

TECNM CAMPUS DE LOS RÍOS
ACADEMIA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Anteproyecto de Residencia Profesional:

**DIAGNÓSTICO DE LA GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES
EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LOS RÍOS.**

Presenta:

GARCIA MAZARIEGO JUANA CECILIA
JIMENEZ CASTRO YAZMIN JANETH

Asesor interno:

VIDAL JIMÉNEZ ANTONIO DE JESÚS

BALANCÁN, TABASCO, 12 AGOSTO DE 2021.

Indice de Contenido

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| JUSTIFICACIÓN..... | 5 |
| OBJETIVOS..... | 6 |
| CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA..... | 7 |
| ORGANIGRAMA GENERAL DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LOS RÍOS..... | 8 |
| PROBLEMATICA A RESOLVER..... | 9 |
| CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES | 10 |
| ALCANCES Y LIMITACIONES..... | 11 |
| FUNDAMENTO TEORICO | 11 |
| DEFINICIONES CONCEPTUALES | 24 |
| BÚSQUEDA INFORMACIÓN DOCUMENTAL | 27 |
| SELECCIÓN SITIOS DE MUESTREOS Y OBTENCIÓN DE MUESTRAS .. | 29 |
| RESULTADOS | 38 |
| CONCLUSIONES | 46 |
| RECOMENDACIONES..... | 50 |
| REPORTE DE VISITA A LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN..... | 50 |
| FLORA..... | 44 |
| ANEXO 1 | Error! Bookmark not defined. |
| PLANTAS QUE DEBERÍAN POSEER LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN.... | 46 |
| ANEXO 2 | 51 |
| VISITA A LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN | 51 |
| ANEXO 3 | 52 |
| ANÁLISIS DE MUESTRAS DEL ITSR..... | 52 |
| CALCULO AFORO DE LA DESCARGA..... | 51 |
| CALCULO EFICIENCIA DE REMOCIÓN CONTAMINANTE..... | 52 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 53 |

Indice de contenido de figuras

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Delimitación del área de estudio en el ITSR en Balancán, Tabasco ... | 7 |
| Figura 2. Organigrama de la institución..... | 8 |
| Figura 3. Tren de tratamiento de agua residual..... | 22 |
| Figura 4. Agua ya tratada lista para el uso agrícola | 24 |

Indice de contenido de tablas

| | |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Cronograma de actividades a realizar | 10 |
| Tabla 2. Sistemas de tratamientos de agua residual..... | 18 |
| Tabla 3.Sistema de humedales de agua residual..... | 21 |
| Tabla 4.Descargas municipales | 30 |
| Tabla 5. Normatividad y parámetros de caracterización | 32 |

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales, para su disposición apropiada, constituye uno de los problemas de salud inherente a la actividad humana diaria. Los procesos de tratamiento suponen inversiones de capital elevadas y costos de operación altos que la mayoría de las comunidades no están en capacidad de asumir ni de financiar. (ROMERO J.A., 2000)

En el estado de Tabasco, la mayoría de las comunidades y municipios que se encuentran a los márgenes de ríos o cuerpos de agua, utilizan estos para descargar sus aguas residuales contaminándolos. En el estado de Tabasco se encuentra concentrada el 30% del agua dulce del país, sin embargo, a pesar de tanta abundancia de este líquido, la calidad del agua que corre por el territorio estatal se ha visto severamente impactada por las actividades antropogénicas de las poblaciones que viven junto a los ríos, lagunas, pantanos y demás cuerpos de agua, haciendo necesaria la instalación de plantas potabilizadoras para el consumo y plantas de tratamiento de aguas residuales para disminuir el deterioro ambiental. (Santiago, et al., 1996).

Para determinar la calidad del líquido vertido es necesario llevar a cabo la caracterización y análisis fisicoquímicos sobre muestras obtenidas en los diferentes puntos de vertido, después de ser tratada el agua residual debe ser evacuada a un cuerpo de agua o terreno. (NOM-001- SEMARNAT-2022).

Las aguas residuales generadas en el TECNAM campus de los ríos son la mezcla de aguas negras de origen sanitario las cuales son directamente vertidas en la laguna de oxidación que se encuentra en esta institución, actualmente el TECNAM campus de los ríos no cuenta con ningún tipo de tratamiento de aguas residuales para ellos se pretende realizar un análisis mediante un muestreo y así saber las condiciones de las mismas.

En ese sentido el presente trabajo, tiene como objetivo principal elaborar el diagnóstico de las descargas de aguas residuales del Instituto Tecnológico Superior de los Ríos ya que no cuenta con un manejo adecuado, el presente proyecto se realizó para conocer qué tipos de contaminantes se encuentran en el sitio de descarga de agua residual, con la finalidad de verificar la problemática y plantear una propuesta de solución.

JUSTIFICACIÓN

La ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, busca el desarrollo sostenible en el país, desde el bienestar de toda persona hasta la protección a la biodiversidad, esta ley estipula tres artículos importantes.

Artículo 118°- Define los criterios para la prevención y control de la contaminación del agua.

Artículo 121° - Establece que el agua residual debe ser tratada y debe contar con el permiso de la autoridad para poder ser descargada.

Artículo 123° - Las descargas de agua deben satisfacer las normas oficiales mexicanas.

La ley de aguas nacionales menciona que las disposiciones de esta Ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo. Estas disposiciones también son aplicables a los bienes nacionales que la presente ley señala. La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

Es evidente que algunas de las operaciones de las lagunas de oxidación para el manejo de aguas residuales en la institución no han sido cumplidas a cabalidad, pues en la actualidad estas deberían de estar funcionando correctamente; pero hasta el día de hoy solo se dispone de 2 lagunas las cuales no disponen de tuberías de PVC adecuadas para su mejor vertimiento y funcionamiento. Por lo anterior, se procedió determinar el estado actual de las aguas residuales vertidas en las lagunas de oxidación, ya que un inadecuado funcionamiento conlleva a maximizar la degradación del ecosistema y repercute en la salud de la población.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Realizar un diagnóstico de la generación de aguas residuales como medida de control y propuesta de tratamientos eficientes en el Instituto Tecnológico Superior de los Ríos.

Objetivos específicos

- Realizar la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales generadas en el Instituto Tecnológico Superior de los Ríos.
- Calcular los gastos hidráulicos actuales del comportamiento de las descargas de aguas residuales.
- Caracterizar el área de estudio.

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA

La investigación se llevó a cabo dentro del Instituto Tecnológico Superior de los Ríos, realizando muestreos del agua residual con el fin de caracterizar esta misma. Dicha área de estudio se localiza en Balancán, Tabasco con coordenadas 17°48'19"N 91°32'11"O.

El área de estudio limita con los siguientes puntos:

- Edificio A
- Edificio B
- Edificio C
- Edificio D
- Cafetería

Cabe resaltar que son las áreas donde se generan las AR para posteriormente ser vertidas en el la laguna de oxidación que se ubica dentro del ITSR.



Figura 1. Delimitación del área de estudio en el ITSR en Balancán, Tabasco

ORGANIGRAMA GENERAL DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LOS RÍOS

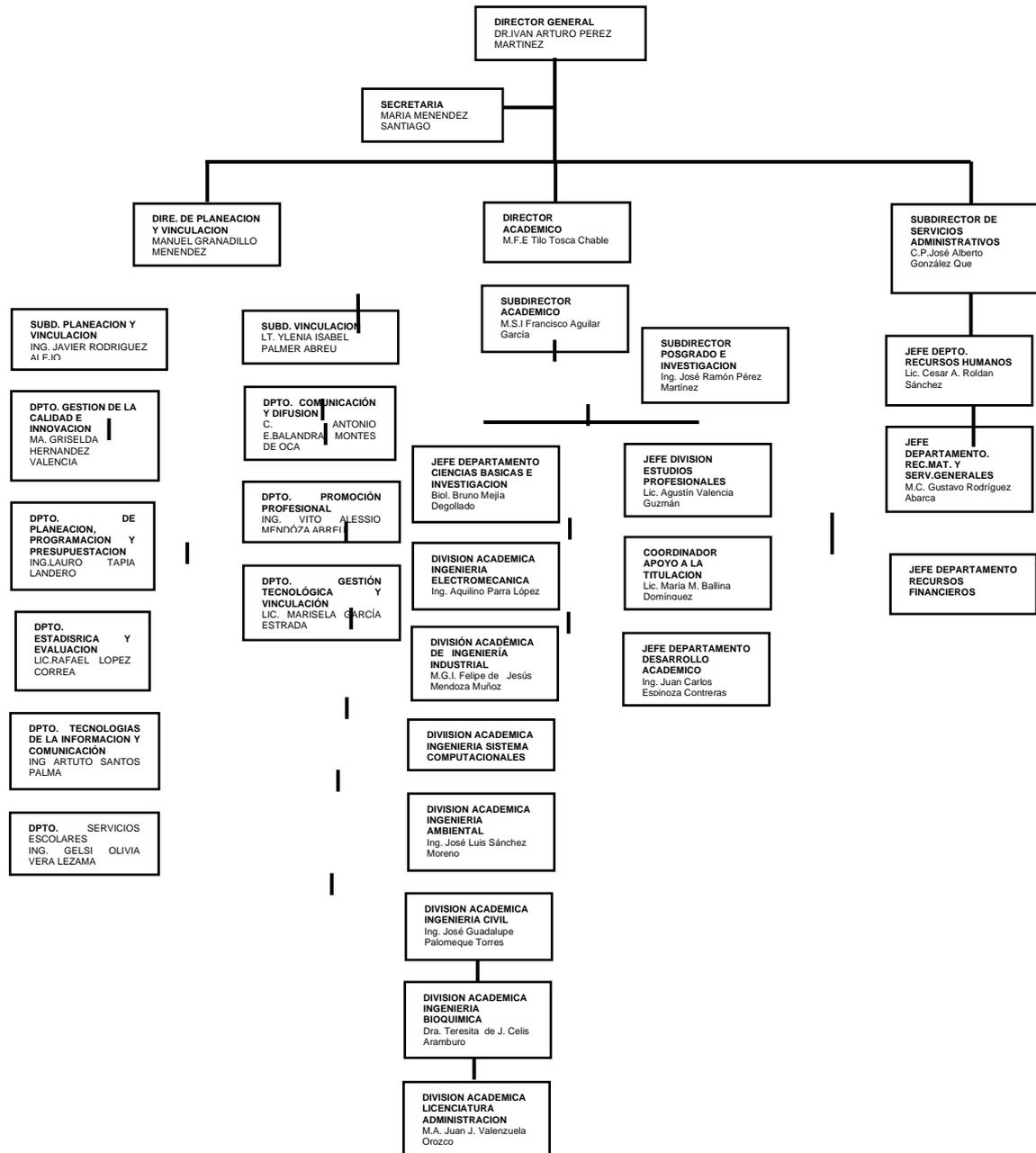


Figura 2. Organigrama de la institución

PROBLEMATICA A RESOLVER

En la actualidad uno de los tantos problemas preocupantes que existen de la contaminación en el mundo, es la generación de grandes volúmenes de aguas residuales domésticas, lo que exige la aplicación de sistemas de tratamientos para estas aguas, con una gran infraestructura para satisfacer las necesidades de dicho tratamiento. Entre los diversos tratamientos de las aguas residuales podemos encontrar procesos y operaciones unitarias.

De acuerdo con información del Instituto Nacional Estadística y Geografía (INEGI) en el 2018 en el estado Tabasco, se generó un total de 400 millones de metros cúbicos de agua residuales, de los cuales alrededor del 38 por ciento no son reutilizados y ni mucho menos recibe un tratamiento previo a ser descargadas directamente a los cuerpos de agua.

Este 38% por ciento representa aproximadamente alrededor de 150 de los 400 millones de metros cúbicos, esto de acuerdo a una revisión al inventario nacional de plantas de tratamiento de aguas residuales y potabilizadoras de estados y municipios, elaborado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la cual reveló que en Tabasco existen 70 infraestructuras de ese tipo con una capacidad de 2 millones 77 mil litros por segundo, aunque solo trata un millón 613 mil litros por segundo, es decir poco más del 50% por ciento.

Actualmente el problema a resolver está enfocado en la generación de agua residual de los edificios del Instituto Tecnológico Superior de los ríos ya que no existen estudios que muestren el estado actual de las aguas residuales así como no cuentan con algún tipo de tratamiento ni manejo para descarga por ello se llevará a cabo un diagnóstico de la generación en cada uno de los edificios la cual constará de acuerdo a la metodología y normatividad aplicable para su elaboración.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 1. Cronograma de actividades a realizar

| No. | Actividades | Agosto | | | Septiembre | | | Octubre | | | Noviembre | | | Diciembre | | | Enero | | | | |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------|--------|---|---|------------|---|---|---------|---|---|-----------|---|---|-----------|---|---|-------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Objetivo 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Búsqueda información documental | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Objetivo 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Reconocimiento de área de estudio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Aforo de las aguas residuales. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Selección de los sitios de muestreos y selección de las muestras. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Objetivo 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Evaluación del gasto teórico de aguas residuales. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Análisis del resultado. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Eficiencia requerida de sistema. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Excedente de parámetros. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Generación de reportes de resultados obtenidos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ALCANCES Y LIMITACIONES

Dentro de los alcances esperados al poner en marcha el proyecto se obtendrá lo siguiente:

- a) Obtener la caracterización de los diferentes tipos de plantas con las que cuentan las lagunas de oxidación.
- b) Analizar la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales del ITSR.
- c) Evaluar con la normativa actualizada, La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2022 que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales.
- d) Obtener el resultado del aforo de las descargas de agua residual en el ITSR.

Limitaciones:

- a) Las descargas se hacen sin registro alguno y sin control ya que nunca se contó con personal capacitado para ello.
- b) No se contó con todo el equipo de trabajo para llevar a cabo los muestreos correspondientes en tiempo y forma.
- c) La falta de limpieza en el área de estudio no permitió realizar el muestreo correspondiente debido al exceso de maleza y residuos sólidos.
- d) No permitió realizar la caracterización del agua residual en tiempo y forma debido a la problemática que presentó la pandemia.

FUNDAMENTO TEORICO

Habiendo realizado una búsqueda detallada se encontró información relevante relacionada al tema de la investigación, de lo cual se destaca lo siguiente:

- ✚ La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2022 que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación para que el efluente del instituto tecnológico superior de los ríos pueda ser tratado.
- ✚ El primer sistema de tratamiento en la humanidad que se utilizó fue anaerobio: pozo séptico. En 1887 A.N. Talbot de Urbana (Illinois) le colocó baffles a dicho pozo. En 1905 Karl Imhoff, ingeniero alemán separa las dos fases del proceso: sedimentación y digestión. El gran avance fue el proceso de mineralización de lodos en periodos largos de retención, haciendo más segura e inofensiva la disposición”.
- ✚ En 1806 empieza a funcionar en París la mayor planta de tratamiento de agua conocida hasta el momento. Allí, el agua sedimentaba durante 12 horas antes de su filtración. Los filtros consistían en arena, carbón y tenían una capacidad de seis horas.
- ✚ A partir de 2008, la Conagua ha impulsado el tratamiento de aguas residuales industriales, promoviendo la participación del sector industrial en sus diferentes giros, para la realización de obras y acciones de saneamiento y dotación de infraestructura.
- ✚ Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para reúso en riego de Parques y Jardines en el Distrito de la Esperanza, se propuso como objetivo diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para reúso en riego de parques y jardines en el Distrito de La Esperanza. La investigación, determinó que el proyecto elaborado contribuirá en la gestión presupuestaria, y en hacer factible el riego de parques y jardines con agua residual tratada, por lo tanto, evitaría así la contaminación, y disminuiría el costo por el uso de agua potable en riego de parques y jardines. El aporte de esta tesis nos servirá de guía para elaborar nuestro presupuesto, con respecto a nuestra propuesta de solución en el presente estudio, (López, R., Herrera, K. (2015).
- ✚ El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales, La Solución biotecnológica consiste en la instalación de humedales artificiales que actúan como filtros naturales. Ubicados entre la planta y los recursos acuáticos (ríos, lagos, lagunas), estos sistemas, además de no necesitar mantenimiento ni consumir energía eléctrica, cuestan menos

que la cuarta parte de un sistema de tratamiento tradicional. Los humedales se construyen utilizando diferentes especies de plantas que abundan en la zona: totoras, repollitos de agua, camalotes o juncos, (Cristian FRERS, Técnico Superior en Gestión Ambiental. Consultor Ambiental cristianfrers@hotmail.com).

- ✚ Uso de macrofitas acuáticas en el tratamiento de aguas para el cultivo de maíz y sorgo, (María Guadalupe Ramos-Espinosa¹, Luis Manuel Rodríguez-Sánchez¹ y Patricia Martínez-Cruz, octubre de 2005).
- ✚ Macrofitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte, (Jorge Martelo¹, Jaime A. Lara Borrero, junio de 2012).
- ✚ Humedales artificiales: Una alternativa para el pos tratamiento de aguas residuales agroindustriales, (Nelson Rodríguez Valencia. Investigador Científico III).
- ✚ Sistema mixto de tanques anaerobios y Fito remediación como una alternativa de bajo costo para el tratamiento de aguas residuales en centros recreativos, Se logró estabilizar el sistema al cabo de 90 días, así como tener un efluente al término del periodo de operación con niveles de DBO₅, SST, NTK, aceites y grasas, así como coliformes dentro de los límites máximos permisibles indicados por la norma NOM-001-SEMARNAT-1996.
- ✚ Tratamiento de aguas residuales mediante procesos basados en la radiación solar y el ozono. Evaluación mediante técnicas analíticas y microbiológicas avanzadas. En esta Tesis doctoral se ha abordado el problema de la contaminación de los recursos hídricos con compuestos tóxicos y biorecalcitrantes mediante la combinación a escala piloto de tratamientos físico-químicos (coagulación/floculación), procesos de oxidación avanzada (ozonización y foto-Fenton solar) y tratamientos biológicos (fangos activados). Como agua a estudiar se ha elegido un efluente de carácter industrial que procede del cocido del corcho natural previo a su comercialización. Para la evaluación de estos tratamientos se han utilizado herramientas analíticas convencionales y avanzadas (medidas de COD, DQO, turbidez, nitrógeno total, hierro en disolución, contenido poli fenólico total, SST, SSV, cromatografía iónica,

cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas, etc.), técnicas microbiológicas (recuento en placa, microscopía óptica, extracción de ADN, qPCR o técnicas metagenómicas) así como tests microbiológicos de toxicidad y biodegradabilidad (Respirometría, BioFix@Lumi, Artoxkit, Protoxkit o Daphtoxkit).

- ✚ Tratamiento de aguas residuales en el tanque Imhoff para disminuir la contaminación en la quebrada Sicacate del distrito de Montero. La investigación fue desarrollada, basada en las características iniciales del agua que ingresa al tanque de Imhoff, en comparación con la calidad del agua que sale (efluente). Se usaron aditivos esenciales tales como: bacterias degradantes, que se cultivaron en condiciones específicas, a fin de reducir la carga orgánica presente en el efluente. Asimismo, se utilizaron concentraciones de hipoclorito de calcio, que fueron evaluadas y examinadas, para reducir la carga microbológica en el efluente. Ambos objetivos se lograron, demostrando que el uso de hipoclorito de calcio y bacterias degradantes mejoraría la calidad del agua del efluente del tanque Imhoff, mejorando la calidad del flujo de salida, reduciendo la contaminación del cuerpo de agua donde se deposita (Quebrada Sicacate). Se demostró que con este tratamiento, fue posible reducir la contaminación del agua, sin embargo, no es suficiente, proponiendo la implementación de otros tratamientos complementarios (lagunas aireadas, humedales), que facilitan el mejor tratamiento de aguas residuales urbanas; así como una mejor utilización del lodo obtenido del tanque Imhoff, producto del tratamiento (sedimentación). (Staci Nicole Moreno Jabo, Piura, Perú 2017).
- ✚ Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un humedal artificial de flujo subsuperficial con vegetación herbácea. La investigación tiene como objetivo principal tratar el AR de los efluentes de la Hacienda Zoila Luz, para lo cual se realizó un diagnóstico a la población que habita en el sitio, se obtuvieron los parámetros para el diseño y construyó un Sistema Artificial de Flujo Subsuperficial, se probaron las especies vegetales *Echinochloa polystachya* Hitch, *Eriochloa polystachya* Kunth, *Brachiaria mutica* Forks en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, se evaluaron los niveles de concentración de DBO₅, DQO,

Aluminio, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Índice de Coliformes y Sólidos Totales. Luego que el efluente fue tratado en los humedales artificiales los niveles de concentración disminuyeron en un 75% (DBO5 37 mg/l, DQO 107 mg/l, aluminio 1,037 mg/l, nitrógeno total 9,872 mg/l, índice de Coliformes $1,8 \times 10^8$, fósforo total 2,38 mg/l, sólidos totales 321 mg/l). el análisis de varianza no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, así el agua tratada en los humedales están dentro de los límites permisibles para la descarga de AR a cuerpos de aguas dulces según lo establece el Ministerio de Medio Ambiente, TULAS y la FAO. (Cueva Torres Edinson Yasmany, Rivadeneira Bravo Fidel Alfonso, Santo Domingo 2013).

- ✚ Tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE). El tratamiento de aguas residuales domésticas en asentamientos humanos dispersos es un problema que compete al desarrollo local sostenible, para el saneamiento de estas aguas han surgido una serie de tecnologías, una de ellas son las denominadas alternativas, cuyas características son adecuadas para esos casos. Bajo dicho contexto, se formuló una propuesta con la técnica SUTRANE para las aguas residuales de las viviendas aledañas a la Laguna de San Miguel Almaya, México.
- ✚ Tratamiento de aguas residuales para el caserío villa palambra La tesis tiene como objetivo el diseño adecuado para el tratamiento de aguas residuales domésticas del caserío Villa Palambra (distrito de Canchaque), para su posterior reúso en el riego de áreas agrícolas cercanas, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de esta zona. Con tal fin, se hizo un muestreo compuesto para ver la cantidad de demanda biológica de oxígeno (DBO) y coliformes totales, presentes en el agua residual de la poza de oxidación del caserío, que hace el papel de almacenamiento de efluentes. Estos datos fueron de vital importancia dentro de la investigación, ya que con ello se propuso las posibles alternativas de tratamiento por medio de 2 criterios: matriz de valor relativo y valor actual neto, con lo cual, se procedió al diseño de la alternativa más adecuada de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la Agencia de

Protección Ambiental (EPA). Una vez hecho el diseño, apoyándose en proyectos similares, se estimó el costo del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto. (Pedro Lizana-Yarlequé, Piura, julio de 2018).

- ✚ Tratamiento foto-químico de aguas residuales urbanas de la ciudad de huachinango, puebla y su análisis microbiológico. La problemática de la calidad del agua que se presenta en torno a la situación del municipio de Huauchinango, perteneciente a la región número uno del estado de Puebla, alrededor de la cuenca hidrológica de la presa Necaxa, en particular en el río Necaxa ubicado en dicho municipio es causada por una excesiva carga microbiológica y orgánica debido que a este cuerpo de agua recolecta las aguas de arroyos y ríos de los municipios de Huauchinango, Juan Galindo, Ahuazotepec, y Zacatlán; así como las descargas de drenaje de las poblaciones aledañas a la cuenca. La inocuidad del agua de consumo no depende únicamente de la contaminación fecal, algunos microorganismos proliferan en las redes de distribución de agua, mientras que otros se encuentran en las aguas de origen pudiendo ocasionar epidemias. En el trienio 2005-2008, en el municipio de Huauchinango se construyeron tres plantas tratadoras de aguas residuales en las comunidades de Papatlazolco, Ahuacatlán y Tlacomulco, ninguna de ellas está en funcionamiento." (Arrizando cruz montes, 8 de marzo de 2015).
- ✚ Estudio de un Sistema de Depuración de Aguas Residuales para reducir la contaminación de Río Ambato y los sectores aledaños, en el sector de Pisocucho, de la parroquia Izamba, del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. Señala que la creación de un sistema de Depuración de Aguas Residuales, en el sector de la Quebrada Pisocucho, al ser este el lugar de descarga de los alcantarillados de las parroquias: Atahualpa, Martínez e Izamba, sería de gran importancia ya que las aguas servidas se descargan en el río Ambato sin haber tenido el tratamiento previo, causando así un grave daño al ecosistema del río; mencionando también que en estos alcantarillados descargan aguas residuales de fábricas, específicamente curtiembres cuyos desechos contienen varios químicos altamente contaminantes y peligrosos. El río Ambato al ser un ecosistema

altamente vulnerable, no puede recibir tal grado de contaminación, por lo cual resulta de vital importancia la creación de un Sistema de Depuración de Aguas Servidas, a lo que en este proyecto trata los aspectos socio económicos, físicos y topográficos del sector; población; diseño hidráulico del canal desarenador; cálculo de los canales, presupuesto y estudio del impacto ambiental. (Alex Guillermo Villacis Proaño, Ambato-Ecuador 2011).

- ✚ Propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales de Arbelaez a partir del sistema de deer island wastewater. La disposición final del agua residual representa un problema que va en aumento debido al crecimiento demográfico, a nuevas prácticas de consumo y al crecimiento industrial. En Colombia menos del 50% de los municipios cuenta con una PTAR y muchas de ellas no cumplen con las condiciones normativas que garanticen la calidad del agua para su rehusó, especialmente en actividades de tipo agrícola. También sigue siendo común que la disposición final de las aguas residuales se haga de manera directa y sin tratamiento en los cuerpos de aguas superficiales, generando problemas de contaminación ambiental y en la salud pública; a razón de lo anterior, este proyecto tuvo como objetivo realizar una propuesta de mejora en la PTAR del municipio de Arbeláez con base en el sistema de Deer island WasteWater treatment plant, ya que desde el año 2002 esta planta no funciona adecuadamente por falta de mantenimiento y porque la descontaminación en la descarga solo llegaba al 50%. (María Camila Méndez Gómez, Bogotá 2019).
- ✚ Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de velez – Santander. En el presente trabajo se plantea el diseño hidráulico de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de oxidación, para la remoción del 80% de carga de DBO y sólidos suspendidos totales en el efluente final para el casco urbano del municipio de Vélez Santander con el respectivo manual de operaciones y mantenimiento de la PTAR; el diseño está compuesto por diferentes etapas como el tratamiento preliminar y tratamiento secundario, el pre tratamiento comprende un canal de captación, la estructura de cribado y un desarenador de flujo

horizontal, el tratamiento secundario está compuesto por el zanjón de oxidación que realiza el proceso biológico , un sedimentador secundario y por último el tratamiento de lodos por medio de lechos de secado de

| | |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Qué es? | Los sistemas de tratamiento de agua se utilizan, en términos generales, como mecanismos de depuración para remover contaminantes y poder disponer o reutilizar este recurso. |
| Ventajas | se abocan a la eliminación de bacterias patógenas, a la estabilización de la materia y a la reducción de la contaminación de cuerpos receptores |

arenas. (Lady Johana G. Nieto, Bogotá 2016).

- ✚ Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) por lodos activados en el municipio de soata Boyacá. El presente documento plantea el diseño funcional de una planta de tratamiento de aguas residuales mediante el método de lodos activados, para la remoción de contaminantes y sólidos suspendidos. El diseño se basa en la recirculación de la biomasa en diferentes procesos, obteniendo una remoción más eficiente y reduciendo los desechos resultantes. (Luis Nicolás cuatis Chávez, Bogotá 2018).

Tabla 2. Sistemas de tratamientos de agua residual

| SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUA RESIDUAL | | |
|------------------------------------------|-------------|----------------|
| Sistema primario | Descripción | Requerimientos |
| | | |

| | | |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Sistema de filtración (rejas y filtros)</p> | <p>Los sistemas de filtros primarios son usados para separar partículas de gran tamaño del agua residual. Se encarga de hacer pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de conservar la mayor cantidad posible de materia en suspensión. La remoción de estas partículas previene el taponamiento de tuberías «aguas abajo» y la protección de equipos «aguas arriba»</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Rejas fijas. • Filtro de canal, incluyendo una reja motorizada y filtros de tornillo para canal. • Filtros parabólicos, incluyendo tipos estáticos y vibratorios. • Filtros rotatorios, de alimentación interna y externa. • Filtros de tela. |
| <p>Separadores por gravedad</p> | <p>Son usados para remover sólidos pesados y partículas flotantes, como aceite del agua residual, sin necesidad de añadir químicos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Unidades de sedimentación. • Transportador de tornillo para arenas. • Separadores de aceite y agua API / CPI / TPI. • Separadores de flujo cruzado. • Separadores en contra-corriente. |
| <p>Sistema de flotación</p> | <p>Mediante la adición de aire o gas disuelto, los sistemas de flotación son usados para separar materiales mediante flotación por aire o gas disuelto.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Los sistemas pueden realizarse por aire o gas inducido u aire o gas disuelto, tanto con o sin paquetes de láminas. |
| <p>Sistemas de coagulación y floculación</p> | <p>Estos sistemas de coagulación y floculación se utilizan para remover emulsiones, dispersiones y metales pesados del agua residual mediante la adición de coagulantes, floculantes o precipitantes.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Floculado tubular. • Tanque de reacción. • Electro coagulación. • Equipo de dosificación de químicos. • Equipo preparador de químicos. |

| | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sedimentación | Proceso de separación de los contaminantes sólidos con densidad mayor que la del líquido, por lo que se quedarán en el fondo y serán retirados. Se usa para eliminar los sólidos del agua con un alto contenido de sedimentos o turbidez. | <ul style="list-style-type: none"> requiere mucho tiempo y, por lo tanto, de tanques o estanques grandes para funcionar de forma efectiva |
| Evaporización | Se concentra la solución mediante energía hasta vaporizar un líquido o suspensión | <ul style="list-style-type: none"> Punto de ebullición |
| Adsorción | El contaminante se fija de manera física o química en la superficie de un sólido. | <ul style="list-style-type: none"> Se utiliza el carbón activo y zeolitas |
| Sistema secundario | descripción | Requerimientos |
| Sistemas de tratamiento aeróbico | Un proceso biológico, controlado bajo condiciones aerobias (con aireación) que trata efectivamente DQO, DBO y SSV convirtiéndolos en agua, dióxido de carbono y nueva biomasa. | Requiere de bombas, aireadores, sopladores y compresores, con una demanda de mantenimiento constante y alto consumo en electricidad. Este proceso necesita mucha inversión a nivel mecánico y eléctrico, además de que su productividad es baja y afecta el rendimiento, ya que necesita un operador para su funcionamiento. |
| Sistemas de tratamiento anaeróbicos | Basado en un proceso biológico, controlado bajo condiciones anaerobias que trata efectivamente DQO, DBO y SSV produciendo biogás, calor y poca biomasa (sin oxígeno). Se considera un sistema natural con filtros de arena y piedra para eliminar las impurezas. De alguna forma, esto es más parecido al proceso de purificación natural. | <ul style="list-style-type: none"> Este opera sin equipos mecánicos ni eléctricos, ni es necesaria la presencia de un operador. Su eficiencia es mayor y, al implementar un proceso básicamente natural, se garantiza el efluente limpio |

| | | |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Sistemas de filtración</p> | <p>Estos son usados para separar partículas de gran tamaño con filtros y rejillas, con el fin de evitar el taponamiento de tuberías. El uso de media Filtrante Plástica en reemplazo de la Piedra Volcánica permite optimizar los procesos de remoción de DBO utilizando una media estructurada modular de PVC con gran superficie de remoción en conjunto con brazos de distribución de Aguas en procesos de filtros Percoladores</p> | <p>Se usan rejillas fijas, filtros de canal, parabólicos, Rotatorios o de tela.</p> |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

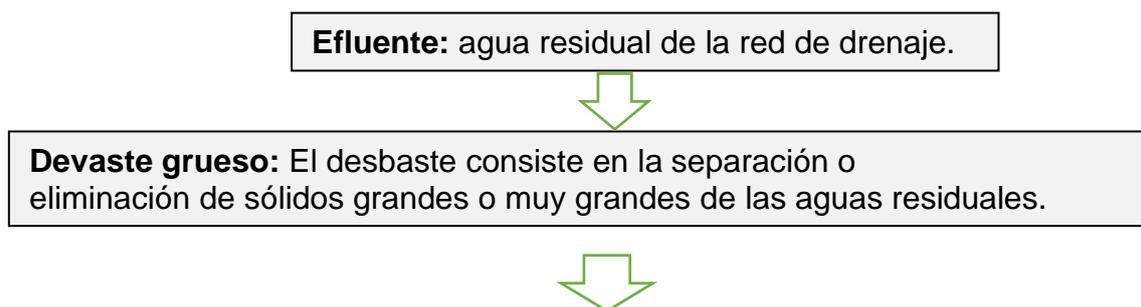
Fuente: Rodie B. Edward y Hardenberg. Ingeniería sanitaria. Ed. Continental. S.A. de C.V. Mexico. DF, 1987.

Tabla 3. Sistema de humedales de agua residual

| Humedales | ¿Qué son? | Caracterización |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Las especies emergentes más comunes son: tule (Typhía sp), juncos (Scirup sp) y carrizos (Phragmites sp) lirio acuático (Eichhornia crassipes), ombligo de</p> | <p>Los humedales artificiales son sistemas diseñados y construidos para aprovechar los procesos naturales que involucran plantas macrofitas, medio</p> | <p>La estructura más común de un humedal artificial es un lecho relleno de grava y arena colocado sobre una superficie impermeable (arcilla o geo membrana) y plantas acuáticas</p> |

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Venus (Hydrocotyle ranunculoides), y plantas de los géneros: Spirodela, Lemna, Wolffia.</p> | <p>filtrante y comunidades microbianas en el tratamiento de aguas residuales, (Vymazal, 2005). Los sistemas de Humedales Artificiales replican los procesos de descomposición que ocurren naturalmente en humedales lacustres y marinos. Aunque se pueden implementar a escala doméstica, generalmente son una alternativa para el tratamiento de aguas residuales a nivel comunitario.</p> | <p>macrófitas cuyas raíces liberan oxígeno evitando que el sedimento se vuelva anóxico. Existen tres tipos de humedales artificiales: de flujo superficial libre, de flujo horizontal sub-superficial y de flujo vertical.</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

FIGURA 3. TREN DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL



Bombeo

Desarenador: Un desarenador es una estructura de concreto, que se construye específicamente para retener la arena y los sedimentos alojados en las aguas residuales que pasan por el tratamiento de purificación y decantación. Este proceso físico permite una separación por diferencia de gravedad entre el agua y las partículas y masas más densas.

Tamizado: El tamizado es un proceso imprescindible cuando las aguas residuales brutas llevan cantidades excepcionales de sólidos en suspensión, flotantes o residuos, y que consiste en una filtración en la que se hace pasar el agua residual bruta del tamiz. El objetivo de este proceso es conseguir la eliminación de materia que por su tamaño pueda interferir en los tratamientos posteriores.

Sedimentación: El principal propósito de un sedimentador es facilitar la sedimentación al reducir la turbulencia y la velocidad de la corriente de aguas residuales (TILLEY et al. 2014). Cumple la misma función que un desarenador, pero está diseñado para remover partículas menos gruesas (OPS 2005b). Los sedimentadores pueden ser diseñados como tanques independientes o integrados en unidades de tratamiento combinadas.

Tratamiento secundario: El tratamiento secundario de las aguas residuales está principalmente encaminado en la eliminación de los compuestos orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario.

Bombeo

Desinfección: La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos.

Filtración: es un proceso que utiliza barreras físicas como, p. ej., membranas permeables al agua, para separar partículas del agua que se desea depurar.



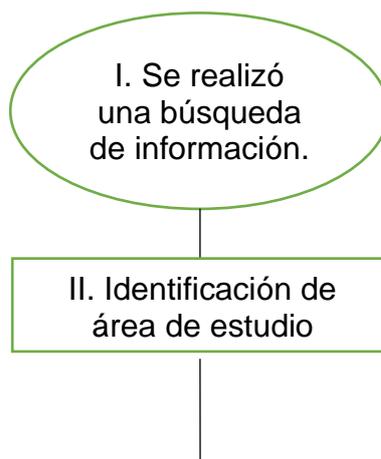
Figura 4. Agua ya tratada lista para el uso agrícola

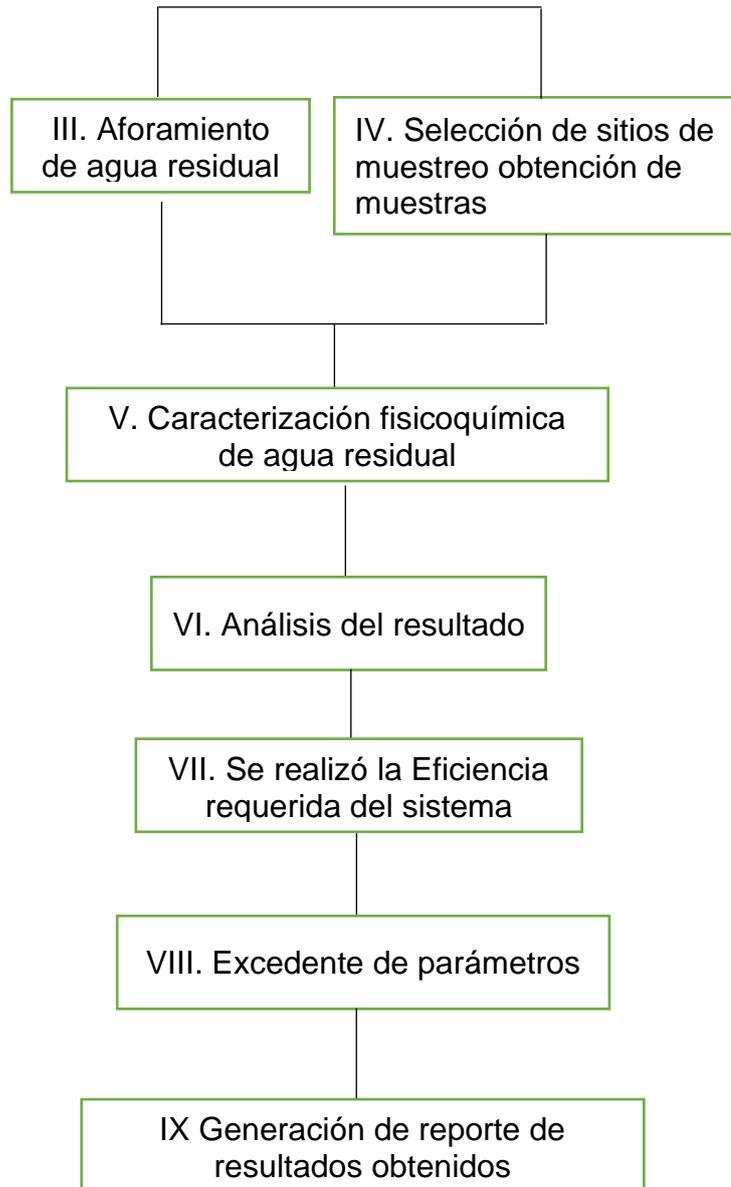
DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Agua residual:** Se entienden como aquellos líquidos generados de las viviendas o residencias, edificios comerciales, industria e instituciones. Son conocidas como aguas negras de procedencia doméstica, como lo es de los inodoros, lo cual interviene materia orgánica (DBO), sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.

- **Afluente:** Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.
- **Anaerobio:** Condición en la cual no hay presencia de aire u oxígeno libre.
- **Bacterias:** Grupo de organismos microscópicos unicelulares, con cromosoma bacteriano único, división binaria y que interviene en los procesos de estabilización de la materia orgánica.
- **Coliformes:** Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a $35 \pm 0,5$ °C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a $44.5 \pm 0,2$ °C en 24 horas se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes).
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sal inorgánica de permanganato o dicromato de potasio.
- **Límites permisibles de vertimiento:** Se refiere a una sustancia o parámetro contaminante el cual indica cual es la margen de acuerdo a los permisos de vertimientos y/o en los planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Consiste en la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para oxidar la materia orgánica presente en un agua residual (Manual de operaciones Planta de Tratamiento Aguas Residuales).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Refiere a la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar la materia orgánica en concurrencia de un agente oxidante fuerte, aptitudes ácidas y de alta temperatura, incluye materia orgánica biodegradable y no biodegradable.
- **Sólidos Suspendidos (SS):** Este es todo aquel material suspendido en agua residual.
- **Oxígeno Disuelto:** Refiere a la concentración del oxígeno en medida de un fluido, por debajo de la saturación.

FIGURA 5. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE ACTIVIDADES A REALIZAR PARA LOS MUESTREOS DEL ITSr





BÚSQUEDA INFORMACIÓN DOCUMENTAL

Se realizó una investigación documental, en artículos científicos, tesis, libros, en diferentes fuentes digitales confiables, recopilando antecedentes del proyecto a fin de establecer metodologías adecuadas. Recopilación geográfica, demográfica y climatológica, a través de la información disponible del INEGI, CONAGUA y dependencias del Gobierno del estado de Tabasco.

I. Reconocimiento del área de estudio.

Se realizó un mapa digital de la ubicación y caracterización del sitio. Se tomaron coordenadas y se identificaron los sitios de captación de aguas residuales generadas en el ITSR.

II. Aforo de las aguas residuales

Se elaboraron aforos de las aguas residuales para identificar volúmenes de agua que generan de manera diaria en las instalaciones del ITSR, se realizaron formatos digitales para la toma de datos en campo.

Respecto al aforo de las muestras se llevó a cabo la medición de los caudales de agua a lo largo del tiempo. Permitiendo obtener caudales medios, dotaciones de agua residual, cargas de contaminantes y las velocidades de emisión másica unitaria.

Así mismo, se realizaron cálculos de población actual y se aplicaron los modelos establecidos por la CONAGUA (2007).

Métodos de medición de caudales:

Métodos volumétricos

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal o cañería que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro. Para los caudales de más de 4 l/s, es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad que se llenará en 2½ segundos. Para caudales mayores, un recipiente de 200 litros puede servir para corrientes de hasta 50 l/s. El tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos. La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados.

Si la corriente se puede desviar hacia una cañería de manera que descargue sometida a presión, el caudal se puede calcular a partir de mediciones del chorro. Si la cañería se puede colocar de manera que la descarga se efectúe verticalmente hacia arriba, la altura que alcanza el chorro por encima del extremo de la tubería se puede medir y el caudal se calcula a partir de una fórmula adecuada. Es asimismo posible efectuar estimaciones del caudal a partir de mediciones de la trayectoria desde tuberías horizontales o en pendiente y desde

tuberías parcialmente llenas, pero los resultados son en este caso menos confiables (Scott y Houston 1959).

Método velocidad/superficie

Este método depende de la medición de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal, calculándose a partir de la fórmula:

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = A \text{ (m}^2\text{)} \times V \text{ (m/s)}$$

La unidad métrica es m³/s. Como m³/s es una unidad grande, las corrientes menores se miden en litros por segundo (l/s).

Una forma sencilla de calcular la velocidad consiste en medir el tiempo que tarda un objeto flotante en recorrer, corriente abajo, una distancia conocida. La velocidad no es.

Formulas y ecuaciones para caudal:

Fórmula: $Q=V/t$

Un caudal se calcula mediante la siguiente, siendo Q (caudal), V (volumen) y t (tiempo). Normalmente se mide el volumen en litros y el tiempo en segundos.

SELECCIÓN SITIOS DE MUESTREOS Y OBTENCIÓN DE MUESTRAS

Se realizó un plan de muestreo y aforo, de acuerdo con lo establecido en la NMX-AA-003-1990, aguas residuales, municipales e industriales – muestreos. Se tomarán muestras de agua para su caracterización de acuerdo a la normatividad ambiental.

Procedimiento

Cualquiera que sea el método de muestreo específico que se aplique a cada caso, debe cumplir los siguientes requisitos.

Las muestras deben ser representativas de las condiciones que existan en el punto y hora de muestreo y tener el volumen suficiente para efectuar en él las determinaciones correspondientes.

Las muestras deben representar lo mejor posible las características del efluente total que se descarga por el conducto que se muestra.

Al efectuarse el muestreo, deben anotarse los datos según los incisos

6.1. El responsable de la descarga realizará el monitoreo de las descargas de aguas residuales para determinar el promedio diario y el mensual, con la periodicidad establecida en el numeral 6.2 a través de un laboratorio.

6.2. La periodicidad de los muestreos, análisis e informe de resultados se indican en la Tabla 3 para descargas de tipo municipal y en la Tabla 4 para descargas no municipales. En situaciones que justifiquen un mayor control, como protección de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, emergencias hidroecológicas o procesos productivos fuera de control, la Comisión podrá modificar la periodicidad de muestreo, análisis e informe de resultados.

Tabla 4.Descargas municipales

| Rango de población | Frecuencia de muestreo y análisis | Frecuencia de Informe de resultados de muestreo y análisis |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Mayor de 50 000 habitantes | MENSUAL | TRIMESTRAL |

| | | |
|-------------------------------|------------|------------|
| De 10 001 a 50 000 habitantes | TRIMESTRAL | TRIMESTRAL |
| De 2 501 a 10 000 habitantes | SEMESTRAL | TRIMESTRAL |

Fuente: Nom-001- Semarnat-2022

Descripción detallada del punto de muestreo de manera que cualquier persona pueda tomar otras muestras en el mismo lugar.

Descripción cualitativa del olor y el color de las aguas residuales muestreadas.

Como recomendación el muestreo se realizó en base a los siguientes puntos

- El tipo de recipiente usado para tomar la muestra es de vital importancia porque pudo existir intercambios iónicos con las paredes del recipiente o producirse una adsorción sobre estas.

- Las muestras se tomaron donde las aguas residuales estén bien mezcladas.

- Se excluyeron las partículas grandes ($\geq 6\text{mm}$)

- No incluimos en el muestreo los sedimentos, crecimientos o material flotante.

- Analizamos la muestra lo más pronto posible.

- Procuramos que la recolección de la muestras fuera lo más fácil posible.

III. Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales

Las muestras de agua se se analizaron de forma in-situ, los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua residual, de acuerdo con la normatividad ambiental vigente.

Análisis

Parámetros de campo

- Conductividad eléctrica
- Potencial hidrógeno
- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- Sólidos suspendidos totales (SST)

Tabla 5. Normatividad y parámetros de caracterización

| Parámetros | Normatividad | Objetivo y campo de aplicación |
|------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Potencial de hidrógeno | NMX-AA-008-SCFI-2016 | Esta norma mexicana es de aplicación nacional y establece el método de prueba para la medición del pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, en el intervalo de pH 0 a pH 14 y en un intervalo de temperatura de 0 °C a 50 °C. |
| Temperatura | NMX-AA-007-SCFI-2013 | Esta norma mexicana establece el método de prueba para la medición de la temperatura, cuando se usan instrumentos de medición directa o instrumentos que indican expansiones o fuerzas proporcionales en los cambios de temperatura, en aguas naturales crudas no salinas |

| | | |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | (epicontinentales, subterráneas y pluviales), en aguas salinas (marinas, costeras, de estuarios, esteros, marismas y subterráneas), aguas residuales crudas municipales e industriales y aguas residuales tratadas municipales e industriales en el intervalo comprendido entre 0 °C y 45 °C. |
| Oxígeno disuelto | NMX-AA-012-SCFI-2001 | Esta norma mexicana establece dos métodos de prueba para la determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales y residuales utilizando las técnicas de azida modificada y la electrométrica. Esta norma mexicana es aplicable para el análisis de aguas naturales, residuales y residuales tratadas. |
| Demanda química de oxígeno(DQO) | NMX-AA-030-SCFI-2012 | Esta norma específica un método para la medición de la demanda química de oxígeno (DQO) del agua. Es aplicable a muestras de aguas naturales crudas no salinas (epicontinentales, |

| | | |
|------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | subterráneas y pluviales), aguas residuales crudas municipales e industriales y aguas residuales tratadas municipales e industriales mediante método de refluo abierto. Es de aplicación nacional. |
| Demanda Bioquímica de oxígeno(DBO) | NMX-AA-028-SCFI-2001 | Esta norma mexicana establece el método de análisis para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. |
| Sólidos suspendidos totales | NMX-AA-034-SCFI-2015 | Esta norma mexicana establece el método para la medición de sólidos y sales disueltas y aplica para aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Es de aplicación nacional. |
| Sólidos sedimentables (Ssed) | NMX-AA-004-SCFI-2013 | Esta norma mexicana establece el método de prueba para la medición de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Es de aplicación nacional. |

Fuente: NMX-AA-008,NMX-AA-007,NMX-AA-012,NMX-AA-030,NMX-AA-028,NMX-AA-034,NMX-AA-004.

- Evaluación del gasto teórico de aguas residuales

El análisis de precipitación, evaporización y temperatura ambiental, se realizaron con el análisis de datos proporcionados por la CONAGUA de la estación meteorológica, la cual presento datos históricos para la temperatura y evaporación.

IV. Análisis de resultados

Una vez que se obtuvieron los resultados de laboratorio, se analizaron los datos para verificar los valores máximos permisibles establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-2021. Del mismo modo se realizo un análisis de biodegradabilidad de las aguas según lo establece Crites et al, (2000). El monitoreo realizado en campo presentaron la situación actual del proceso donde se determino la eficiencia de las operaciones y procesos unitarios, con la finalidad de establecer, propuestas de Tratamiento de aguas residuales eficientes, y poder cubrir la descarga de la población actual.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-semarnat-2022, que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.

La selección del intervalo para la colecta de las muestras simples deberá estar dentro del rango mínimo y máximo que corresponda, conforme al periodo que opera el proceso generador de la descarga en el día del muestreo.

Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su colecta

6.3 Muestra simple

La que se colecta por el signatario autorizado en el punto señalado en el permiso de descarga, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento del muestreo.

El volumen de cada muestra simple necesario para formar la muestra compuesta se determina mediante la siguiente ecuación:

$$(VMS_i = VMC \times (Q_i / Q_t))$$

Donde:

VMS_i = volumen de cada una de las muestras simples “i”, litros.

VMC = volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos, litros.

Q_i = caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.

Q_t = \sum Q_i hasta Q_n, litros por segundo.

V. Eficiencia requerida del sistema

La eficiencia requerida de un sistema está dada por la concentración promedio de entrada de una sustancia y la concentración de salida que se establece por la NOM-001-SEMARNAT-2021, y la eficiencia de proceso está dada en función de la concentración promedio de entrada y salida de una sustancia. Para cualquier sustancia dada se puede aplicar el cálculo de eficiencia requerida y eficiencia de procesos de remoción mediante la siguiente ecuación respectivamente (Metcalf & Eddy, 1996).

La eficiencia de remoción de carga contaminante en un sistema de tratamiento de aguas residuales viene dada por:

$$E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$$

Dónde:

E: Eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes [%]

S: Carga contaminante de salida (mg DQO, DBO o SST/l)

S₀: Carga contaminante de entrada (mg DQO, DBO₅ o SST/l)

Muchos son los factores que afectan las eficiencias de remoción de carga contaminante en este tipo de tratamiento, ya que la anaerobiosis es un proceso complejo sobre cuya naturaleza constantemente se hacen nuevos descubrimientos y se revalúan teorías. Entre estos factores podemos contar:

- El tiempo de residencia hidráulico (TRH).

- El medio de soporte (área superficial, porosidad, altura del lecho).
- Configuración de los reactores.
- Temperatura, PH y de nutrientes.

VI. Excedente de parámetros

Son obtenidos mediante la comparación del resultado del efluente de proceso y los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Oficial Mexicana donde se comparan los parámetros de control de procesos físicos y químicos. El resultado en negativo representa que hay un decremento de la concentración de salida del proceso, es decir, el valor del efluente está por debajo del límite permisible; el resultado positivo indica que el valor de concentración del efluente es mayor que el límite permisible establecido por la Norma Oficial Mexicana. En este apartado se realizarán cálculos numéricos, tomando como referencia las concentraciones de salida y límites permisibles establecidos en la normatividad antes citada.

VII. Generación de reportes de resultados obtenidos.

Finalmente de acuerdo con los resultados obtenidos se propondrán mejoras al sistema de tratamiento actual con fin de que sea eficiente en su operación y se generaran los reportes e integrará la memoria de residencia final.

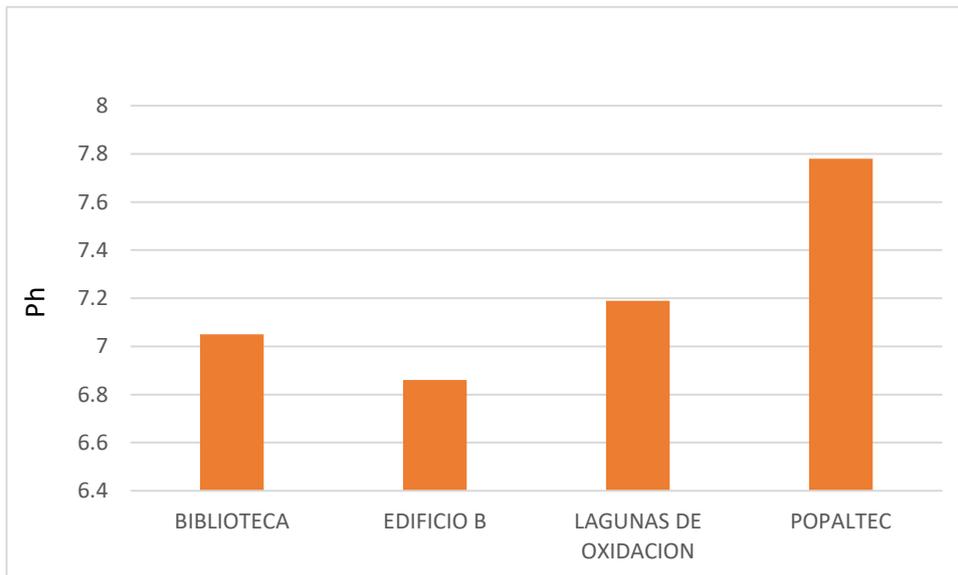
RESULTADOS

Se realizó el diagnóstico sobre el estado de las aguas residuales no tratadas en el Instituto Tecnológico Superior de los Ríos.

Se realizaron las operaciones pertinentes para calcular el volumen de descarga respecto a la fórmula correspondiente.

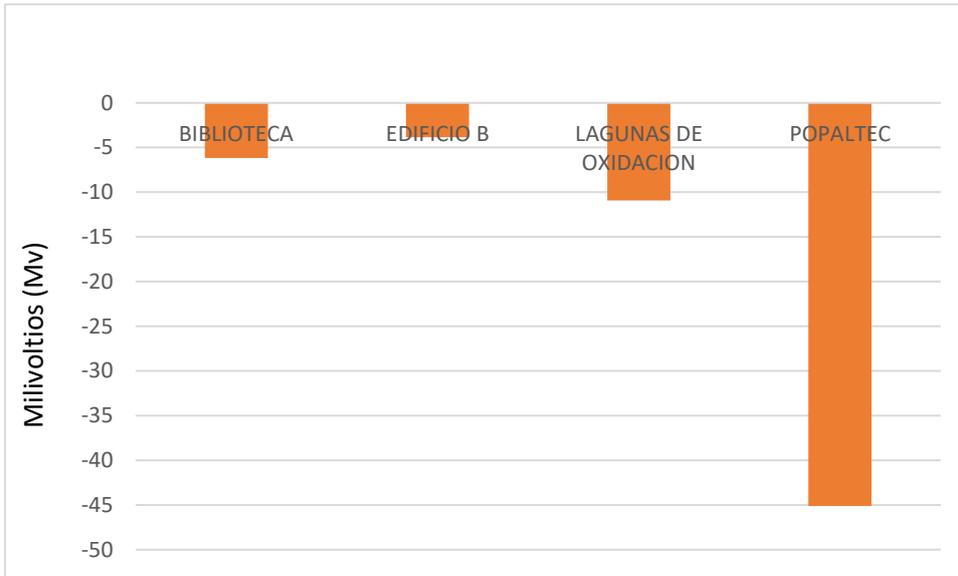
Respectivamente se realizó el muestreo con 3 repeticiones diferentes para cada muestra de agua residual del Instituto Tecnológico Superior de los Ríos, posteriormente de acuerdo con el análisis realizado se procedió a realizar gráficas de cada una de las muestras para determinar el estado actual de las Aguas Residuales.

Gráfica 1. Muestras tomadas para PH



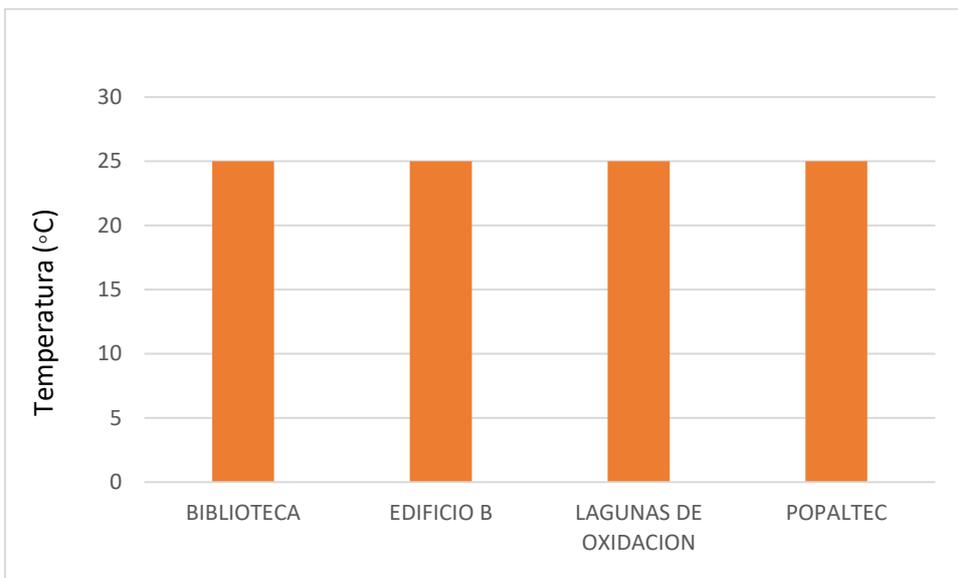
El pH encontrado en el análisis de las diferentes muestras de agua residual indicó que la muestra 1 la cual fue realizada en la cisterna de agua residual que está ubicada a un costado de la biblioteca arrojó un resultado de 7.05, considerando que el agua que esta contiene es alcalina al igual que las muestras 3 y 4 con un resultado de 7.19 y 7.78. La alcalinidad es una medida de la capacidad de agua para resistir un cambio de pH para determinar la corrosividad del agua. Mientras tanto la muestra 2, con un resultado de 6.86 quiere decir que el agua residual de la cisterna ubicada detrás del edificio B es ácida. Cabe la posibilidad de que el agua sea corrosiva esto quiere decir que el agua podría disolver iones metálicos tales como el hierro, el manganeso, cobre, plomo, y zinc.

Gráfica 2. Muestras para potencial Redox (Mv milivoltios)



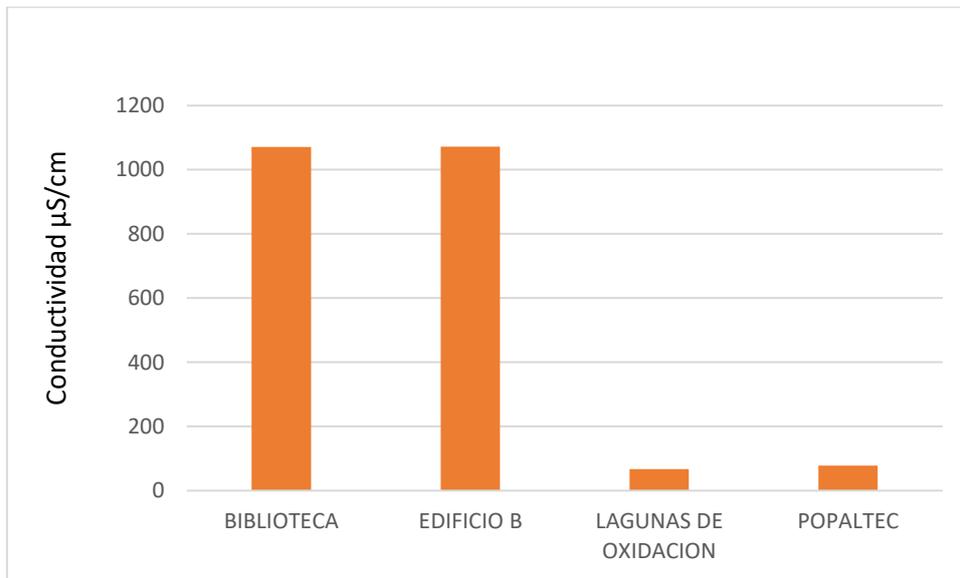
Se obtuvieron los siguientes resultados para el potencial Redox, en la muestra 1 ubicada a un costado de la biblioteca fue de -6.17 se elevó en la muestra 2 que fue de -3.83, disminuyó en las lagunas de oxidación en la muestra 3 donde se obtuvo un resultado de -10.93 y finalmente en el popaltec el resultado fue de -45.13 cabe recalcar que este muestreo no nos está indicando directamente la concentración de cloro libre presente en las distintas muestras si no que indica la capacidad de oxidación para el control de la desinfección que se lleva a cabo para mantener los valores mínimos de biocida que tiene la solución expresada en Mv.

Gráfica 3. Muestras para temperatura



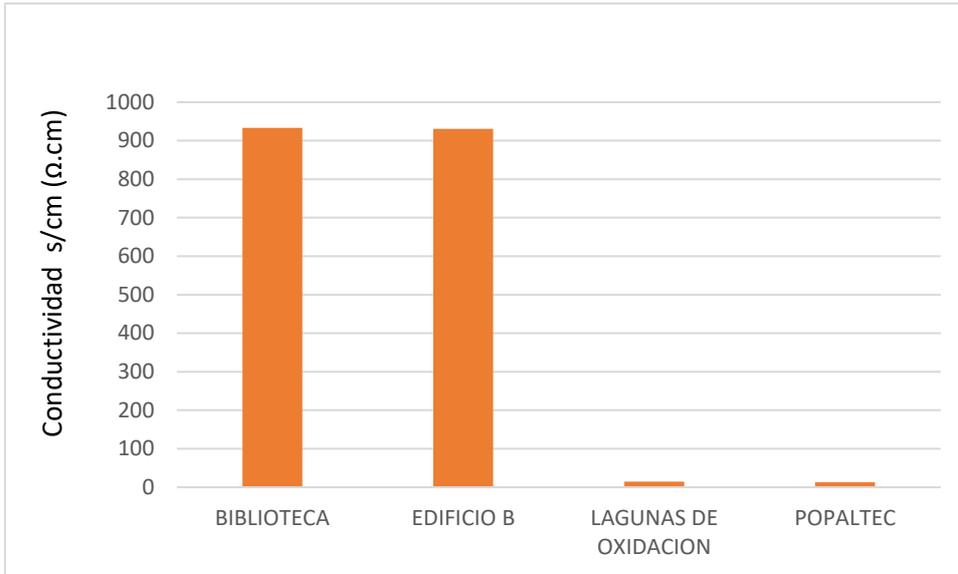
En las muestras 1, 2,3 y 4 se obtuvo un resultado de 25° en la temperatura del agua residual de dichas muestras las cuales no tuvieron ningún cambio de datos en las diferentes muestras ya que este es un factor importante en los procesos que se llevan a a cabo en los sistemas biológicos.

Gráfica 4. Muestras para conductividad eléctrica



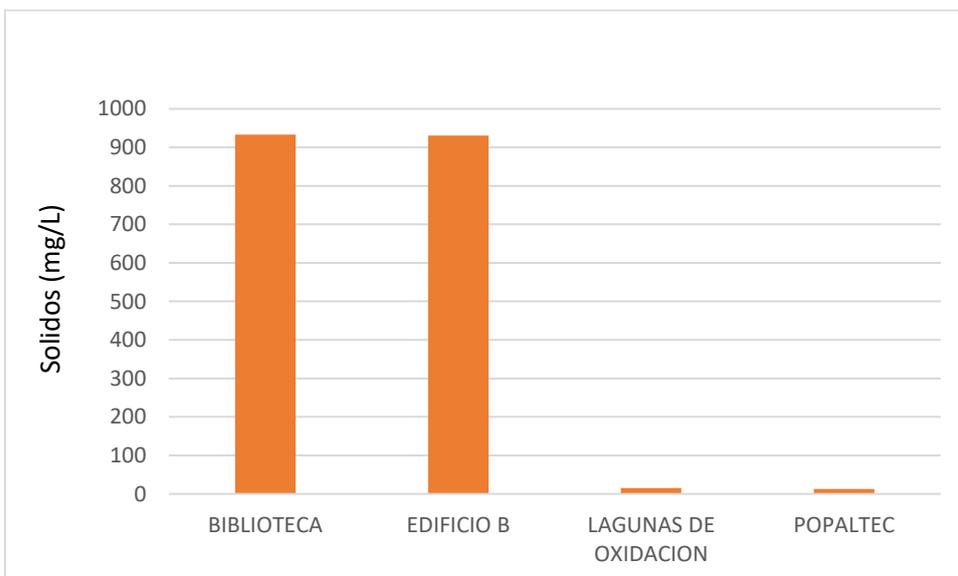
En la muestra 1, se obtuvo un resultado de 1070.67 y en la muestra 2, subió a 1071.67 mientras tanto en las muestras 3 y 4 bajo a 67.27 y 77.73 considerando que la conductividad eléctrica en el agua residual proporciona una evaluación de la concentración total de iones disueltos, esto indica que la muestra 1 y 2 contienen iones disueltos y por consiguiente su conductividad eléctrica es más alta. Mientras que la muestra 3 y 4 es más pobre en su conductividad eléctrica.

Gráfica 5. Muestras para s/cm ($\Omega.\text{cm}$) siemens por centímetros



Considerando los datos obtenidos en el muestreo realizado se puede identificar que en la muestra 1 se obtuvo un dato de (933 s/cm) y en la muestra 2, (931 s/cm) esto quiere decir que el agua residual de dichas muestras tienen la capacidad de conducir corriente eléctrica utilizando la unidad de medición de siemens/cm determinándola por un movimiento molecular mientras que las muestras 3 y 4 con un resultado de (14.96) y (12.9) estas son pobres en conductividad.

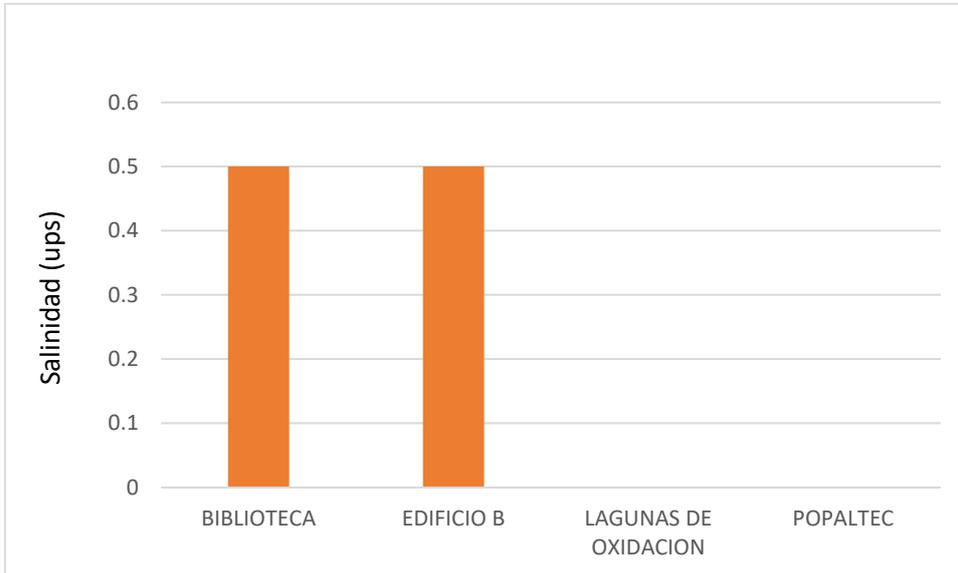
Gráfica 6. Muestras para sólidos suspendidos totales



En la muestra 1, la cual está ubicada a un costado de la biblioteca dio como resultado 933 mg/l y la muestra 2, ubicada detrás del edificio B, se obtuvo 931 mg/l. Los cuales indican altas concentraciones de sólidos en suspensión

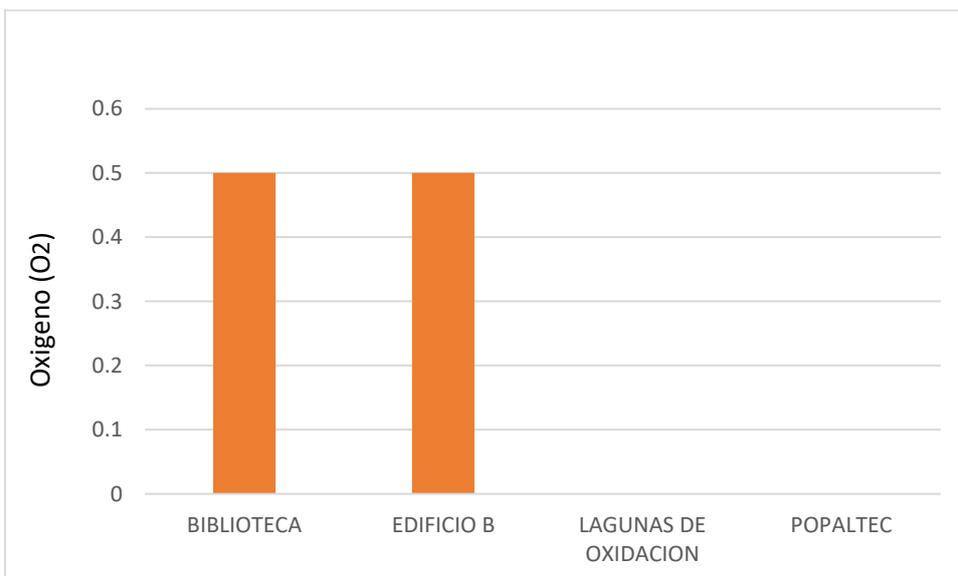
mientras que en las muestras de las lagunas de estabilización y el Popaltec se encontró una cantidad mínima siendo un impedimento para el paso de oxígeno y como consecuencia es perjudicial para los organismos vivos.

Gráfica 7. Muestras para salinidad



En la muestra 1 y 2 se obtuvo el mismo resultado (0.5). el cual indica que existen sales disueltas en el agua residual de las cisternas, teniendo así la capacidad de conducir electricidad. Esta aumenta dependiendo la concentración de sales que se encuentren en el agua. Mientras que las muestras 3 y 4 el resultado fue de 0.

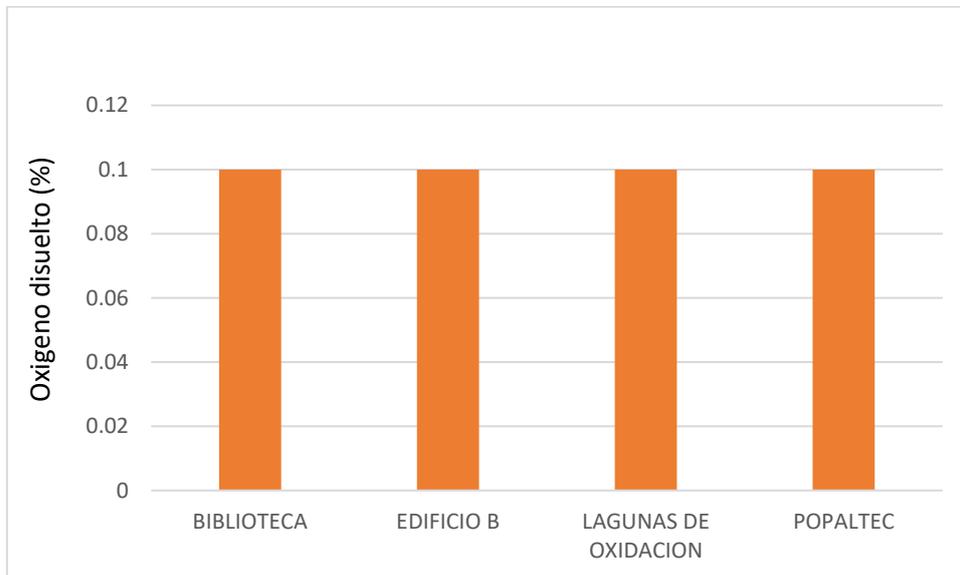
Gráfica 8. Muestras para oxígeno (O₂)



En las muestras 1 y 2 se obtuvo un resultado de 0.5 (O₂) indicando que si existe oxígeno en estas muestras, evitando la espuma y la concentración de olores

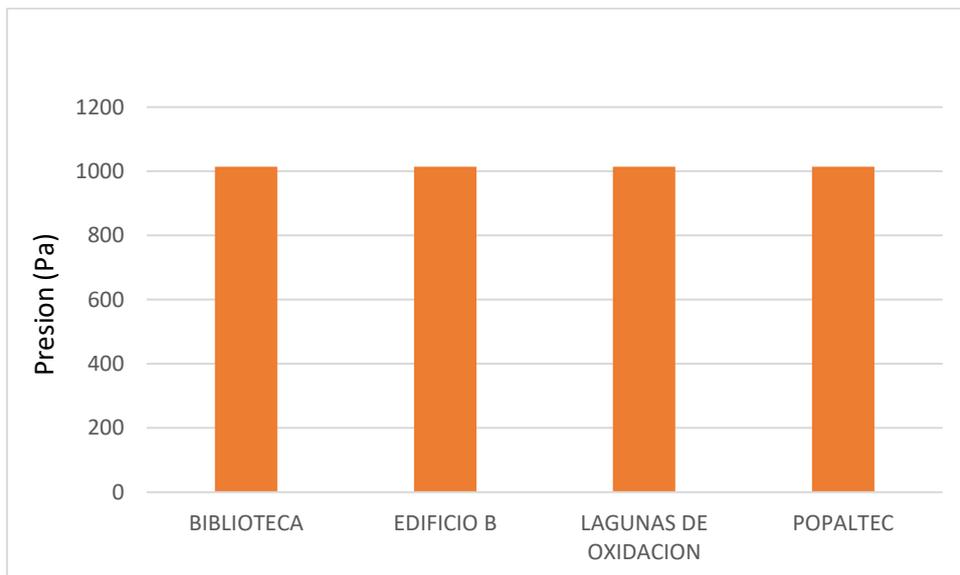
(H₂S) en estas cisternas de agua residual. Mientras que en las muestras 3 y 4 el resultado fue 0.

Gráfica 9. Muestras para porcentaje de oxígeno



Las 4 muestras tomadas tuvieron el mismo porcentaje de oxígeno disuelto ya que se mantuvo la misma temperatura y la presión. Esto quiere decir que en las diferentes áreas donde tomaron las muestras puede sobrevivir seres vivos como los mosquitos.

Gráfica 10. Muestras presión atmosférica



Para las 4 muestras realizadas para medir la presión contenían como resultado (1014 pa).

Aspectos físicos considerables

La producción de algas y microorganismos de una laguna a otra varía considerablemente en la literatura técnica, reflejando la influencia de las condiciones ambientales (Delaunoy, 1982). Entre ellos destacan el clima, la intensidad de la luz solar, la latitud, la nubosidad, la precipitación pluvial y la temperatura.

La luz solar constituye una fuente de energía para algunos de los procesos biológicos de la laguna y determina su estructura térmica. La cantidad de luz se mide como la cantidad de energía que incide en el área donde se lleva a cabo la fotosíntesis. La iluminación que se requiere para la actividad biológica de las algas varía de 5 000 a 7 500 luxes. La luz que llega a la laguna es función de la latitud, estación del año, hora del día, condiciones ambientales y tipo de cuerpo de agua.

Algunos autores (Ramalho, 1983; Metcalf, Eddy, & Inc., 2003; Correa, 2008) consideran que las lagunas de oxidación trabajan con mayor eficiencia cuando van en serie, como en este caso, y no en paralelo. Además de ir desde una laguna anaerobia a una facultativa, ya que la carga orgánica va disminuyendo significativamente en la anaerobia. Ambas lagunas tienen como fin disminuir la materia orgánica, eliminar sólidos suspendidos y sedimentables (sólidos totales), aumentar el oxígeno disuelto en el agua de vertido, eliminar las grasas y aceites, las sustancias activas al azul de metileno (detergentes y jabones), y patógenos (Ramalho, 1983). Todas estas características son parámetros que determinan la calidad del efluente, y así prevenir una posible contaminación del cuerpo receptor.

FLORA

Panicum grande- zacate de laguna

Panicum grande, una gramínea que puede vivir en zonas anegadas por tiempo indefinido, aunque en esta forma de cultivo es raro la formación de panículas, lo que ayuda a evitar su dispersión, aunque su capacidad de desarrollo puede hacer que colonice áreas cercanas a su ubicación original. Conocida bajo el nombre de zacate de laguna, sin duda una especie muy efectiva para el control de nutrientes, su rápido desarrollo, junto con gran adaptabilidad a todo tipo de condiciones climáticas (con excepción de aguas salobres), la hace una excelente

elección por sus capacidades purificantes del agua, puede ser utilizada en el tratamiento de aguas negras. Planta para uso en estanque en zonas marginales, esta especie es apta para estanques de todos tipos de tamaño, su crecimiento se puede controlar por la poda periódica de tallos puede alcanzar sin dificultad los 2 metros de altura y hasta 3 metros en climas tropicales, en climas templados difícilmente supera los 2 metros, haciendo su desarrollo más rastrero, por su elevada tasa de multiplicación que puede hacer que prácticamente desaparezca el estanque cubierto por esta especie (si este es muy pequeño). Esta especie se encuentra proliferada en todos vertimientos de agua residual.



Dichanthelium clandestinum

Es una especie de hierba conocida con el nombre común deertongue . Es nativo del este de América del Norte, incluido el este de Canadá y el este de los Estados Unidos.

Esta planta tolera altos niveles de aluminio en los suelos. Tolera suelos ácidos y suelos delgados e infértiles. Se puede usar para revegetar tierras recuperadas, como despojos de minas.

Las semillas de la lengua de venado atraen a muchos tipos de aves, como los pavos. El pasto no se considera un buen forraje para el ganado porque es bajo en nutrientes.



PLANTAS QUE DEBERÍAN POSEER LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN

Lemna sp. (Lenteja de agua)

Se utiliza para el tratamiento de las aguas residuales ya que es una planta que asimila los nutrientes que se liberan en la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales de consumo humano, tiene una gran capacidad de crecimiento y un contenido de proteína vegetal es mayor que el de la soya.



Eichhornia crassipes

(Jacinto de agua)

Es una planta considerada plaga; sin embargo, podría aprovecharse como fitorremediador en las lagunas obtiene del agua todos los nutrientes que requiere para su metabolismo, siendo el Nitrógeno y el fósforo, junto a los iones de potasio, calcio, magnesio, hierro, amonio, nitrito, sulfato, cloro, fosfato y Carbonato.



Pistia stratiotes (Lechuguilla de agua)

Su hábito de crecimiento puede hacerla, una mala hierba en los canales.

Pistia stratiotes forma sobre la superficie una masa compacta que evita el paso del oxígeno del aire al agua.



CALCULO AFORO DE LA DESCARGA

Se trabajó de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-2022 en el aforo volumétrico se midió el tiempo que gasta el agua en llenar un recipiente de volumen conocido.

Total de personas de la comunidad Tec Rios= 2249 PERSONAS

| Días de la semana | Litros por persona |
|-------------------|--------------------|
| lunes | 22 |
| martes | 11 |
| miercoles | 14 |
| jueves | 11 |
| viernes | 20 |

$\Sigma = 78$ litros/semana

Promedio = $\frac{78 \text{ litros}}{5} = 15.6$ lt/dia

GP = 15.6 lt/persona/dia

GP Total = (15.6 lt/persona/dia)(2249 personas) = 35084.4 lts/dia

GP Total = 35084.4 Lts/dia

Caudal Hidráulico

Para obtener ese resultado se utilizaron los siguientes datos

$$Q = v/t$$

Datos:

De un horario de 6 am a 9pm

$$V = \frac{35084.4 \text{ lts}}{54000 \text{ s}} = 0.650 \text{ lts}$$

- $V = 0.650 \text{ Lts}$
- $t = 15 \text{ hr} = 900 \text{ min} = 54,000 \text{ s}$

$$Q = \frac{0.650 \text{ Lts}}{54000 \text{ s}} = 1.204 \text{ Lts/s}$$

$$Q=1.204 \text{ Lts/s}$$

$$Q = 1.204 \text{ lts/s}$$

CALCULO EFICIENCIA DE REMOCIÓN CONTAMINANTE

La eficiencia requerida de un sistema está dada por la concentración promedio de entrada de una sustancia y la concentración de salida que se establece por la NOM-001-SEMARNAT-2021, y la eficiencia de proceso está dada en función de la concentración promedio de entrada y salida de una sustancia.

$$E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$$

$$(SST-DQO)/SST \times 100$$

$$(933\text{mg/l}-0.5)/933\text{mg/l} \times 100$$

$$932.5/933$$

$$=0.99 \times 100$$

$$E = 99\%$$

CONCLUSIONES

Respectivamente el muestreo para ello se realizó 3 repeticiones diferentes para cada una de las muestras de agua residual del ITSR, posteriormente de acuerdo a el análisis realizado se graficó los resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2022.

Como conclusión de acuerdo al PH obtenido en la muestra 1, que es neutra mientras que en las lagunas de oxidación y el Popaltec son básicas, en cuanto a la muestra 2 que está en la cisterna del edificio B está expuesta al dióxido de carbono por lo tanto nos dio un resultado de acidez en su PH. Para el potencial de oxidación en todas las muestras resultó negativo. Mientras que en los demás parámetros analizados no hubo cambio alguno. Esto quiere decir que el agua residual del ITSR tiene un bajo estado de calidad y debería de ser tratada a la brevedad.

Se visitaron las lagunas de oxidación ubicadas en el instituto tecnológico superior de los ríos y se observó que las lagunas no están funcionando correctamente ya que no cuentan con suficiente agua residual y están completamente cubiertas de maleza y basura, la pequeña cantidad de agua que se encuentra se considera que es agua pluvial ya que en esta temporada las lluvias se presentaron intensas y se puede observar que el contenido de las lagunas, no se pudieron observar más a fondo todas las lagunas ya que la maleza que están contiene es demasiado alta por lo tanto impide el traslado por las orillas y así observar los rasgos físicos que contienen.

De igual manera los canales están completamente secos y cubiertos de maleza, por lo que el agua se está filtrando directo al popaltec ya que esta si está completamente llena de agua y el color que se observa en el agua es muy oscuro y tiene un olor algo desagradable.

RECOMENDACIONES

- Limpieza de las áreas donde se encuentran las lagunas de oxidación para mejor observación de las mismas.
- Colocar señalamientos para cada laguna de oxidación.
- Contar con las tuberías adecuadas por las cuales a través de ellas es pasan las AR del ITSR.
- Verificar constantemente que los canales estén funcionando correctamente para el vaciado de las AR del ITSR.
- Monitorear el tipo de algas con las que pueda contar cada laguna para saber si son las adecuadas para la oxigenación de las AR.
- Contar con la suficiente iluminación solar para acelerar el proceso biológico de la misma.

ANEXO 1

VISITA A LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN



Figura 1. Maleza obstruyendo visualización de las lagunas



Figura 2. Tubería de descarga en mal estado



Figura 3. Identificación del área a muestrear



Figura 4. Identificación del área a muestrear

ANEXO 2

ANÁLISIS DE MUESTRAS DEL ITS R



Figura 1. Toma de muestras



Figura 2. Repeticiones de las muestras.



Figura 3. Análisis de muestras

Figura 4. Análisis de muestras



Figura 5. Resultado de análisis.



Figura 6. Capturación o anotación de resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INEGI, Instituto Nacional Estadística y Geografía (2018).
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Diario Oficial de la Federación el 11 de abril de 2022
- Join Monitor Program, Oficina de OMS/UNICEF que da seguimiento del abastecimiento de agua y del saneamiento en el marco de los ODM (2013).
- Ing Michael Castro Solís, Serquimsa. S.A, Sistemas De Aireacion En Tratamiento De Agua Residual Industrial.
- NOM-001-SEMARNAT-2022. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- Vymazal, J. 2005. Constructed wetlands for wastewater reclamation. *Ecological Engineering* 25:475-477
- Sofia Beguería. Principales sistemas de tratamientos de las aguas residuales. Centro Europeo de Postgrado (CEUPE), s/f. Consultado el 13 de abril de 2021.
- 2. BEA. Certificación LEED. Bioconstrucción y Energía Alternativa (BEA), s/f. Consultado el 13 de abril de 2021.
- 3. Jorge Escalante Soto. Sistemas de tratamiento de las aguas residuales residenciales. Escuela Internacional de Profesionales y Empresas (EIPE), s/f. Consultado el 14 de abril de 2021.
- López, R., Herrera, K. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para reúso en riego de Parques y Jardines en el Distrito de la Esperanza (2015),.
- Luis Nicolás cuatis Chávez, Bogotá, Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) por lodos activados en el municipio de soata Boyacá(2018).