificando el presupuesto de

inversión, incluyendo el cronograma de inversión de las actividades que se contemplan para poder implementar el sistema

En el análisis de factibilidad económico, se deben presentar los análisis detallados de la evaluación económica a las diferentes alternativas para abordar y dar solución a la problemática planteada. Adicional, se debe realizar el análisis y cuantificación de los costos de operación y beneficios económicos esperados, determinar el monto de inversión total requerida y el tiempo en que será realizada.

La importancia de este estudio se deriva de la posibilidad de llevar a cabo una valorización técnica de las variables técnicas del proyecto, que permitan una apreciación exacta o aproximada de los recursos necesarios para el proyecto; además de proporcionar información de utilidad al estudio económico-financiero.

La investigación técnico económica para la selección de la tecnología más adecuada en este caso el uso de biopartículas suspendidas móviles para la remoción de la DBO5 en aguas residuales domésticas. El proyecto en la planta de aguas residuales con este método, es la solución óptima para la mejora de remoción de la DBO5 en las aguas residuales, ya que permitirá solucionar de manera estable y a largo plazo la problemática.

Las biopelículas han cobrado importancia en el tratamiento de aguas residuales debido a la concentración de biomasa, ya que una biopelícula consigue ser diez veces mayor que la concentración en cultivo líquido. Además, proporciona mayor fijeza dentro del sistema, aumenta la tasa de crecimiento, incrementa la actividad metabólica y genera resistencia absoluta de toxicidad.

4.1.3 Fase III: Proponer un Diseño para la Remoción de la D.B.O en aguas residuales de origen doméstico, utilizando un sistema de biopelículas suspendidas móviles.

La formación de los conglomerados urbanos, complicaron en forma notable el suministro de agua potable, debido a que los ríos se utilizaron simultáneamente como fuente de abastecimiento y como vehículo de transporte de desperdicios domésticos.

Al descargar cualquier tipo de agua residual doméstica, industrial y de agricultura en un cuerpo receptor, se producen cambios en él, ocasionando

diversos efectos tales como mal sabor, olor desagradable, incremento o descenso de temperatura; estas condiciones del agua, traen como consecuencia la alteración de especies que habitan en el cuerpo receptor, la fauna acuática se asfixia por falta de oxígeno y además pueden causar diversas enfermedades en los humanos como cólera, tifoidea, disentería y fiebre amarilla. El déficit máximo de oxígeno depende de la interrelación de la utilización biológica de oxígeno y la reaeración.

Los sólidos orgánicos pueden crear depósitos de lodos que, al descomponerse, ocasionan regiones de alta demanda de oxígeno e intensos olores.

A fin de evitar los efectos antes mencionados, antes de descargar las aguas residuales a los cuerpos receptores, éstas deben ser tratadas adecuadamente para modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, con los límites establecidos por las normas nacionales e internacionales, para que así el cuerpo receptor no sufra un impacto ecológico superior; además, para que se produzca una auto purificación rápida.

Entre los contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas, y en algunos efluentes industriales, se encuentran normalmente compuestos orgánicos biodegradables, que, al ser desdoblados y consumidos por las bacterias, reducen el oxígeno disuelto en el agua.

Uno de los principales contaminantes del agua residual doméstica es la carga orgánica biodegradable (medida a través de la demanda bioquímica de oxígeno DBO5), vertida a los sistemas hídricos, en algunas ocasiones después de su tratamiento.

Los parámetros principales que determinan la magnitud contaminante y las características de tratamiento de las aguas residuales son: la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y el Oxígeno Disuelto (OD).

La Demanda Química de Oxígeno (caso de estudio) es una expresión del poder contaminante del agua, principalmente en aguas residuales que contienen compuestos tóxicos a los microorganismos respecto de la descomposición de la materia orgánica. La prueba (sea cual sea la prueba) de DBO5 mide la cantidad de oxígeno requerido para la respiración de los microorganismos responsables de la

estabilización u oxidación de la materia orgánica a través de su actividad metabólica en medio aerobio. La prueba de DBO5, se usa para determinar los requerimientos relativos de Oxígeno en agua contaminada. Sin embargo, existe la limitante, que desde el laboratorio no pueden reproducirse las condiciones físicas, químicas y de flujo biológico de la DBO5.

La DBO5 tiene un amplio rango de aplicaciones, sin embargo, posee una serie de limitantes tales como las siguientes:

- a) La necesidad de disponer de una alta concentración de bacterias activas y aclimatadas que se utilicen como inóculo.
- b) La necesidad de un pretratamiento de la muestra cuando haya residuos tóxicos en ella.
- c) La necesidad de reducir los efectos de los organismos nitrificantes.
- d) La necesidad de un periodo prolongado para obtener los resultados de la prueba.
- e) El ensayo no tiene validez estequiométrica una vez que la materia orgánica soluble presente en la solución haya sido utilizada.
- f) El periodo de cinco días (mínimo) puede o no corresponder al punto en el que la materia orgánica soluble presente haya sido utilizada.
- g) Una desventaja adicional de la determinación de la DBO5, es que los resultados no dan una indicación de la tasa más alta de oxígeno, a menos que ésta se determine en intervalos diarios durante un periodo de tiempo en lugar del estándar de cinco días.

Las limitantes que presenta la DBO han originado diferentes estudios dirigidos hacia la investigación de un método que las elimine, remueva o disminuya.

Importancia de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

Para controlar las descargas de aguas residuales doméstica, y optimizar la eficiencia de las plantas de tratamiento, se debe determinar la cantidad de materia orgánica. Uno de los parámetros que se usa para tal determinación es la DBO5. La capacidad de las bacterias para digerir la materia orgánica, se mide mediante la prueba de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

La determinación de la DBO5, es una de las pruebas más importantes para conocer la capacidad de contaminación de los cuerpos receptores, y la fuerza contaminante de las aguas negras y los desechos. La DBO5. da una indicación de la cantidad de agua clara de dilución necesaria, para una evacuación satisfactoria de aguas negras por dilución.

Factores que Influyen en la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno, se produce normalmente en el agua, por la materia orgánica disuelta y coloidal. La determinación de la DBO5, es una prueba empírica en la que se utilizan métodos estandarizados de laboratorio, para determinar requerimientos relativos de oxígeno de las aguas residuales, efluentes tratados y aguas con laminadas. La prueba mide el oxígeno utilizado durante un periodo de incubación especificado, para la degradación bioquímica de la materia orgánica, y el oxígeno utilizado para oxidar materia orgánica como los sulfuros y el ion ferroso. Existen muchas variaciones de la determinación de la DBO5. Entre ellos la medición de periodos de incubación muy cortos y muy largos. Cabe mencionar, que la prueba de la DBO5 puede medir el oxígeno utilizado para oxidar las formas reducidas de nitrógeno, a menos que se evalúe con el uso de un inhibidor químico. Esta oxidación, se considera una interferencia de la DBO5 porque la determinación del requerimiento de nitrógeno no es de utilidad para evaluar las necesidades de oxígeno asociado con la materia orgánica; aunque en la actualidad, con las nuevas regulaciones sobre descargas con nutrientes, se podría reconsiderar su utilidad.

Los factores más importantes que afectan el crecimiento biológico son la temperatura, la disponibilidad de nutrientes, el suministro de oxígeno, el pH y la presencia de tóxicos. Los principales factores que influyen en la medición de la DBO5 son: la temperatura, el pH, la aclimatación y la toxicidad.

El tratamiento de aguas residuales, a través de la degradación biológica, ha sido uno de los procesos más utilizados en la última década, debido a su alta eficiencia en la remoción de materia orgánica y solidos suspendidos. Pero su instalación requiere de áreas superficiales extensas, lo cual lo convierte en una limitante para su implementación. Para resolver esta limitante, se han desarrollado

los reactores de lecho móvil, los cuales trabajan bajo el concepto de lodos activados con la implementación de material fijo e inerte, cada uno con diferentes mecanismos de reacción. Los bio-reactores de lecho móvil son sistemas efectivos en plantas de tratamiento de agua residual, con altas concentraciones de materia orgánica. Además, estos sistemas presentan la capacidad de asimilación en aguas residuales con variaciones considerables de carga orgánica, tales como en los tratamientos de lixiviados en rellenos sanitarios.

Constituyentes	Concentración (mg/L)		
	Fuerte	Media	Débil
Sólidos totales:	1200	720	350
Disueltos totales	850	500	250
Fijo	525	300	145
Volátiles	325	200	105
En suspensión totales	350	220	100
Fijo	75	55	20
Volátiles	275	165	80
Sólidos sedimentables (mL)	20	10	5
Demanda Química de Oxígeno, 5 días 20°C	400	220	110
Carbono orgánico total (COT)	290	160	80
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	1000	500	250
Nitrógeno total	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniaco libre	50	25	12
Nitrito	0	0	0
Nitrato	0	0	0
Fosforo	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO₃)	200	100	50
Grasas	150	100	50

Cuadro 2. Composición típica de aguas residuales domésticas no tratadas
Fuente: Metcalf & Eddy, 1998.

La elección del tipo de tratamiento de aguas residuales domésticas, es complejo y son numerosos los condicionantes que han de evaluarse. Las principales características que deben tenerse en cuenta en un sistema de depuración son las siguientes.

- Necesidad mínima de superficie.
- Intervalo amplio de caudal y cargas disponibles, especialmente aquellas con elevada presencia de materia orgánica disuelta.
- Adaptación a variaciones inesperadas de caudal.

- Reducida afectación de los procesos (Sobre todo, de tipo químico y biológico) por las características de agua a tratar.
- Efluentes de calidad adecuada.
- Reducida producción de lodos.
- Mínimo impacto ambiental: olores, intrusión visual, etc.

Los tratamientos biológicos, son los responsables de la depuración de la materia orgánica biodegradable, presente en las aguas residuales. Básicamente es el desarrollo de microorganismos utilizando la materia orgánica como fuente de alimento, y de esta manera, reducir eficientemente la carga orgánica de la misma. Todos estos procesos se realizan a través de las reacciones bioquímicas, que se dan en condiciones controladas y se clasifican en dos grupos: Reacciones aerobias (Se produce en presencia de oxígeno) y reacciones anaerobias (En ausencia de oxígeno disuelto).

El tratamiento se fundamenta en la agrupación de bacterias en forma de biopelícula sobre soportes plásticos, los cuales están en constante movimiento en el reactor biológico gracias a la agitación provocada por sistemas de aireación o también llamados reactores aerobios, en ocasiones también se implementa sistemas anaerobios.

La biopelícula que se desarrolla en la superficie del relleno demuestra una mayor efectividad en comparación con los flóculos biológicos. En las capas superficiales de la biopelícula se da las reacciones biológicas para la remoción de la DBO.

Capacidad de Remoción de los Sistemas de Tratamiento

En lo que respecta a los fenómenos ocurridos en el agua residual, el metabolismo de las biopelículas se desarrolla en cuatro etapas, la primera se basa en metabolizar a gran velocidad la DBO soluble al atravesar la membrana celular; la segunda absorbe la DBO de los coloides y la materia en suspensión en la célula, la otra etapa metaboliza una parte (80%) de la DBO, y en la última etapa, se genera una pérdida de masa, a causa de la oxidación de la masa, el 80% se convierte en productos finales como dióxido de carbono (CO₂) y H₂O; la parte restante se convierte en residuo porque no se puede degradar. Los medios con

biopelículas brindan una alternativa para el tratamiento de aguas residuales, gracias a su alta eficiencia en cuanto a la degradación de materia orgánica.

Todas las particularidades anteriormente mencionadas nos hacen como investigadores proponer un diseño para la remoción de la DBO en aguas residuales de origen doméstico, utilizando un sistema de biopelículas suspendidas móviles en la planta de tratamiento de la entrada, municipio Naguanagua del estado Carabobo ya que los reactores de lecho móvil son de volumen mucho menor, en comparación con los sistemas de fangos activos. Dentro de las ventajas se destaca la facilidad de operación y control, ya que este sistema impide los problemas de atascamiento y lapsos de limpieza que con frecuencia se presentan en otros tipos de procesos con biopelículas, además, de la simplicidad en la ejecución de otros sistemas, como lo es el rediseño de los procesos actuales de fangos activados y la reducción en los costos porque no se requiere de gran personal para realizar el mantenimiento de la operación.

PROPUESTA DEL DISEÑO PARA LA REMOCIÓN DE LA D.B.O EN AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN DOMÉSTICO, UTILIZANDO UN SISTEMA DE BIOPELÍCULAS SUSPENDIDAS MÓVILES.

TIPO DE MATERIAL EN ESTUDIO

Durante el proceso de selección del material, para el medio del cultivo se debe tomar en cuenta una diversa cantidad de materiales que serán ensayados de acuerdo a su densidad y permeabilidad, entre ellos el Polietileno en sus distintos tamaños y geometrías.

El Polietileno debe cumplir con los parámetros requeridos, no debe desprender sedimentos, al momento de obtener resultados en el laboratorio, y no enturbiar el agua dentro del reactor, para que así no haya una confusión con los lodos. Su forma no debe ser irregular, para poder determinar el área superficial, parámetro clave para determinar el número de bacterias por unidad de área. Finalmente, un porcentaje del material se desintegra, otro porcentaje debe dar la

densidad del agua y el resto del porcentaje será desechado, ya que es el que no cumple con el requisito mínimo de calidad necesaria para la investigación.

Finalmente se utilizarán unos rombos proporcionadas por la empresa PLASTYMAP C.A. de Venezuela, las cuales poseen una geometría constante, una aspereza específica requerida por el proyecto y las normas estándar para tratamiento de agua. Las mismas son antisépticas, lo cual contribuye con el buen funcionamiento del reactor y resultados bastantes confiables para este tipo de estudio, ya que conforma perfectamente el sistema de camas móviles requisito indispensable para el proyecto.

SISTEMA DE AGITACION

Una de las condiciones esenciales para la investigación es, garantizar que el reactor se comporte como biopelículas móviles, para lo cual se contaría inicialmente con un motor de 1700 r.p.m. el cual será conectado a un dispositivo de engranajes, reduciendo así la velocidad a menos de la mitad. Estos engranajes luego son acoplados a una caja reductora, todo este sistema es de tipo experimental, de acuerdo a las exigencias presentadas a lo largo de la propuesta. De la caja reductora sale un eje fijado al centro de la base del reactor, cuenta con 4 pequeñas paletas, electro soldadas de aluminio, a las cuales se les remacharían posteriormente, otras de 35cm de largo y 20cm de ancho de material acrílico, en forma de aspas las cuales giran dentro del reactor a una velocidad de 4 r.p.m.

CRONOLOGIA DE LA INVESTIGACION PROPUESTA

- **Día 0:** Selección y búsqueda del medio de cultivo en PLASTYMAP C.A.
- **Día 1:** Diseño y construcción del sistema de agitación, el cual cuenta con un motor de 1700 r.p.m. unas 4 poleas accionadas por cadenas y dispuestas hacia una caja reductora. Finalmente, la Velocidad fue llevada hasta 4 r.p.m. Colocación en el reactor de 100 litros de muestras de aguas residuales de uso doméstico, arranque del sistema y puesta en operatividad.

- **Día 2:** Captación de una muestra de aguas residuales en la planta de tratamiento y primera medición de D.B.O., colocación de la biopelícula móvil.
- **Día 3:** Captación de una muestra de aguas residuales y medición de D.B.O.
- **Día 8:** Calculo del porcentaje de la remoción de la D.B.O.

TÉCNICAS A SEGUIR PARA LA TOMA DE MUESTRAS

Los estudios deben realizarse en tres etapas:

- La primera etapa está dada por los ensayos realizados a los lodos, además de los ensayos preliminares de DBO al arranque del reactor.
- La segunda etapa, refleja la toma de muestras a lo largo del ciclo del reactor, ensayando muestras tomadas de diversas partes del reactor.
- La tercera y última etapa está dada por los ensayos finales de DBO, con tomas de muestra.

Cabe destacar que se deberán tomar 3 muestras y luego el promedio de los resultados, estimando un valor confiable. Todas las muestras deben ser extraídas del sistema siguiendo lo establecido en el Método Estándar. Para esta investigación deben ser tomados como volumen inicial de la muestra, la cantidad de 300 ml y verificar el volumen de salida de la muestra, las cuales deben ser trasladadas hasta el sitio de ensayo de manera refrigerada y en recipientes plásticos para dicha capacidad y posteriormente ser ensayadas.

REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DBO

La investigación cuenta con muchas variables, inicialmente la cantidad de lodos, tapas y alimento; durante el proceso o el ciclo operativo están: el caudal de ingreso, el período de agitación y el alimento; finalmente, pero no menos importante es el período de estabilización, puesto que en cada variación el sistema se ve afectado y es necesario un período de adaptación del mismo a dichos cambios.

Para garantizar la aceptación de los resultados se debe tomar un período de cómo mínimo una semana, tiempo suficiente para obtener datos confiables entre cambio y cambio. Se tendrá muy en cuenta la medición exacta en la fuente dosificadora, ya que los valores marcados por este dispositivo pueden ser erróneos. De la misma manera hay que realizar pruebas cada vez que se llene el tanque alimentador y llevar paso a paso un registro del desenvolvimiento.

Tomando en cuenta todos estos cambios y/o posibles modificaciones, que pudiesen afectar el sistema se realizaron los ensayos de DBO siguiendo el Método Estándar.

ANALISIS DE RESULTADOS

A lo largo del diseño se tienen que llevar a cabo una serie de ensayos, con la finalidad de ir verificando los parámetros de estudio, obtenidos por cálculo, previos a la construcción del reactor. Inicialmente se trabajará con valores obtenidos del laboratorio de HIDROCENTRO para las primeras muestras, tomando una media de los mismos, y así poder verificar dichos valores para la DBO.

Posteriormente se modifican los parámetros de diseño para valores de DBO a medida que esté en funcionamiento el reactor biológico. Obtenidos los resultados estos deben estar muy cercanos a los permisibles por la normativa venezolana, en lo que respecta a carga de DBO para desechos cloacales.

Para todas las muestras a ensayar, se compararán por semanas visualizando y estableciendo los valores obtenidos entre ellas, verificándose así las variaciones entre los resultados. Una vez obtenidos todos los valores desde el inicio de los ensayos hasta el final de la experiencia se evalúa nuevamente los resultados visualizando así la diferencia entre ellos de remoción de la D.B.O.

Durante todo el proceso se tomarán muestras representativas, para un futuro análisis químico, de cada uno de los sectores del sistema. Todos con el fin de garantizar datos confiables acerca de este novedoso sistema aclimatado casi en su totalidad a nuestro país.

Todos los resultados serán afectados por variables inducidas por el investigador, los cálculos obtenidos en función a constantes previas tomadas de literaturas, con el fin de simular un DBO aproximado a las exigencias del proyecto. Este parámetro representa a lo largo de la exploración, un dato clave en los resultados a obtener después de la digestión de las bacterias, puesto que el mismo es inversamente proporcional al incremento del caudal de ingreso. Por el contrario, el factor tiempo no será trascendental, debido a que los datos obtenidos a la salida del sistema (para toma semanal), no presentaran una variación notoria, ya que se demostrara los días requeridos, para que las bacterias presentes en el reactor amorticen dicha transición.

No obstante, un dato clave resultara ser el volumen de biopelículas móviles presentes en el reactor. Inicialmente, a una semana de iniciado el proceso de adherencia de las bacterias al medio de cultivo, se debe realizar un ensayo preventivo, para evidenciar el cambio de color del líquido dentro del reactor, de lo cual se obtendrá como resultado una remoción casi total de la D.B.O.

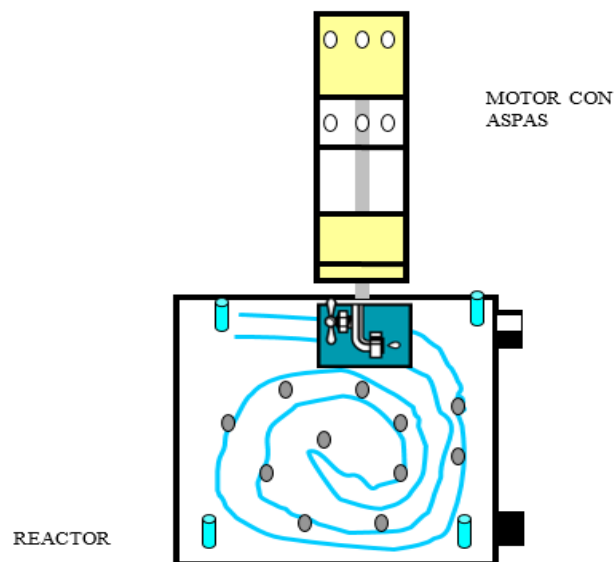


Figura 3 Reactor Biológico Con La Biopelícula Suspendida
Fuente: Dugarte C. y Ulacio Luis. (2021)



Figura 4 Reactor Biológico a escala de Laboratorio
Fuente: Dugarte C. y Ulacio Luis. (2021)

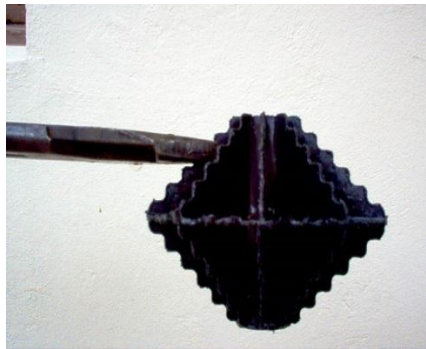


Figura 5 Biopelícula Suspendida antes de ser Introducida Al Reactor
Fuente: Dugarte C. y Ulacio Luis. (2021)



Figura 6 Biopelícula Suspendida después de ser Introducida Al Reactor
Fuente: Dugarte C. y Ulacio Luis. (2021)

CONCLUSIONES

Tras haber realizado el diagnóstico del tratamiento de aguas residuales existente en el Municipio Naguanagua, Edo. Carabobo, se determina la necesidad de diseñar un sistema de remoción de la DBO utilizando biopelículas suspendidas móviles.

El principal objetivo de los proyectos de tratamiento de aguas residuales es la descontaminación, es decir, la disminución del deterioro de la calidad de los cuerpos de agua que reciben las descargas de aguas residuales domésticas e industriales. En esta evaluación se deja propuesto dicho beneficio.

Los biorreactores de biopartículas móviles del sistema de tratamiento en estudio permitieran obtener remociones de la demanda química de oxígeno casi total, lo cual está dentro de los intervalos reportados para estos sistemas en la literatura documental.

El reactor de lecho móvil se diseñará con los parámetros convencionales, para que así presente en los diferentes porcentajes de soportes implementados con respecto al volumen del reactor (80%, 70% y 60% como volumen ocupado) mayores eficiencias de remoción de en términos de la demanda bioquímica de oxígeno, siendo este sistema más efectivo al momento de implementar reactores biológicos

El reactor biológico de medio móvil es capaz de asimilar altas cargas orgánicas; esto debido a que puede alcanzar concentraciones más altas de sólidos suspendido, alcanzando hasta 600 mg/L de sólidos suspendidos por encima de los valores convencionales bajo las mismas condiciones ambientales.

Cuando se presenta concentraciones altas de oxígeno en el afluente al reactor, éste es capaz de removerla más fácilmente

El reactor de lecho móvil, al igual que los diferentes sistemas de tratamiento biológico, se ve afectado por las variaciones de pH y temperatura, los cuales debe mantenerse así: pH en condiciones neutras (6.5-7.5) y la temperatura para garantizar el crecimiento de poblaciones microbianas mesófilas, buscando así un funcionamiento estable y eficiente.

Es importante resaltar que el ensayo de DBO, no se pudo realizar debido a la situación país actual, a saber la pandemia que aqueja a la población mundial, de la cual Venezuela no escapa, por tal motivo y por medidas de bioseguridad no se nos permitió más la entrada a la planta, sin embargo la presencia de malos olores detectados en las visitas realizadas al llevar a cabo TG1, es un indicativo del mal funcionamiento de la Planta de Tratamiento de aguas residuales, debido a que esto no debería de ocurrir en tratamientos aerobios, y la planta de tratamiento en estudio trabaja con lodos activados en su variante convencional, por lo que se hace valedera la propuesta de colocar las películas móviles a fin de mejorar la actividad bacteriana en el tratamiento. (Reactor Biológico)

RECOMENDACIONES

Se recomienda la planificación y reestructuración de la red de colectores de aguas residuales de origen domestico de todo el casco central del Municipio Naguanagua, ya que es necesario garantizar una captación eficiente de las aguas para su posterior tratamiento.

Incluir a los nuevos urbanismos dentro del sistema de recolección de aguas servidas que se dirige a la planta de tratamiento evitando descarga irresponsable y descontrolada. Lo ideal es tener un sistema de recolección de aguas servidas separado de los sistemas de recolección de aguas de lluvias, pero la separación de estos sistemas implicaría una inversión de muy alto costo.

Así bien el implementar un sistema de biopelículas suspendidas móviles para la remoción de la DBO para el tratamiento de aguas puede generar una alta inversión inicial, pero esta dará frutos a largo plazo, ya que tiene bajo costo en mantenimiento y una vida útil prolongada. Según normativas no se aceptara la simple dilución de las aguas como único tratamiento para aguas servidas.

Es recomendable realizar los cálculos estructurales para la ejecución del proyecto y su factibilidad económica.

Este proyecto debe ser desarrollado en corto plazo con el fin de disminuir la probabilidad de materialización de los riesgos haciendo énfasis en el cumplimiento normativo, lo cual podría ocasionar una sanción monetaria o en el peor escenario una sanción de cierre temporal de la planta de tratamiento.

Para la implementación del proyecto se recomienda utilizar la metodología descritas, haciendo énfasis en las Fases descritas en el desarrollo de la propuesta, con el fin de controlar de manera eficiente y transparente los recursos optimizando el tiempo de ejecución y el recurso humano.

Se debe tener cuidado con las condiciones donde se desarrollará el trabajo, siendo estas la temperatura promedio anual del ambiente, la composición del agua residual doméstica, el caudal de ingreso y el cuidado para la correcta adecuación del proceso.

Revisar continuamente el ingreso constante del caudal hacia los filtros aerobios, ya que este tiende a saturarse a la salida de la tubería por el crecimiento de biopelícula, haciendo variar el caudal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberston, O. (1996). **Reducción simultanea de DBO (C9, NH4 y desnitrificación en un reactor de Biopelícula)** Cataluña: Tratamientos Biológicos procesos de Biopelícula fija.
- Ambrosio, J. (2000). **Reducción simultanea de DBO Carbonacea, NH4 y desnitrificación en un reactor biopelícula.** Buenos Aires: Congreso Argentino de Saneamiento y medio ambiente.
- APHA, AWA, WPCF (1992). **Métodos Normalizados Para El Análisis de Aguas Potables y Residuales.** 1era. Edición en español. Ediciones Díaz de Santos, Madrid –España.
- Arias F (2012) **El proyecto de investigación.** Caracas: Editorial. Episteme
- Balestrini, M. (2012) **Como se elabora el Proyecto de la Investigación.** Sexta Edición. Caracas: Editorial Panapo
- Boller, M. (1997). **Small Wastewater Treatment t – A Cge to Wastewater Engineers.** Water Science & Technology, Vol 35, N°6. p 1-12.
- Cabezas, E. y Betancout, J. (1984). “**Estudio comparativo entre Plantas Convencionales y No Convencionales para la potabilización de aguas**”. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Metropolitana de Caracas.
- Caicedo, Ángela; Ferrante, Viviana (2018) “**Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales por medio de biopelícula suspendida sumergida aireada en el centro internacional de investigación de aguas y suelos de la U.C.**”. Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Escuela de Ingeniería Civil. Valencia.

- Dautant, Rafael (2015) “**Tratamiento biológico de aguas residuales**”. Trabajo de ascenso. Universidad de Carabobo. Escuela de Ingeniería Civil. Valencia.
- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1995). **Manual de Tratamiento de Aguas Negras**. 13ra reimpresión, Editorial LIMUSA. México.
- Gaceta Oficial N° 5021. 18-12-95. **Técnicas Ambientales**.
- Giordano, W. Y González, E. (1979). “**Biolecho Anaerobio para el Tratamiento de un Desecho Sintético a Escala de Laboratorio**”. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Hulshoff, L y Lettinga, G (1984). **New Technologies for Anaerobic Wastewater. Water Sce Technology**, Vol 18, N°12, pag 41 – 53.
- La Rosa, Gian; Cruces, José; Delgado, José (2018) “**Diseño, construcción y operación de un reactor biológico a escala, del tipo de biopelículas por camas móviles (M.B.B.R.)**”. Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Escuela de Ingeniería Civil. Valencia.
- Lapo, B. G. (2014). **Estudio de medios de soporte para el crecimiento bacteriano aplicado al tratamiento biológico aerobio de aguas residuales**. Quito: Escuela Politécnica Nacional
- Lawrence, A., W. y Mc Carty, P., L. (1969). “**Kinetics of Methane Fermentation in Anaerobic Treatment**”. **Journal of Water Pollution Control federation**. 41(2), R1, R17.
- Marquez Adriana; Nava, Judimar (2017) “**Construcción y puesta en funcionamiento de un reactor del tipo biopelícula sumergida aireada**”. Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Escuela de Ingeniería Civil. Valencia.

Mc Carty, P., L. (1966). “**Anaerobic Treatment of Soluble Wastes**”. **Especial Lectures Series on Avances in Water Quality Improvement**. The University Texas. Texas.

Metcalf / Eddy (1985). **Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y reutilización**. Volumen II, 3ra. Edición, Editorial MacGraw – Hill, España.

Tamayo y Tamayo (2014). “**El proceso de la investigación científica** Edición N°4. Limusa, México

Winkler, M. A., C. Eng., M. I. Chem. E. (1994) **Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho**. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Survey. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. Balderas 95, México D.F.

REFERENCIAS ELECTRONICAS

- http://www.sfcu_at-business-wastewater_archivos.com
- [http://asiste.itgo.com/1htm/tratamiento de agua residual.es](http://asiste.itgo.com/1htm/tratamiento%20de%20agua%20residual.es)
- <http://www.innopack.com.ve>
- <http://www.tanswer.cl/ta/sbr.htm>
- <http://www.cec.uchile.cl/cabierta/revistas/10/articulos/articulo.f.html>
- <http://www.sequencertch.com>