



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

“DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DE LA ISLA DE JANITZIO, MUNICIPIO DE PÁTZCUARO,
MICHOACÁN”

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

P.I.C. ERICK ADRIAN SAGRERO TOVAR

ASESOR DE TESIS:

ING. SONIA AGUILERA JUÁREZ

Morelia, Michoacán, noviembre 2018



DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis antes que a nadie a Dios, por permitirme llegar hasta aquí y llenarme de bendiciones.

A mis padres, Aidé Tovar Zepeda y José Trinidad Sagrero Lara quienes no solo me dieron la vida, también me criaron, me inculcaron valores, me enseñaron a esforzarme, a lograr mis objetivos, a ser responsable. Les agradezco haber estado siempre conmigo apoyándome a lo largo de mi vida y en cada decisión que he tomado.

A mis hermanos, Erwin Sagrero Tovar y Alfredo Said Sagrero Tovar por formar parte de mi vida y estar en esta etapa tan importante, ya que juntos hemos aprendido mucho y yo he aprendido cosas valiosas de ustedes a lo largo de estos años; espero que algún día ustedes puedan decir que han aprendido algo bueno de mí.

A todos mis familiares, abuelos, tíos, primos, por sus sabios consejos y apoyo incondicional, por preocuparse por mi bienestar.

A Carolina Domínguez Estrada, quien siempre ha estado a mi lado desde el comienzo de esta etapa, convirtiéndose en un gran pilar para conseguir mis objetivos.

A mis amigos, Yair Stamatío, Marco Antonio Serna, Ranulfo Bermúdez, Jonathan Lara, Fabián García, Eric Villa, Alberto Puga, José Ángel Espino, Lenin Ávila, Juan Martínez, Esteban Aguilar, Jorge Melgarejo, Arnon Edrei, Reyna Espinosa, Karla Correa, María León, Guadalupe Medina, Fernando Cano, Gabino Pérez, Samuel Zamora, los cuales siempre han estado dispuestos a brindarme su ayuda en todo momento, con quienes compartí grandes y valiosos momentos a través de esta etapa.

A mis Profesores, por haberme compartido sus conocimientos, experiencias, enseñanzas y consejos.

También a todas aquellas personas que han contribuido de alguna manera a realizar mis propósitos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mi asesora de tesis, Ing. Sonia Aguilera Juárez quien siempre me ha apoyado, aconsejado, alentado y asesorado para llevar a cabo este proyecto.

Al profesor Amir Ramiro Guzmán Chávez por el apoyo y conocimientos que me brindó al momento de realizar este trabajo de investigación.

Al Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil perteneciente a la Facultad de Ingeniería Civil, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el apoyo en la realización de las pruebas requeridas para llevar a cabo este proyecto.

También agradezco al propietario de la comunidad de la Isla de Janitzio, Ricardo Campos por permitirme el acceso a las instalaciones y así poder realizar este trabajo.

Al encargado de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, el Sr. Víctor Manuel Reyes por brindarme información, asesorarme y permitirme el acceso en repetidas ocasiones para la toma de muestras simples.

Y por último, pero no menos importante, a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por abrirme sus puertas y brindarme el conocimiento, así como los valores necesarios para convertirme en un Profesionalista.

RESUMEN

En el Diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la localidad de Janitzio municipio de Pátzcuaro Michoacán se presentan los resultados de los análisis de calidad del agua, obtenidos mediante pruebas de laboratorio a muestras de la PTAR tanto del influente como del efluente. Se encuentra también la descripción general de la zona de estudio, información hidrológica, gráficas de parámetros y sus límites máximos permisibles, según se establecen en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Para el mejoramiento de la calidad y funcionamiento integral del sistema, se escriben también las conclusiones más sobresalientes del estudio y algunas recomendaciones; entre ellas, la rehabilitación y mantenimiento de la planta de tratamiento

Palabras claves: Diagnóstico, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Janitzio, Lodos Activados, Calidad del agua.

SUMMARY

In the Diagnosis of the wastewater treatment plant of the town of Janitzio municipality of Patzcuaro Michoacán, the results of the water quality analysis are presented, obtained by means of laboratory tests to samples of the treatment plant both in and out. There is also the general description of the study area, hydrological information, parameter graphs and their maximum permissible limits, as established in the Official Mexican Standard NOM-001-SEMARNAT-1996.

For the improvement of the quality and integral functioning of the system, the most outstanding conclusions of the study and some recommendations are also written; among them, the rehabilitation and maintenance of the treatment plant

Keywords: Diagnosis, Wastewater Treatment Plant, Janitzio, Activated Sludges, Water Quality.

INDICE

INTRODUCCIÓN	7
I. ESTUDIOS PRELIMINARES Y MARCO FÍSICO	11
1.1 MARCO FÍSICO	11
1.1.1 HISTORIA.....	11
1.1.2 UBICACIÓN Y GEOGRAFÍA	15
1.1.3 TOPOGRAFÍA	16
1.1.4 HIDROGRAFÍA	16
1.1.5 GEOLOGÍA.....	18
1.1.6 CLIMA	18
1.2 MARCO SOCIAL.....	20
1.2.1 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS	20
1.2.2 ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE LA REGIÓN	21
1.3 POBLACIÓN PROYECTO	23
1.4 INFRAESTRUCTURA SOCIAL.....	24
II. MARCO TEÓRICO	27
2.1 AGUAS RESIDUALES.....	27
2.1.1 CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	28
2.1.2 AFECTACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES AL MEDIO AMBIENTE.....	28
2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	30
2.1.4 ELEMENTOS DAÑINOS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	31
2.1.5 TIPOS DE BACTERIAS SEGÚN SU ACCIÓN BACTEREOLÓGICA.....	31
2.1.6 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	32
2.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	33
2.2.1 PROCESOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	34
2.2.2 TIPOS DE TRATAMIENTO	34
2.3 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES NACIONALES EN OPERACIÓN	35
2.3.1 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.....	38
2.3.2 PROCESOS MÁS UTILIZADOS EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.	39
III. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	57
3.1 ANTECEDENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	57
3.1.1 INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE LA PTAR	59
IV. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS Y DIAGNÓSTICO	68

4.1 MUESTREOS.....	68
4.2 ANÁLISIS REALIZADOS	71
4.2.1 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS.....	71
4.2.2 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.....	75
4.2.3 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	80
4.2.4 DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS COLIFORMES FECALES.....	84
4.2.5 PROPUESTA DEL DISEÑO DE UN TANQUE DE CONTACTO DE CLORO	87
4.2.6 DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE FÓSFORO TOTAL (P _T), NITRÓGENO TOTAL (N _T), ZINC (Zn) Y NÍQUEL (Ni) DE LA PTAR	89
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
5.1 CONCLUSIONES	96
5.2 RECOMENDACIONES	97
VI. FUENTES CONSULTADAS	99
VII. ANEXOS	102
6.1 COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN	102
6.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE LABORATORIO.....	106
6.3 PLANO ARQUITECTONICO DE LA REHABILITACIÓN REALIZADA EN 2013	114
6.4 CÁLCULO DE LA PROYECCIÓN PROYECTO	115
6.5 GASTOS DE DISEÑO	115
6.6 MEMORIA DE CALCULO DEL DISEÑO DEL TANQUE DE CONTACTO DE CLORO.....	117
6.7 DISEÑO DEL TANQUE DE CONTACTO DE CLORO.....	119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Isla de Janitzio, imagen aérea-----	11
Ilustración 2. Monumento en honor al generalísimo José María Morelos -----	13
Ilustración 3. Presidencia municipal de la isla de Janitzio (EAST)-----	14
Ilustración 4. Localización del municipio de Pátzcuaro dentro del estado de Michoacán (INEGI-2010) -----	15
Ilustración 5. Localización de la isla de Janitzio en el entorno del lago de Pátzcuaro Michoacán y márgenes -----	15
Ilustración 6. Representación de las curvas de nivel de la isla de Janitzio a cada 20 metros -----	16
Ilustración 7. Localización del lago de Pátzcuaro dentro de la región hidrológica (RH-12 “Lerma- Santiago”) (INEGI-2010)-----	17
Ilustración 8. Tipos de rocas que afloran en la isla de Janitzio -----	18
Ilustración 9. Estación meteorológica del municipio de Pátzcuaro y tipo de clima en cada zona de Michoacán (INEGI-2010)-----	19
Ilustración 10. La pesca como una de las principales actividades de la región de Janitzio -----	22
Ilustración 11. La noche de muertos en la isla de Janitzio es una de las atracciones turísticas más importantes del país -----	22
Ilustración 12. La venta de artesanías típicas de la región es una de las actividades económicas principales en la isla de Janitzio -----	22
Ilustración 13. Jardín de niños "IREPAN" (EAST) -----	24
Ilustración 14. Escuela primaria "TARIACURI" (EAST)-----	24
Ilustración 15. Escuela primaria "PATZIMBA" (EAST) -----	25
Ilustración 16. Descarga de aguas residuales a un cuerpo de agua natural -----	27
Ilustración 17. Afectación de las aguas residuales para el ecosistema acuático -----	29
Ilustración 18. Cuerpo de agua natural contaminado -----	30
Ilustración 19. Vista aérea de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la isla de Janitzio, municipio de Pátzcuaro Michoacán (EAST)-----	33
Ilustración 20. Laguna de Estabilización (MAPAS-2015) -----	39
Ilustración 21. Zonas en las que se divide la fosa séptica-----	40
Ilustración 22. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la isla de Janitzio, proceso de lodos activados (EAST)-----	41
Ilustración 23. Lodo Convencional (MAPAS-2015) -----	44
Ilustración 24. Lodo con aireación extendida (MAPAS-2015)-----	45
Ilustración 25. Espuma provocada por detergentes -----	46
Ilustración 26. Lodo joven -----	46
Ilustración 27. Grasas (MAPAS-2015)-----	47
Ilustración 28. Natas (MAPAS-2015) -----	47
Ilustración 29. Flotación de sólidos (MAPAS-2015) -----	48
Ilustración 30. Trayectoria de espuma (MAPAS-2015) -----	49
Ilustración 31. Esquema del proceso de lodos activados -----	50
Ilustración 32. Reactor anaerobio de flujo ascendente -----	53
Ilustración 33. Esquema del proceso de un reactor anaerobio de flujo ascendente-----	54
Ilustración 34. Ubicación del embarcadero general y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la isla de Janitzio, Pátzcuaro Michoacán. -----	57
Ilustración 35. Fecha en que se construyó la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la isla de Janitzio (EAST)-----	58

Ilustración 36. Plano arquitectónico actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Isla de Janitzio.-----	59
Ilustración 37. Estado actual de las rejillas y desarenador de la PTAR (EAST) -----	60
Ilustración 38. Estado actual del Cárcamo de bombeo (EAST) -----	60
Ilustración 39. Reactor biológico (EAST) -----	61
Ilustración 40. Reactor biológico visto desde planta (EAST) -----	61
Ilustración 41. Sedimentadores vistos desde planta (EAST)-----	62
Ilustración 42. Estado actual de los lechos de secado (EAST)-----	62
Ilustración 43. Digestor de lodos-----	63
Ilustración 44 Estado actual del tanque homogeneizador, se encuentra fuera de operación.-----	63
Ilustración 45. Bomba de 30hp-----	64
Ilustración 46. Bomba de 5hp -----	65
Ilustración 47. Vertedor donde se le agrega la dosis de cloro al efluente -----	65
Ilustración 48. Estado actual del sistema de cloración -----	66
Ilustración 49. Muestreo del influente a analizar-----	69
Ilustración 50. Recolectando la cantidad necesaria -----	69
Ilustración 51. Muestras del influente para la -----	69
Ilustración 52. Tubería de descarga del efluente tratado (EAST) -----	70
Ilustración 53. Muestras del efluente para la primera prueba -----	70
Ilustración 54. Prueba de sólidos sedimentables por medio de cono IMHOFF de la primera muestra (EAST)-----	73
Ilustración 55. Vertido del ácido sulfúrico para la prueba-----	76
Ilustración 56. Mezcla de ácido sulfúrico y la-----	76
Ilustración 57. Muestra del digestor de DQO a 150°C-----	77
Ilustración 58. Apariencia de la muestra de influente-----	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Censos y conteos de la población de la isla de Janitzio según (INEGI)-----	20
Tabla 2 Censos utilizados para el cálculo de la proyección de población para el año 2018. (INEGI) -	23
Tabla 3. Crecimiento del tratamiento de aguas residuales en México desde el año de 1992 al 2013 (CONAGUA 2013) -----	36
Tabla 4. Funcionamiento de las bombas por día (EAST) -----	64
Tabla 5. Frecuencia recomendada para realizar muestreos (NOM-001-SEMARNAT-1996)-----	68
Tabla 6. Resultados de la primera muestra, Cantidad de Sólidos en todas sus formas obtenidos de los análisis realizados en el laboratorio.-----	74
Tabla 7. Resultados del influente y efluente obtenidos de los análisis de laboratorio de la cantidad de DQO. -----	78
Tabla 8. Resultados de la segunda muestra del influente y efluente obtenidos de los análisis de laboratorio de la cantidad de DBO -----	81
Tabla 9. Resultados de las tres muestras del influente y efluente obtenidos de los análisis de laboratorio de Coliformes Fecales-----	85
Tabla 10. Resultados de la tercera muestra del influente y efluente obtenidos de los análisis de laboratorio de la cantidad de Nitrógeno Total, Fósforo Total, Zinc y Níquel-----	91

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Variación de población de la isla de Janitzio a partir del año 1900 al 2010-----	20
Gráfica 2. Cantidad de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en México, de acuerdo al tipo de proceso (CONAGUA-2013) -----	37
Gráfica 3. Cantidad de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el estado de Michoacán de Ocampo, de acuerdo al tipo de proceso (CONAGUA-2013)-----	38
Gráfica 4. Comparación de la DBO del influente respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996-----	82
Gráfica 5. Comparación de la DBO del efluente tratado respecto a la Nom-001-semarnat-1996-----	82
Gráfica 6. Comportamiento del influente y efluente del análisis de Coliformes Fecales de las tres muestras-----	86
Gráfica 7. Comparación del Nitrógeno Total del efluente respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996-	92
Gráfica 8. Comparación del Fósforo Total del efluente respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996 ----	92
Gráfica 9. Comparación de Níquel del efluente respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996-----	93
Gráfica 10. Comparación de Zinc del efluente respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996 -----	93

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales se ha convertido en uno de los principales temas a abordar en los últimos años, debido a las grandes cantidades de desechos orgánicos y contaminantes en general que se arrojan a los drenajes, que por consecuencia terminan afectando a los diferentes ecosistemas del planeta, así como a todo ser vivo que entre en contacto con este líquido.

Las aguas residuales son la combinación de aquellas aguas que han sido utilizadas en las industrias, hogares, comercios, instituciones o actividades ganaderas, a las que eventualmente se suman aguas pluviales y subterráneas. También son llamadas aguas negras por el color que adquieren.

Estas aguas contienen componentes y elementos contaminantes que hacen necesaria su depuración, ya que son perjudiciales tanto para los seres humanos como para el medio ambiente. En las aguas residuales se suelen encontrar grasas, detergentes, desechos, sustancias tóxicas, materia orgánica, pesticidas, entre otros elementos.

Cabe resaltar que aún existen muchos pueblos y ciudades que vierten sus residuos a los ríos, lagos y mares sin ser tratados. Lo que provoca altos niveles de contaminación y, en consecuencia, la muerte de muchos seres vivos.

Afortunadamente, existen diversas plantas de tratamiento especiales que se encargan del tratamiento adecuado de las aguas residuales. Además, dependiendo de cada necesidad, también existen plantas que se encargan específicamente del tratamiento de efluentes industriales, así como del tratamiento de efluentes domésticos. Estos tratamientos consisten en una serie de procesos químicos, físicos y biológicos que eliminan los componentes dañinos. (*Quimtia Industrial, Medio Ambiente*, 2017)

En el estado de Michoacán hay un total de 37 plantas que se encuentran en operación, y de estas, tres son las que se encuentran en el municipio de Pátzcuaro las cuales son: Janitzio, Pátzcuaro I (Las Garzas), Pátzcuaro II (San Pedrito). Estas tres plantas son las encargadas de llevar a cabo el tratamiento adecuado de las aguas residuales del municipio y descargarlas en el Lago de Pátzcuaro.

En este trabajo de investigación se llevará a cabo un diagnóstico acerca del tratamiento de aguas residuales de una de las localidades más afectadas del estado de Michoacán, tomando como referencia el Lago de Pátzcuaro. Se trata de la isla de Janitzio, una de las principales atracciones turísticas de la región y principal fuente de contaminación para el mismo lago.

La materia orgánica es uno de los mayores problemas, esto conlleva a la eutrofización del lago y a cambios importantes en el hábitat y sus interacciones. La materia orgánica se acumula en el fondo del lago y, en algunos lugares, ha alcanzado un espesor de más de 2m. Esta masa de sedimentos es removida y suspendida en la columna de agua por el viento, el dragado y algunas especies de peces exóticos como la carpa. Al ser suspendida, provoca un aumento en la turbidez del agua, lo que evita el paso de la luz del sol y de esta forma afecta la función de las plantas acuáticas y otros organismos que viven en la columna de agua y en el fondo. Incluso, el agua turbia puede alterar la alimentación de los peces, ya que éstos no pueden ver con claridad a sus presas. Otra forma de cómo afecta la calidad del

agua el vertido de aguas residuales, es con el aporte de nutrientes, el cual a su vez provoca eutrofización del cuerpo de agua y aumento en las poblaciones de microalgas, las cuales, en exceso, pueden provocar problemas como bajas concentraciones de oxígeno o producción de sustancias tóxicas.

Las malezas acuáticas como el lirio, son plantas acuáticas flotantes que pueden cubrir totalmente la superficie del agua e impedir el paso de luz y el intercambio gaseoso entre el cuerpo de agua y la atmósfera. Por esta razón, en las zonas cubiertas por lirio, el agua es oscura y tiene bajos niveles de oxígeno disuelto que impide que muchos seres vivos puedan habitar en estas zonas, incluyendo peces. Además, al morir estas plantas se van al fondo e incrementan la materia orgánica acumulada, la cual también demanda oxígeno para su degradación. Hay otro tipo de malezas acuáticas que son plantas que crecen arraigadas al fondo del lago y permanecen sumergidas, son conocidas como pastos acuáticos. Los pastos acuáticos tienen la capacidad de colonizar zonas de menos de 2 m de profundidad y pueden también retener sedimentos. De esta forma, este tipo de plantas pueden recrear sitios apropiados para el crecimiento de otras plantas acuáticas como el tule o el carrizo y lentamente ganarle terreno al lago.

Otro problema que sucede cerca de algunas regiones habitadas como las inmediaciones de la ciudad de Pátzcuaro, Tzintzuntzan, Quiroga, San Jerónimo Purenhécuaro y Erongarícuaro, es la contaminación del agua por residuos sólidos, tales como plástico, llantas, vidrios y animales muertos, residuos que llegan al lago por el sistema de descargas o bien arrastrados desde las calles y cercanías de las zonas habitadas hasta la ribera del lago, lo que afecta de manera importante la calidad del agua y la calidad ambiental. (*Domínguez, s.f.*)

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Realizar un Diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Isla de Janitzio, Municipio de Pátzcuaro, Michoacán, para verificar el funcionamiento y eficiencia de acuerdo a las especificaciones para las cuales fue diseñada.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar los principales parámetros de calidad del agua del influente (entrada) y efluente (salida) de la planta de tratamiento de aguas residuales, haciendo una comparación con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos dentro de las Normas Oficiales correspondientes vigentes
- Analizar las diferentes fases del tratamiento, sus estructuras, su operación y correcto mantenimiento.
- Generar la información y las propuestas de mejoramiento necesarias dentro de la Planta de Tratamiento que coadyuven a la conservación y/o mantenimiento del Lago de Pátzcuaro, Michoacán.
- Establecer sugerencias y recomendaciones que ayuden al mejoramiento integral de la Planta de Tratamiento y extender así su Vida Útil..

HIPÓTESIS

El agua residual generada por la comunidad de la Isla de Janitzio, es tratada por una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, con un sistema de Lodos Activados, la cual desemboca directamente al lago de Pátzcuaro.

Es de suma importancia conocer si la calidad del caudal descargado en el cuerpo receptor cumple con los parámetros contenidos en la NORMA OFICIAL MEXICANA, NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas Residuales en aguas y bienes nacionales; además de que ya se ha cumplido con el periodo de diseño de la Planta en mención.

CAPÍTULO I.

***ESTUDIOS PRELIMINARES Y
MARCO FÍSICO***

I. ESTUDIOS PRELIMINARES Y MARCO FÍSICO

Los estudios preliminares nos ayudaran a conocer datos, características y antecedentes de la región de Janitzio, municipio de Pátzcuaro Michoacán, esto con la finalidad de conocer un poco más acerca de la región.

1.1 MARCO FÍSICO

Para lograr comprender de una mejor manera el tema a abordar es necesario conocer el contexto físico de la región para así llevar una mejor visión de las características físicas, demográficas y socioeconómicas de la región, y así tomar en cuenta las necesidades que requiere la región que se va a estudiar.

1.1.1 HISTORIA

Janitzio, como la región del Lago de Pátzcuaro, está habitada por la raza tarasca y purépecha. Purépecha y tarasco son sinónimos. La demo nominación de tarascos, vino de la palabra *tarascue*, que significa yerno. A los primeros cuatro españoles que llegaron a Tzintzuntzan, capital de Michoacán, el rey les obsequió a cuatro de sus hijas, convirtiéndose en yernos. Como los españoles escuchaban tantas veces esta palabra *tarascue*, empezaron a nombrarlos tarascos.

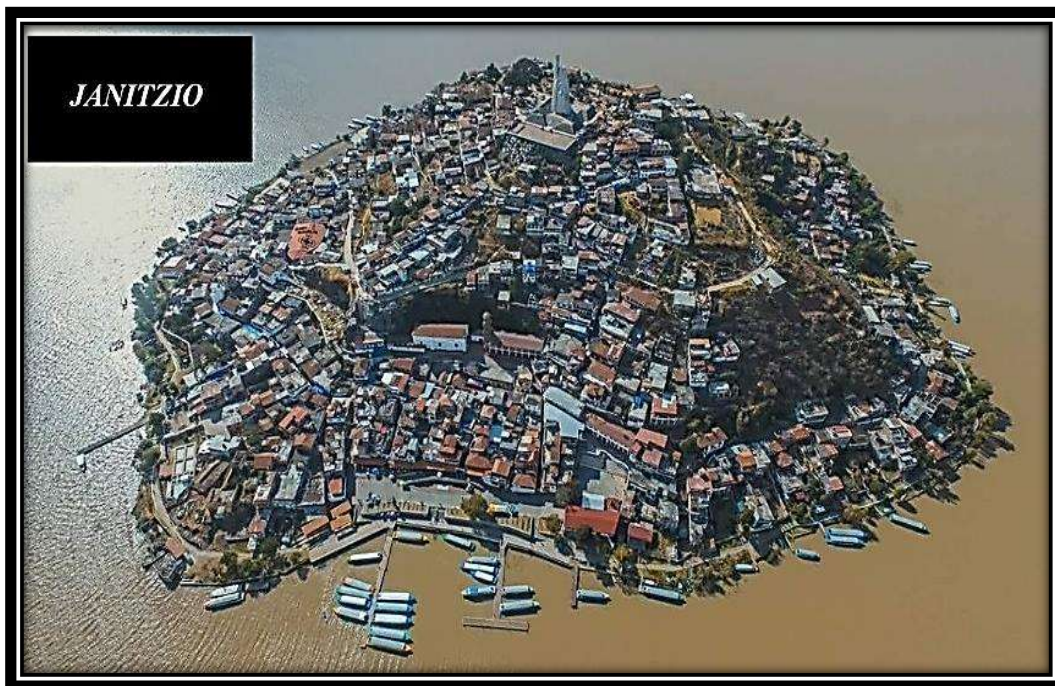


Ilustración 1 .Isla de Janitzio, imagen aérea

Cuenta la gente del pueblo que los primeros pobladores de Janitzio, proceden de un pueblo chichimeca común denominado *Kerendaro* (lugar de cuevas) que, al aumentar la población sus habitantes tuvieron que disgregarse hacia lugares cercanos y fértiles. Un grupo de éstos, llegó a una tierra, fundado el poblado de *Tzimiku* (unos cuantos), que en la actualidad se conoce con el nombre de *zipijo*.

Según otros comentarios de la gente de Janitzio, dicen que por comodidad cuando salían de pesca dejaban secando sus redes en la isla, ya que ésta no estaba habitada, además, como empezaron a tener problemas con sus animales (gallinas, guajolotes y pollos) pues había mucho coyote en la región, optaron por vivir tranquilos y poco a poco fueron emigrando a la isla.

No se sabe exactamente cuándo fue habitada permanentemente la isla, pero datos confirmados en el informe inédito de beneficios pueblos y lenguas del obispado de Michoacán; y las relaciones geográficas de 1579-1581 y la inspección ocular de fines del siglo XVIII afirman que los indios de Janicho elaboraban anzuelos de cobre y la industria textil, comprendía las redes, por lo que podemos decir que, para antes de la colonización, la isla ya había sido ocupada.

Posteriormente los nuevos habitantes de la isla la nombraron Xanicho y más tarde Janicho. Actualmente se le denomina Janitzio. El nombre de Janitzio se traduce por “cabello de elote”. Aunque muchos isleños le dan el significado de lugar de unos cuantos, por el origen de la llegada a ese lugar, pero el más acertado es el primero, ya que Xanichi significa en tarasco maíz.

Janitzio era una de las islas sagradas del cazonci, destinadas a distintos cultos, en ellas estaban depositadas a distintos cultos, en ellas estaban depositadas riquezas de oro y plata de sus antepasados. En Zenecho (hoy Janitzio), tenía ocho arcas de rodela de plata de mitras angároti, y unas como tortas redondas llamadas curinda. Este tesoro estaba dedicado a la luna. Puesto en este lugar por su padre Zuangua.

Desde más o menos 1910, la comunidad comenzó a tener contacto con gente foránea, se instaló una escuela rural atendida por un maestro. Esto, no causó un impacto cultural importante, ya que la población no asistía a la escuela en un gran porcentaje.

Empezaron a llegar turistas extranjeros a presenciar la noche de velación de muertos los primeros días del mes de noviembre de cada año, esto fue por años de 1930, cuenta que ellos no se vieron afectados, ni sintieron ningún cambio en esta celebración, porque la mayoría tenían conocimientos de sus costumbres y llegaban a hacer algún estudio del país que los mandaba, así que había mucho respeto.

Siendo gobernador de Michoacán el general Lázaro Cárdenas, Janitzio obtuvo grandes beneficios y con ello el mayor impacto de aculturación en la comunidad. Intervino la Misión cultural Lacustre, integrada por un maestro de carpintería, un maestro de pequeñas “industrias” que tenía como especialidad los trabajos de tejido de tule y palma, una maestra de corte y cocina, un lancharo y un operador de cine. Esta misión asistía a la isla una vez por semana, pero no tuvo éxito.

A partir de 1936 se aumentó el personal de la escuela rural siendo en total seis maestros, cuatro de estos como profesores de grupo y dos especialistas, uno de pintura y otro de música.

Más tarde en el año 1932 la comunidad de Janitzio fue invadida por gente extraña, empezaron a llegar militares, ingenieros, arquitectos, a abrir pequeñas calles y subidas a la cúspide del cerro, para posteriormente poder subir material necesario para la construcción del monumento al general Morelos. Esto provocó el miedo y la inseguridad de la gente ya que por lo rocoso del terreno se tuvo que usar explosivos provocando algunas muertes, fue por eso que varias familias emigraron a vivir a las islas de Yunuen y la Pacanda.

La construcción del monumento (**Ilustración 2**) fue hecha con el fin de dar un atractivo a la isla que motivara a los turistas a visitarla y así ayudara a su economía. Para ellos fue necesario la creación del muelle de Pátzcuaro y el embarcadero de Janitzio, lo que hizo posible que entrara el visitante, sin que se hicieran estudios previos de la comunidad para conocer si el turismo beneficiaría al pueblo. Con el solo hecho de proporcionarles una estatua querían que se solucionaran todos los servicios que se requieren para hacer un lugar, un centro receptor de turismo; cosas tan indispensables como: drenaje, baños, basureros, restaurantes, etc.

La construcción consiste en una estructura de concreto armado, adaptada a la forma exterior, con revestimiento de cantera tallada y refinada hasta conseguir la forma definitiva. Este monumento se localiza en la parte más alta de la isla, en una explanada se puede observar el hermoso panorama del lago con sus demás islas.

El monumento tiene una escalera que da acceso hasta la orilla extrema de la manga del brazo derecho y por una estrecha ventana horizontal, se puede observar el lago. Dentro del monumento encontramos murales que describen la vida del general Morelos, siendo uno de los principales atractivos de los visitantes. Construido por orden del general Lázaro Cárdenas, y que representa la figura del caudillo en proporciones colosales, con el brazo derecho levantado y empuñando en la mano izquierda una gran espada. Su altura es de 40 metros. El autor de este gran proyecto y ejecutor de esta obra es el escultor mexicano Guillermo Ruíz, habiendo quedado la parte constructiva a cargo del capitán Antonio Rojas García quien con la operación de 22 regimiento de caballería y el primer batallón de zapadores hizo posible la obra.



Ilustración 2. Monumento en honor al generalísimo José María Morelos y Pavón, ubicada en lo más alto de la isla.

Estos dos aspectos fueron las principales causas que contribuyeron a la aculturación. El contacto fue un choque de culturas. El pueblo al principio se resistía a cooperar con los maestros rurales y de la Misión, los ignoraban y no participaban en clases, pero siempre los dirigentes de la comunidad se veían obligados por parte de gobierno a atender bien a estas personas. Lucharon porque los vecinos participaran a las proposiciones de los maestros.

Respecto al turismo, la situación fue parecida, la gente ignoraba a los visitantes, si les preguntaban no les respondían y evitaban tener cualquier contacto con estas personas extrañas. Nadie se interesaba en sacar algún provecho de los turistas, la población seguía sus actividades cotidianas. Los vecinos de Janitzio se mostraban ante los turistas disgustados por su llegada, muchas veces groseros y repulsivos. Pero la participación de las misiones y de los maestros de la escuela influyeron para que la comunidad fuera aceptando a los visitantes, sobre todo hubo respuesta de aquellos muchachos que habían asistido o que iban a la escuela, esto lo podemos comprobar porque la mayoría de los actuales comerciantes son producto de la educación e influencia de estas misiones.

Así Janitzio ha ido transformándose primero con la escuela y posteriormente con el turismo, a partir de que fue abierto como centro turístico en demanda de las exigencias de la sociedad, estando subordinado a las necesidades de distracción de las sociedades privilegiadas.

De Pátzcuaro a la isla de Janitzio existen aproximadamente de 8 a 10 km los cuales se recorren en lancha de motor en un término medio de 20 a 30 minutos.

El pueblo presenta un aspecto típico por la situación de sus casas en forma escalonada, la construcción es de tabique con techos de teja. Las calles son estrechas en las cuales se ve ropa colgada.

Sus edificios más importantes son: la iglesia que según informes data de muchos años, pues el único dato que se tiene, es la terminación de la torre en 1970. Lo que da mayor atractivo a esta construcción es el hecho de que la torre se encuentra separada del recinto del propio templo, debido a que este fue construido 100 años después de haber terminado el campanario. La iglesia está dedicada a San Jerónimo, santo patrono de la comunidad. Es por ello que durante años se llamó al pueblo San Jerónimo Janicho.

El Curato. - es el edificio donde se encuentran las oficinas de los dirigentes de la comunidad, la jefatura de tenencia, el juzgado, el comisariado de bienes comunales, casa del sacerdote.



Ilustración 3. Presidencia municipal de la isla de Janitzio (EAST)

Además, cuenta con la Escuela Primaria, la clínica de Coplamar, una pequeña capilla en el panteón y el majestuoso monumento al General José María Morelos y Pavón. (Centori, 1952)

1.1.2 UBICACIÓN Y GEOGRAFÍA

La isla de Janitzio es una de las cuatro islas localizadas en el Lago de Pátzcuaro estado de Michoacán, se localiza en la parte sur, con una extensión territorial aproximada de cinco kilómetros cuadrados y una elevación de 2097 msnm.

Se encuentra en las coordenadas 19° 34' 25" N, 101° 39' 7" W



Ilustración 4. Localización del municipio de Pátzcuaro dentro del estado de Michoacán (INEGI-2010)



Ilustración 5. Localización de la isla de Janitzio en el entorno del lago de Pátzcuaro Michoacán y márgenes

1.1.3 TOPOGRAFÍA

La topografía en la isla de Janitzio es irregular ya que se trata de una montaña, el desnivel desde el lago hasta la explanada del monumento a Morelos es de 74 metros



Ilustración 6. Representación de las curvas de nivel de la isla de Janitzio a cada 20 metros

1.1.4 HIDROGRAFÍA

El Lago se localiza dentro de la región hidrológica RH-12 “Lerma-Santiago”, cubre el 26.53% del territorio estatal, drenando las aguas del norte de la entidad hacia el río Lerma que desemboca en el lago Chapala y vierte sus aguas al océano pacífico a través del Río Grande de Santiago. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son: Río Lerma-Chapala (11.12%), Lago de Pátzcuaro-Cuitzeo-Yuriria (8.16%), Río Lerma-Toluca (3.6%), Lago de Chapala (2.14%) y Río Lerma-Salamanca (1.51%).

El río Lerma nace en el Estado de México, entra a Michoacán en el extremo noreste de la entidad, donde forma la presa Tepuxtepec; atraviesa el territorio michoacano hasta llegar al lago Chapala, en el extremo noroeste.

El Lago de Cuitzeo es considerado como el más grande en el estado; su cuenca ocupa una superficie dentro del estado de 3,618 kilómetros cuadrados y sus principales afluentes son el río Grande de Morelia y el río Queréndaro.

El Lago de Chapala ocupa sólo una porción en el estado, la parte Sureste del lago, con aproximadamente 125 kilómetros cuadrados, recibe aportes de los ríos Duero y Lerma. (Martínez, 2015)

“DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA ISLA DE JANITZIO, MUNICIPIO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN”

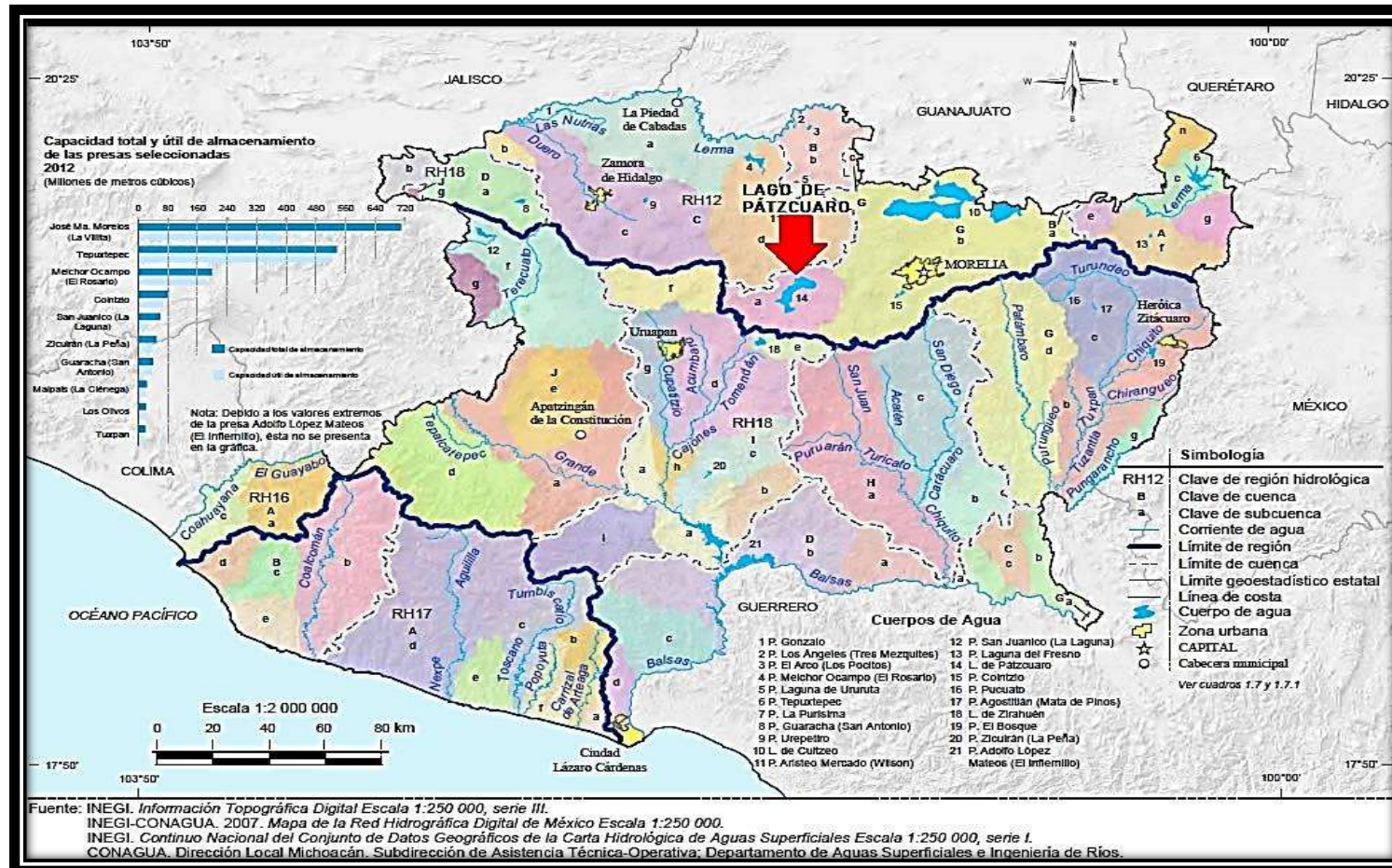


Ilustración 7. Localización del lago de Patzcuaro dentro de la región hidrológica (RH-12 “Lerma-Santiago”) (INEGI-2010)

1.1.5 GEOLOGÍA

En la región afloran rocas ígneas extrusivas, suelos residuales y depósitos de aluvi3n. Las rocas ígneas extrusivas se encuentran ampliamente distribuidas en la regi3n, consistentes principalmente de brechas basálticas de fracturamiento moderado, intemperismo somero y permeabilidad mediana.

En la localidad se tiene suelo constituido por basaltos que se presentan como una roca de color rosa, se encuentran constituyendo bloques y subyacen en algunos lugares, a una toba basáltica de espesor variable.

Dado el origen volcánico de la regi3n, la Isla de Janitzio es más bien una formaci3n rocosa. Esto repercute en las posibilidades de actividades agrícolas que son escasas. (Ayala, 2008)



Ilustraci3n 8. Tipos de rocas que afloran en la isla de Janitzio

3.1.6 CLIMA

Su clima es generalmente templado, soplando vientos fríos en algunos días, especialmente durante la época de invierno, las lluvias son abundantes entre los meses de junio a septiembre, con verdaderas tormentas por las tardes.

Las temperaturas máximas ocurren en el mes de mayo, cuando se rebasan los 25°C y las mínimas en diciembre, las cuales están por debajo de los 5°C en febrero, noviembre y diciembre.

Las estaciones climatológicas más próximas a Janitzio son: la estaci3n Pátzcuaro localizada a cinco kilómetros al sureste de la Isla de Janitzio, cerca del embarcadero principal de Pátzcuaro, la otra estaci3n es La Pacanda ubicada al norte de Janitzio en la isla del mismo nombre, a cuatro km de distancia. (Ayala, 2008)

“DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA ISLA DE JANITZIO, MUNICIPIO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN”

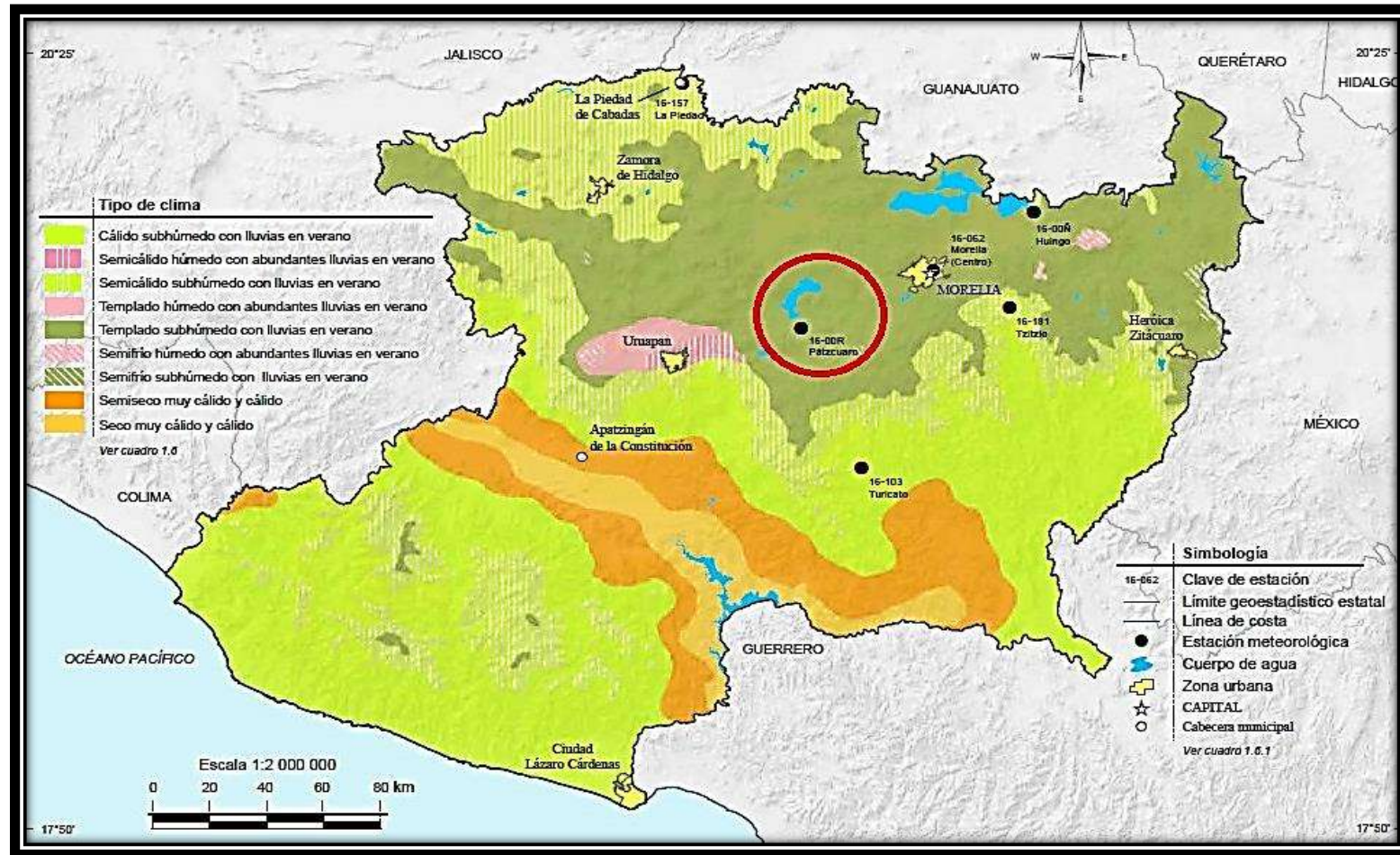


Ilustración 9. Estación meteorológica del municipio de Pátzcuaro y tipo de clima en cada zona de Michoacán (INEGI-2010)

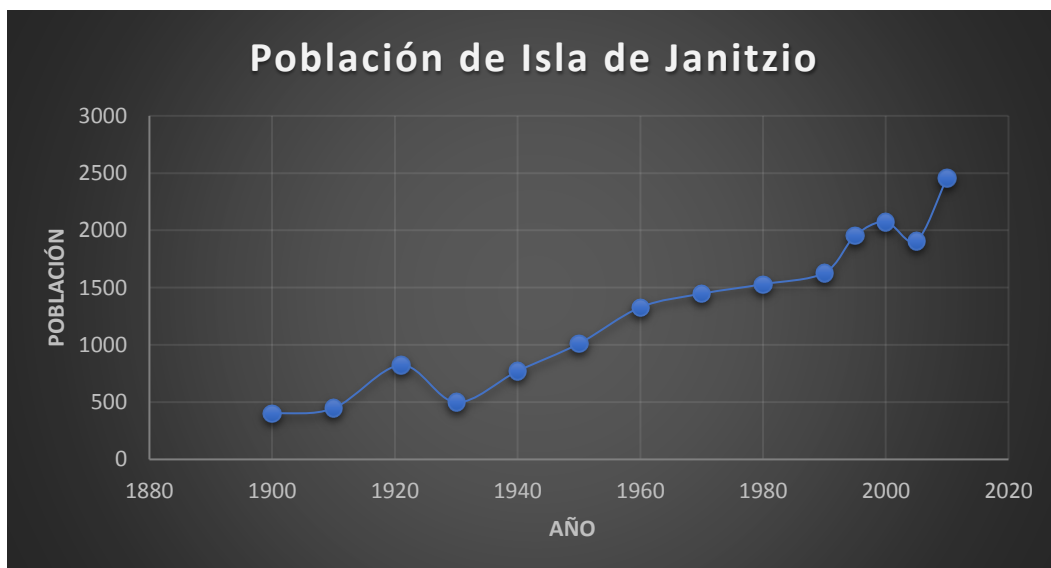
1.2 MARCO SOCIAL

1.2.1 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

Según los datos de INEGI, 2010, el número de habitantes en la localidad de Janitzio es de 2,458 de los cuales 1,168 son hombres y 1290 son mujeres.

AÑO	FUENTE	TOTAL HABITANTES	TOTAL HOMBRES	TOTAL MUJERES
1900	Censo	399	205	194
1910	Censo	447	219	228
1921	Censo	823	406	417
1930	Censo	499	241	258
1940	Censo	771	363	408
1950	Censo	1011	481	530
1960	Censo	1328	674	654
1970	Censo	1447	-	-
1980	Censo	1530	735	795
1990	Censo	1630	794	836
1995	Conteo	1954	966	988
2000	Censo	2074	978	1096
2005	Conteo	1910	892	1018
2010	Censo	2458	1168	1290

Tabla 1. Censos y conteos de la población de la isla de Janitzio según (INEGI)



Gráfica 1. Variación de población de la isla de Janitzio a partir del año 1900 al 2010

Los ciudadanos se dividen en 801 menores de edad y 1109 adultos, de cuales 161 tienen más de 60 años.

Habitantes indígenas en Janitzio

1851 personas en Janitzio (Isla Janitzio) viven en hogares indígenas. Un idioma indígena habla de los habitantes de más de 5 años de edad 1496 personas. El número de los que solo hablan un idioma indígena pero no hablan mexicano es 0, los de cuales hablan también mexicano es 1439.

Estructura social

Derecho a atención médica por el seguro social, tienen 278 habitantes de Janitzio (Isla Janitzio).

Estructura económica

En Janitzio (Isla Janitzio) hay un total de 318 hogares.

De estas 296 viviendas, 17 tienen piso de tierra y unos 12 consisten de una sola habitación, 267 de todas las viviendas tienen instalaciones sanitarias, 279 son conectadas al servicio público, 281 tienen acceso a la luz eléctrica.

La estructura económica permite a 9 viviendas tener una computadora, a 42 tener una lavadora y 272 tienen una televisión.

Educación escolar en Janitzio

Aparte de que hay 243 analfabetos de 15 y más años, 17 de los jóvenes entre 6 y 14 años no asisten a la escuela.

De la población a partir de los 15 años 230 no tienen ninguna escolaridad, 484 tienen una escolaridad incompleta. 213 tienen una escolaridad básica y 291 cuentan con una educación post-básica.

Un total de 220 de la generación de jóvenes entre 15 y 24 años de edad han asistido a la escuela, la mediana escolaridad entre la población es de 6 años. (*nuestro-méxico, s.f.*)

1.2.2 ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE LA REGIÓN

En la isla de Janitzio su principal actividad es la pesca ya que por las condiciones del terreno fue imposible practicar la agricultura, también siendo la pesca una de las principales fuentes económicas de la localidad.

Como principal actividad secundaria se encuentra el turismo, siendo también una fuente de ingresos económicos muy importante, recibiendo miles de turistas de diferentes partes del mundo principalmente el 1 de noviembre conocido mejor como el día de muertos, siendo una de las principales atracciones por la historia y costumbres que se siguen practicando en la región.

Otra actividad importante que se realiza en la comunidad es la elaboración y venta de artesanías típicas de la región.



Ilustración 10. La pesca como una de las principales actividades de la región de Janitzio



Ilustración 11. La noche de muertos en la isla de Janitzio es una de las atracciones turísticas más importantes del país



Ilustración 12. La venta de artesanías típicas de la región es una de las actividades económicas principales en la isla de Janitzio

1.3 POBLACIÓN PROYECTO

La población proyecto es la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del período de diseño del sistema de tratamiento de agua residual. Es uno de los factores más importantes en este tipo de proyectos, donde se tiene por objeto inferir el número de personas beneficiadas, es decir, la población que se determina estadísticamente proyectada hacia el futuro, valor esencial en la determinación de las dimensiones de cada una de las estructuras que conformaran del proyecto en cuestión.

En nuestro país existen censos de población emitidos por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), sin embargo, esta información es relativamente esporádica, contrastada con la dinámica de crecimiento actual. Los datos que se obtuvieron de dicha institución para la determinación de población futura referente a los censos y conteos de población existentes. Es necesario tener presente que la eventual incertidumbre en estos datos de partida, combinada con las consideraciones de evolución, hacen que cualquier método de proyección sea probabilista más que determinista.

Método Utilizado para el cálculo de la Población Proyecto para el año 2018

Norma Técnica NT-011-CNA-2001 “Métodos de Proyección de Población”

AÑO	FUENTE	TOTAL HABITANTES	TOTAL HOMBRES	TOTAL MUJERES
1900	Censo	399	205	194
1910	Censo	447	219	228
1921	Censo	823	406	417
1930	Censo	499	241	258
1940	Censo	771	363	408
1950	Censo	1011	481	530
1960	Censo	1328	674	654
1970	Censo	1447	-	-
1980	Censo	1530	735	795
1990	Censo	1630	794	836
1995	Conteo	1954	966	988
2000	Censo	2074	978	1096
2005	Conteo	1910	892	1018
2010	Censo	2458	1168	1290

Tabla 2 Censos utilizados para el cálculo de la proyección de población para el año 2018. (INEGI)

La Proyección de Población se realizó de acuerdo a la Norma Técnica antes mencionada, según el (Manual de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, MAPAS 2007) este es un método sencillo y de los mas precisos, ya que nos genera una tasa de crecimiento de la comunidad de acuerdo a los censos anteriores.

Dicho lo anterior se tiene que la población proyecto para el año 2018 será la tasa de crecimiento multiplicada por el último censo proporcionado por INEGI que es este caso es el del 2010, dándonos así una población proyecto de 2815 habitantes.

1.4 INFRAESTRUCTURA SOCIAL

En la comunidad de la isla de Janitzio se cuenta con infraestructura pública como educación preescolar, educación primaria, educación secundaria y educación a nivel bachillerato las cuales se nombran a continuación:

Se cuenta con dos planteles a nivel preescolar, a los cuales asisten niños de 3 a 5 años de edad para propiciar el desarrollo integral de los campos formativos de desarrollo personal y social, lenguaje y comunicación.



Ilustración 13. Jardín de niños "IREPAN" (EAST)

También se cuenta con dos Instituciones de educación primaria, las cuales cuentan con infraestructura necesaria para que los alumnos tengan un buen desarrollo y aprendizaje, cabe mencionar que se sigue enseñando la lengua Purépecha típica de la región.



Ilustración 14. Escuela primaria "TARIACURI" (EAST)



Ilustración 15. Escuela primaria "PATZIMBA" (EAST)

Se cuenta también con dos Telesecundarias, en las cuales solo se imparten clases en horario matutino, este grado académico no cuenta con muchos alumnos ya que prefieren acudir al municipio de Pátzcuaro a estudiar.

También se cuenta con un bachillerato, el cual ha crecido y añadido varias especialidades, para que así los alumnos tengan una mayor área de preparación y evitar que tengan que salir de la localidad a estudiar.

Se cuenta con una Clínica, la cual no se encuentra en las condiciones óptimas para brindar un buen servicio a la comunidad ya que carece de personal capacitado, equipo y medicamentos. Cabe mencionar que es la única clínica que recibe pacientes de las islas aledañas como lo son Yunuen y Pacanda



CAPÍTULO II.
MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO

2.1 AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son la combinación de aquellas aguas que han sido utilizadas en las industrias, hogares, comercios, instituciones o actividades ganaderas, a las que eventualmente se suman aguas pluviales y subterráneas. También son llamadas aguas negras por el color que adquieren.

Estas aguas contienen componentes y elementos contaminantes que hacen necesaria su depuración, ya que son perjudiciales tanto para los seres humanos como para el medio ambiente. En las aguas residuales se suelen encontrar grasas, detergentes, desechos, sustancias tóxicas, materia orgánica, pesticidas, entre otros elementos.

Cabe resaltar que aún existen muchos pueblos y ciudades que vierten sus residuos a los ríos, lagos y mares sin ser depurados. Lo que provoca altos niveles de contaminación y, en consecuencia, la muerte de muchos seres vivos, así como del mismo ecosistema.



Ilustración 16. Descarga de aguas residuales a un cuerpo de agua natural

2.1.1 CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales se clasifican de acuerdo a su origen:

- *Aguas Residuales Domésticas*

Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente.

- *Aguas Residuales Industriales*

Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.

- *Aguas Residuales Urbanas*

Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

2.1.2 AFECTACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES AL MEDIO AMBIENTE

En todo el mundo, el vertido de sustancias antropogénicas de agua no tratada se ha convertido en el responsable de muchas enfermedades y problemas para la salud. Debido a que las descargas de aguas residuales generan la contaminación del agua, los peces y otras criaturas marinas mueren, afectando indirectamente a la salud humana.

La falta de plantas de tratamiento para las aguas residuales en las ciudades y en las industrias, hoteles y explotaciones mineras, agrícolas y ganaderas, ocasiona grandes desechos de aguas contaminadas que hacen mucho daño al medio ambiente. La mayoría de esas aguas es descargada en los ríos, lagos, mares, en los suelos a cielo abierto o en el subsuelo, a través de los llamados pozos sépticos y rellenos sanitarios.

En las últimas décadas el mundo ha venido mostrando preocupación y está tratando de resolver los problemas relacionados con la disposición de los efluentes líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial de las aguas de abastecimiento.

La primera prioridad que demanda una comunidad es el suministro del agua, con calidad adecuada y cantidad suficiente. Ya logrado este objetivo, surge otro no menos importante que consiste en la adecuada eliminación de las aguas ya utilizadas que se convierten en potenciales vehículos de muchas enfermedades y trastorno del medioambiente.

Las fuentes de agua (ríos, acuíferos, lagos, mar), han sido incapaces por sí mismas para absorber y neutralizar esta carga contaminante, y por ello estas masas de agua han perdido 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 para preservar los cuerpos de agua. Como resultado, pierden aquellas condiciones mínimas que les son exigidas para su racional y adecuado aprovechamiento como fuentes de abastecimiento de agua, como vías de transporte o fuentes de energía.

Las aguas de desecho dispuestas en una corriente superficial (lagos, ríos, mar) sin ningún tratamiento, ocasionan graves inconvenientes de contaminación que afectan la flora y la fauna. Estas aguas residuales, antes de ser vertidas en las masas receptoras, deben recibir

un tratamiento adecuado, capaz de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, para evitar que su disposición cause los problemas antes mencionados. El grado de tratamiento requerido en cada caso para las aguas residuales deberá responder a las condiciones que acusen los receptores en los cuales se haya producido su vertimiento. (Pimentel, 2017)



Ilustración 17. Afectación de las aguas residuales para el ecosistema acuático

Se han realizado muchos estudios para conocer el impacto de las aguas residuales en el medio ambiente, lo que indica que el agua residual que se libera en los océanos o ríos puede ser una gran preocupación para la salud humana y el equilibrio ecológico.

Las aguas residuales que están llenas de sustancias químicas complejas pueden generar disminución en el nivel de oxígeno en las fuentes de agua naturales y, por lo tanto, causar un cambio drástico en la vida acuática.

La disposición de aguas residuales sin tratamiento alguno y las aguas residuales tratadas inadecuadamente contaminan los cuerpos de agua natural. A su vez, por infiltración en el subsuelo contaminan las aguas subterráneas, por lo que se convierten en focos infecciosos para la salud de las poblaciones, así como para la flora y fauna del lugar. (Quimtia Industrial, Medio Ambiente , 2017)



Ilustración 18. Cuerpo de agua natural contaminado

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las sustancias residuales que aparecen formando parte de los líquidos cloacales pueden estar presentes como disueltas, suspendidas o en estado intermedio denominado coloidal. Estas sustancias pueden ser de naturaleza mineral u orgánica. En el caso de las minerales, estas sustancias provienen de los mismos minerales que formaron parte integral de las aguas abastecidas; en el caso de sustancias orgánicas, le comunican propiedades indeseables al líquido residual cuando los microorganismos asociados con estas aguas, alimentándose sobre materia orgánica muerta, atacan esos complejos orgánicos destruyéndolos o estabilizándolos parcialmente a través de una serie de descomposiciones, con la aparición de malos olores y apariencia física objetable.

Las sustancias minerales y orgánicas suspendidas en estas aguas, arenas, aceites, grasas y sólidos de variada procedencia, interfieren con los sistemas de recolección y transporte de estas aguas que los contienen, además de la apariencia de los sitios de descarga. La materia orgánica será descompuesta por la acción bacteriana, dando esta descomposición origen a continuos cambios en las características del agua. Entre las sustancias biodegradables presentes en las aguas residuales se encuentran los compuestos nitrogenados tales como proteínas, urea, aminoácidos, aminas en un 40%; compuestos no nitrogenados como grasas y jabones en un 10%, y carbohidratos en un 50%. Las proteínas son extremadamente complejas y se encuentran en toda materia viviente animal o vegetal, los hidratos de carbono se encuentran formando azúcar, almidón, algodón, celulosas y fibras vegetales; los hidratos de carbono en el papel higiénico y el algodón son altamente resistentes a la descomposición, las grasas también son difícil de descomponer. (*Pimentel, iagua, 2017*)

2.1.4 ELEMENTOS DAÑINOS DE LAS AGUAS RESIDUALES

- Malos olores: Consecuencia de las sustancias extrañas que contiene y los compuestos provenientes de estas materias, con el desdoblamiento anaeróbico de sus complejos orgánicos que generan gases resultados de la descomposición.
- Acción tóxica: Que muchos de los compuestos minerales y orgánicos que contienen esas aguas residuales provoca sobre la flora y la fauna natural de los cuerpos receptores y sobre los consumidores que utilizan estas aguas.
- Potencialidad infectiva: Contenida en las aguas receptoras y que permite transmitir enfermedades y se convierten en peligro para las comunidades expuestas. El riego de plantas alimenticias con estas aguas ha motivado epidemias de amebiasis, y su vertido al mar contaminación en criaderos de ostras y de peces.
- Modificación de la apariencia física: La modificación estética en áreas recreativas donde se descargan efluentes contaminados.
- Polución térmica: Generada por ciertos residuos líquidos industriales que poseen altas temperaturas.

La materia orgánica presente en las aguas residuales está sometida a cambios por acción química y bacterias para llegar a su oxidación y reducción de la materia orgánica en un porcentaje del 25 al 50% en pocas horas; el resto requiere de días o semanas.

Las aguas residuales normalmente en su origen, cuando están frescas, no presentan olores desagradables a temperaturas entre 20 y 25 grados centígrados. La descomposición inicia al cabo de dos horas, cuando comienzan a enturbiarse y a cambian de color, transformándose en aguas color marrón y al cabo de 6 a 8 horas se produce el desprendimiento de gases, luego tomarán color más oscuro, con producción de malos olores, y se convierten en aguas ácidas, se produce la estabilización y se convierten nuevamente en aguas sin olor, color ni sabor, obteniéndose materia estable como dióxido de carbono (CO₂), óxido de nitrógeno (N₀₃), y sulfatos (SO₄). (*Pimentel, iagua, 2017*)

2.1.5 TIPOS DE BACTERIAS SEGÚN SU ACCIÓN BACTEREOLÓGICA

- Aerobias (requieren oxígeno para subsistir).
- Anaerobias (viven en ausencia de oxígeno).
- Facultativas (subsisten en presencia o ausencia de oxígeno)

Con 2 a 5 mg/lts. de oxígeno disuelto se inicia el proceso de oxidación de la materia orgánica por acción bacteriana; este oxígeno disuelto se consume rápidamente y cuando esto ocurre solo las bacterias anaeróbicas y facultativas actuarán sobre la materia orgánica, dando origen a su putrefacción y a gases mal olientes, luego ocurre la oxidación, etapa final en el tratamiento de aguas residuales. (*Pimentel, iagua, 2017*)

2.1.6 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Existen varios métodos para el tratamiento de las aguas residuales, pueden aplicarse diferentes técnicas según el nivel de descontaminación que se desee proporcionar al agua. La mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales emplean procesos a nivel físico y bioquímico que permiten la depuración del agua a un nivel muy profundo.

En México se realizan principalmente métodos biológicos que involucran procesos aerobios o anaerobios dependiendo de las características de la planta de tratamiento, siendo las más comunes las que realizan procesos de purificación a través de la técnica conocida como lodos activados.

Este tratamiento consiste en una primera etapa en la cual, mediante un proceso aerobio, se permite que los microorganismos contenidos en el ambiente descompongan y oxiden el material orgánico con lo cual se logra un clarificado del agua y el asentamiento de los residuos contenidos en esta.

La segunda parte del tratamiento de aguas residuales consiste en una oxigenación del agua y otro proceso de filtrado, con lo que se termina de eliminar los posibles contaminantes contenidos en el líquido. El agua descontaminada mediante este proceso, generalmente es utilizada para sistemas de riego y otras actividades en las cuales no se necesite de un nivel profundo de descontaminación.

Existe un proceso más completo para la depuración del agua residual. Este método consiste en una primera etapa de asentamiento y descomposición aeróbica que facilitan el filtrado del agua, para pasar posteriormente a cámaras en las que por medio de agregados químicos se elimina el resto de los materiales contaminantes presentes en el agua. Los agregados químicos podrán variar entre cada planta de tratamiento.

En este tipo de tratamiento de aguas residuales es posible agregar alguna cantidad de cloro al agua, antes de ser liberada a los afluentes, de manera que se eliminen la gran mayoría de los posibles contaminantes producto del líquido residual.

El tratamiento que se proporcione al agua residual dependerá en gran medida de las propias disposiciones de la región en la que se encuentra la planta de tratamiento, aunque en todos los casos es posible lograr un nivel de depuración muy aceptable. La finalidad que se desee proporcionar al agua descontaminada también será un factor clave en los procesos que se apliquen en la planta de tratamiento.

Aunque presentan diferencias, los tratamientos químicos y biológicos logran una depuración del agua que permite su reutilización sin ser perjudicial al medio ambiente. (*Tratamiento de Aguas Residuales*, 2014)

Más de 1000 millones de toneladas de aguas residuales son vertidas anualmente al agua subterránea, a ríos, lagos y océanos del mundo, contaminándolos con metales pesados, disolventes, aceites, grasas, detergentes, ácidos, sustancias radioactivas, fertilizantes, pesticidas y otros productos químicos. Esta contaminación química del medioambiente se ha convertido en uno de los problemas globales más urgentes de la humanidad.

Esta contaminación se manifiesta con mayor intensidad en los países industrializados y con una explotación intensiva de la agricultura.

La esperanza de antaño de que el ciclo del agua actuaría como planta purificadora a nivel global y que los océanos servirían como vertederos universales de basura para la moderna civilización hace ya tiempo que se ha revelado como una falacia y los sistemas de tratamiento de las aguas y la disposición final de los desperdicios para evitar que contaminen, se han tornado más que costosos, inasequibles hasta para las economías más privilegiadas.

Están aún pendientes las tareas de avanzar en la superación de problemas vinculados con la higiene del hogar, del entorno urbano y rural y de las cuencas de los ríos; mejorar la recolección y disposición final de los desechos sólidos, drenaje pluvial, dar tratamiento adecuado a las aguas residuales para la remoción de patógenos humanos y disponer la construcción obligatoria de plantas de tratamiento en industrias, hoteles, de aguas cloacales urbanas y otros, para poder reutilizar esas aguas residuales en labores productivas. (Pimentel, iagua, 2017)

2.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) es una estructura y un sistema de ingeniería convertido como resultado, en una herramienta indispensable en la conservación del agua, pues permite su reciclaje y resulta aliada importante para el cuidado del medio ambiente. Estas plantas Procesan aguas resultantes de actividades de empresas, Industrias, bodegas, fabricas e incluso de comunidades residenciales.

El tratamiento de aguas y las plantas de tratamiento de agua son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es que a través de los equipamientos elimina o reduce la contaminación o las características no deseables de las aguas residuales.

La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final.



Ilustración 19. Vista aérea de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la isla de Janitzio, municipio de Pátzcuaro Michoacán (EAST)

2.2.1 PROCESOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El objetivo principal de una PTAR es el retirar todas las sustancias extrañas que contenga el agua, como lo son:

- Remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- Remoción de sólidos suspendidos
- Remoción de patógenos
- Remoción de nitrógeno y fósforo
- Remoción de sustancias orgánicas refractarias como los detergentes, fenoles y pesticidas
- Remoción de trazas de metales pesados
- Remoción de sustancias inorgánicas disueltas

La complejidad del sistema de tratamiento es, por tanto, función de los objetivos propuestos. Teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para tratamiento de agua, es común hablar de pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado de aguas residuales. (*cuida el agua.org, 2007*)

2.2.2 TIPOS DE TRATAMIENTO

- **Pretratamiento:** Busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos tales como rejillas, tamices, desarenadores y desengrasadores.
- **Tratamiento Primario o Tratamiento Físico-Químico:** Busca reducir la materia suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química.
- **Tratamiento Secundario o Tratamiento Biológico:** Se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos físico-químicos. Suele aplicarse tras los anteriores. Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen fangos en mayor o menor medida que, a su vez, deben ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final.
- **Tratamiento Terciario o Tratamiento Físico-Químico-Biológico:** Desde el punto de vista conceptual no aplica técnicas diferentes que los tratamientos primarios o secundarios, sino que utiliza técnicas de ambos tipos destinadas a pulir o afinar el vertido final, mejorando alguna de sus características. Si se emplea intensivamente pueden lograr hacer el agua de nuevo apta para el abastecimiento de necesidades agrícolas, industriales, e incluso para potabilización (reciclaje de efluentes).

2.3 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES NACIONALES EN OPERACIÓN

A través de los años se ha registrado un incremento positivo en la construcción y operación de las PTAR en México, teniendo un gran impacto en el tratamiento de las aguas residuales generadas en el país.

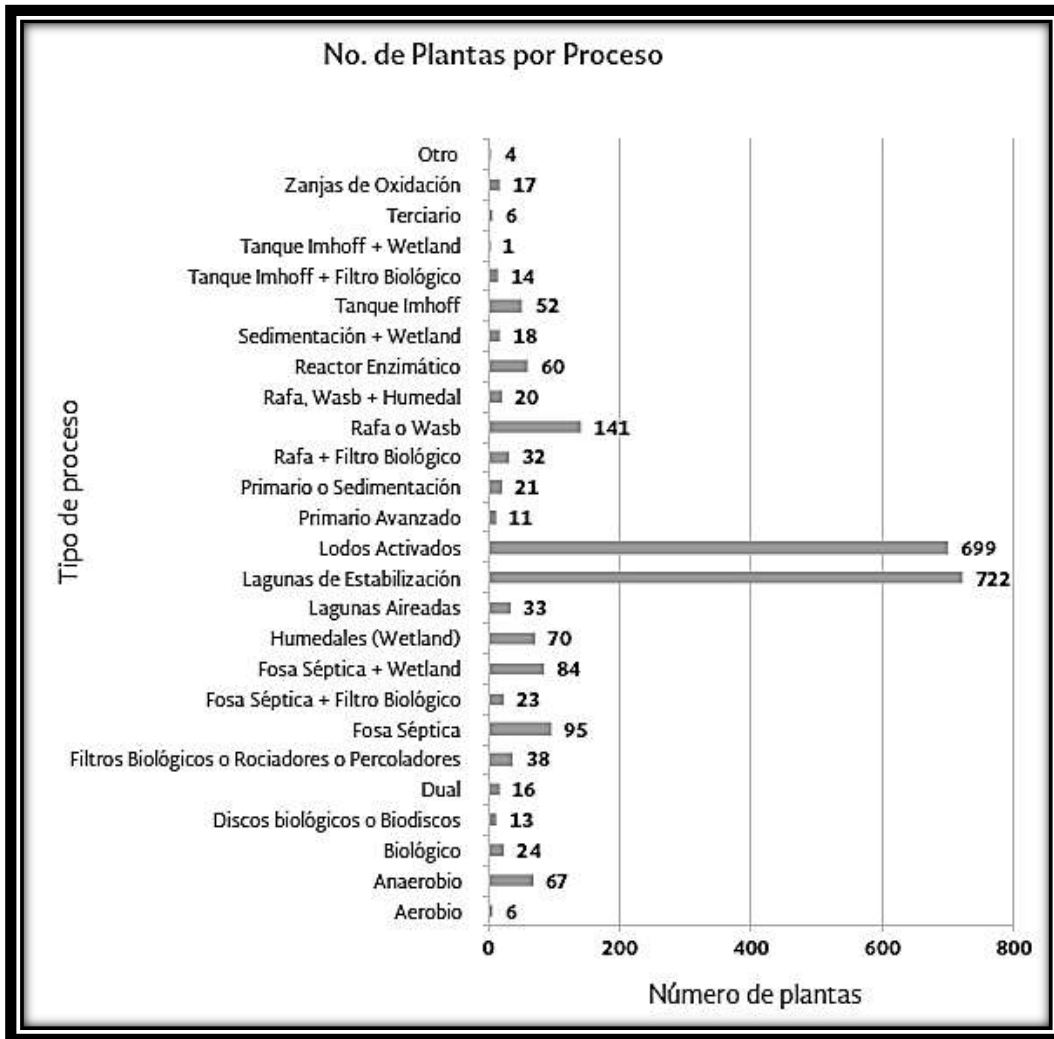
En México existen un total de 2,835 plantas tratadoras de aguas residuales, de las cuales 2,287 se encuentran en operación con una capacidad instalada total de 152,171.9 l/s y un caudal tratado total de 105,934.9 l/s. (*CONAGUA, 2013*)

“DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DE LA ISLA DE JANITZIO, MUNICIPIO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN”

Evolución del Saneamiento del Agua en México					
Año	Total	Gasto Instalado (l/s)	En Operación	Instalado (l/s)	Tratado (l/s)
	No. de Plantas		No. de Plantas		
1992	546.0	N.D	394.0	N.D	30 554.0
1993	650.0	N.D	454.0	N.D	30 726.0
1994	666.0	42 788.3	461.0	N.D	32 065.0
1995	680.0	54 638.0	469.0	48 172.0	32 905.2
1996	793.0	54 765.0	595.0	51 696.3	33 745.4
1997	821.0	61 653.1	639.0	57 401.7	39 388.8
1998	914.0	63 150.9	727.0	58 560.2	40 854.7
1999	1 000.0	67 547.9	777.0	61 559.0	42 396.8
2000	1 018.0	75 952.5	793.0	68 970.0	45 927.3
2001	1 132.0	80 622.2	938.0	73 852.6	50 810.0
2002	1 242.0	85 042.6	1 077.0	79 735.0	56 148.5
2003	1 360.0	89 585.3	1 182.0	84 331.5	60 242.6
2004	1 481.0	92 674.8	1 300.0	88 718.3	64 541.9
2005	1 666.0	101 348.7	1 433.0	95 774.3	71 784.8
2006	1 837.0	104 895.9	1 593.0	99 764.2	74 388.3
2007	2 020.0	112 294.8	1 710.0	106 266.7	79 294.3
2008	2 101.0	118 920.0	1 833.0	113 024.0	83 640.6
2009	2 303.0	125 625.8	2 029.0	120 860.9	88 127.1
2010	2 500.0	132 144.1	2 186.0	126 847.5	93 600.2
2011	2 719.0	144 074.7	2 289.0	137 082.1	97 640.2
2012	2 794.0	148 307.7	2 342.0	140 142.1	99 750.2
2013	2 835.0	161 727.1	2 287.0	152 171.9	105 934.9

Tabla 3. Crecimiento del tratamiento de aguas residuales en México desde el año de 1992 al 2013 (CONAGUA 2013)

El tipo de proceso más utilizado es el de Lodos Activados con un total de PTAR de 699 y Lagunas de Estabilización con un total de 722 PTAR, como se muestra en la tabla siguiente gráfica.

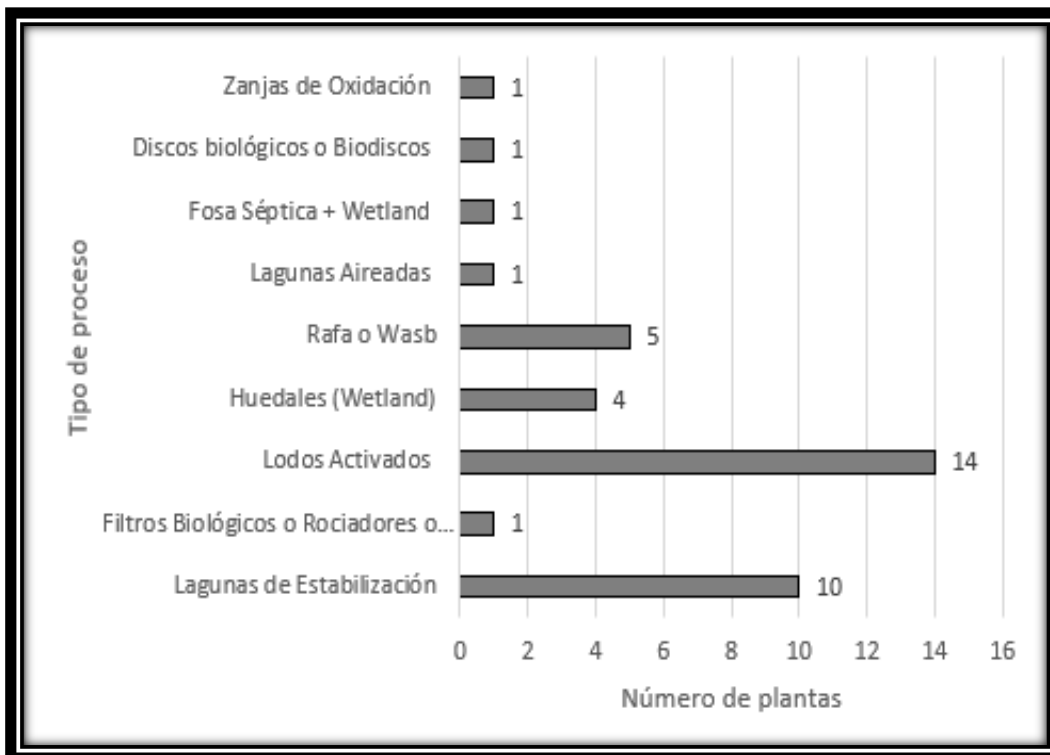


Gráfica 2. Cantidad de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en México, de acuerdo al tipo de proceso (CONAGUA-2013)

2.3.1 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO

En el estado de Michoacán hay un total de 38 PTAR, con una capacidad instalada total de 4,050.5 l/s y un caudal tratado total de 3,392.6 l/s

El proceso más utilizado es el de Lodos Activados con un total de 14 PTAR y el de Lagunas de Estabilización con un total de 10 PTAR (CONAGUA, 2013)



Gráfica 3. Cantidad de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el estado de Michoacán de Ocampo, de acuerdo al tipo de proceso (CONAGUA-2013)

2.3.2 PROCESOS MÁS UTILIZADOS EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO.

MÉTODO AEROBIO

❖ **LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN**

Las lagunas de estabilización están constituidas por excavaciones poco profundas cercadas por taludes de tierra. Generalmente tiene forma rectangular o cuadrada.

Las lagunas tienen como objetivos:

- Remover de las aguas residuales la materia orgánica que ocasiona la contaminación.
- Eliminar microorganismos patógenos que representan un grave peligro para la salud.
- Utilizar su efluente para reutilización, con otras finalidades, como agricultura.



Ilustración 20. Laguna de Estabilización (MAPAS-2015)

La eficiencia de la depuración del agua residual en lagunas de estabilización depende ampliamente de las condiciones climáticas de la zona, temperatura, radiación solar, frecuencia y fuerza de los vientos locales, y factores que afectan directamente a la biología del sistema.

Las lagunas de estabilización operan con concentraciones reducidas de biomasa que ejerce su acción a lo largo de periodos prolongados. La eliminación de la materia orgánica en las lagunas de estabilización es el resultado de una serie compleja de procesos físicos, químicos y biológicos, entre los cuales se pueden destacar dos grandes grupos.

- *Sedimentación de los sólidos en suspensión*, que suelen representar una parte importante (40-60 % como DBO5) de la materia orgánica contenida en el agua residual, produciendo una eliminación del 75-80 % de la DBO5 del efluente (Romero, 1999).
- *Transformaciones biológicas*, que determinan la oxidación de la materia orgánica contenida en el agua residual.

Los procesos biológicos más importantes que tienen lugar en una laguna son:

1. Oxidación de la materia orgánica por bacterias aerobias. La respiración bacteriana provoca la degradación de la DBO5 del agua residual hasta CO₂ y H₂O produciendo energía y nuevas células.

2. Producción fotosintética de oxígeno. La fotosíntesis algal produce, a partir de CO₂, nuevas algas, y O₂, que es utilizado en la respiración bacteriana.

3. Digestión anaeróbica de la materia orgánica con producción de metano. (Comunidades)

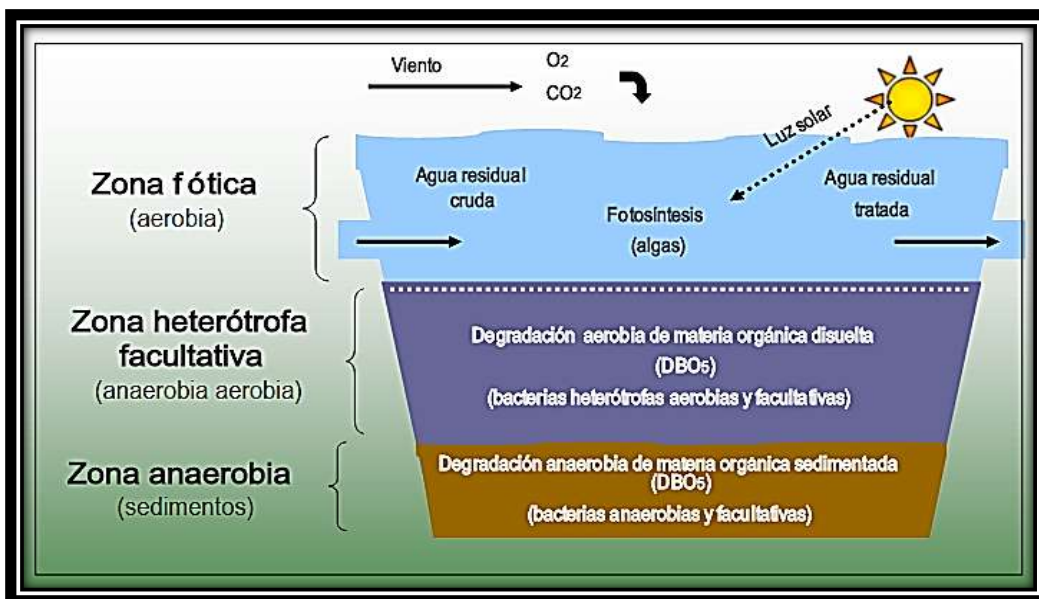


Ilustración 21. Zonas en las que se divide la fosa séptica

TIPOS DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION.

Las lagunas de estabilización suelen clasificarse en:

- Aerobias
- Anaerobias
- Facultativas
- Maduración

❖ *LODOS ACTIVADOS*

El proceso de lodos activados como tratamiento de aguas residuales fue desarrollado inicialmente en 1914, en Manchester, Inglaterra, por Fowler, Arden, Munford y Lockett. En 1920 varias instalaciones iniciaban su operación en Estados Unidos de América, sin embargo, hasta 1940 se dio el uso extensivo de sistemas. Los diseños en esa época fueron totalmente empíricos y el tiempo de retención del tanque de aireación fue uno de los primeros parámetros de diseño. Generalmente se seleccionaban cortos tiempos de retención para cargas orgánicas bajas y altos tiempos de retención para cargas orgánicas altas. Posteriormente surgieron criterios relacionados con la carga orgánica y los microorganismos del sistema, llegando a la relación conocida como alimento/microorganismos (A/M).



Ilustración 22. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la isla de Janitzio, proceso de lodos activados (EAST)

El sistema de lodos activados en México se inició en los años cincuenta; las plantas de tratamiento de aguas residuales de esa época eran concebidas para el reúso de las aguas tratadas para riego de áreas verdes, llenado de lagos y enfriamiento en la industria. Así fue como se construyeron las primeras plantas de este tipo en Monterrey, Nuevo León, y en la Cd. De México. La alta eficiencia del proceso, así como la posibilidad de ampliar la planta de lodos activados ya sea para la conservación de nutrientes o para remover mayor cantidad de sólidos mediante tratamiento adicional, hacen de este proceso un atractivo para descargas que requieren bajas concentraciones de nutrientes o para reúso.

Para poder operar y realizar un control adecuado de los procesos de tratamiento biológico es indispensable entender que este es un sistema que está controlado por microorganismos y que responden a cualquier cambio, ya sea físico o químico.

Es así, que un proceso de lodos activados está constituido por microorganismos o por conglomerados bacterianos que forman flóculos, es por esto el nombre de activado, y el de lodo por el aspecto de color café.

El flóculo está constituido también por materia (coloidal o suspendida) orgánica e inorgánica que ha sido adsorbida y absorbida, ya que éste es poroso.

Lo primero que se da en cualquier sistema biológico es la adsorción, al que se le conoce como proceso de estabilización, así una vez que ha sido cubierta esta capacidad del flóculo, es que inicia un proceso de absorción, síntesis y oxidación de la materia orgánica. Aunque, algunas moléculas más complejas, son descompuestas por la acción de enzimas segregadas por las bacterias, antes de ser absorbidas. Es posible que exista una porción imposible de ser absorbida y permanezca en el flóculo como materia inerte. Todo lo anterior sucede bajo condiciones aerobias. La suma de lo anterior es el mecanismo para la remoción total de materia orgánica.

Esto hace a los microorganismos un factor importante en el proceso de lodos activados, al remover la materia orgánica y producir nuevos flóculos. Sin embargo, éstos dependen para su buen desarrollo de la concentración de materia orgánica afluyente, cantidad de oxígeno suministrado y de la mezcla que origine éste en el reactor, otro factor importante es la temperatura, la cual puede aumentar o disminuir la actividad microbiana y por último la cantidad de microorganismos presentes en el sistema, ya que es importante guardar una buena relación con la materia orgánica del afluyente. Todo lo anterior lleva a resumir que el proceso de lodos activados se desarrolla de la siguiente manera. El agua residual con una concentración de materia orgánica es vertida a un tanque de aireación, en donde las bacterias la metabolizan mediante el empleo de oxígeno, produciendo nuevas bacterias y generando bióxido de carbono, agua. Sin embargo, una parte de las bacterias mueren y liberan su contenido celular, que es utilizado por otras bacterias. Toda esta mezcla, cuantificada como sólidos suspendidos en el licor mezclado (SSLM), es separada en un sedimentador, en donde el agua tratada es clarificada y los lodos recirculados al tanque de aireación.

a) El proceso inicia al agregarse el agua residual al tanque de aireación e inicia la aireación. No existe ningún predominio de microorganismos. Bajo estas condiciones existe presencia de espuma blanca.

b) La *Sarcodina*, organismo primitivo, alcanza su pico y existe cuando el alimento es alto. Esto sucede cuando el proceso de lodos activados se arranca.

c) Los protozoos flagelados alcanzan su pico. Estos son mucho más activos y consumen el alimento a una tasa más alta. El color de la espuma en el reactor empieza a tener una coloración de café tenue y en una prueba de sedimentación se apreciaría un efluente turbio, dado que es un lodo joven que aún no ha constituido flóculos fuertes.

d) Los ciliados libres y las bacterias alcanzan su pico. Estos subsisten con una menor cantidad de alimento que los protozoos flagelados. Esta zona de operación es la que corresponde a la de un sistema convencional de lodos activados. En esta etapa las bacterias hacen uso de la adsorción para atrapar partículas pequeñas, mediante una película pegajosa, y mediante el empleo de enzimas desdoblan las partículas y las absorben.

e) Predominan los ciliados adheridos y los rotíferos. No existe suficiente alimento para sustentar a los microorganismos, por lo que los anteriores comen bacterias. Varios tipos de bacterias mueren por inhibición. Se entra en una etapa de respiración endógena, que es característica de un proceso de aireación extendida de lodos activados. Los microorganismos emplean sus reservas alimenticias para subsistir, reducen su actividad y la generación de nuevas bacterias. La presencia de pocas bacterias provoca un flóculo con apariencia granular de color café oscuro, con una sedimentación alta, sin embargo, el efluente presenta sólidos suspendidos por falta de bacterias. La remoción de la DBO será alta. (MAPAS, 2015)

Es importante recordar en este punto que el proceso de lodos activados es aerobio y que responde a cualquier cambio físico y/o químico.

INDICADORES SENSORIALES

Un operador puede usar indicadores sensoriales para conocer las condiciones de funcionamiento de su planta de tratamiento y proceder a su adecuada operación. Los indicadores sensoriales más comunes en sistemas de lodos activados son los que se presentan a continuación:

- Color
- Olor
- Espumas y natas
- Algas
- Rocío en aireadores
- Turbiedad del efluente
- Burbujas
- Material flotante
- Acumulación de sólidos
- Trayectoria de flujos
- Turbulencias y mezcla

Color

El color puede ser indicativo de un lodo viejo o de uno saludable; un lodo activado aireado en buenas condiciones presenta un color café achocolatado. Un lodo oscuro o negro podrá indicar que no se transfiere el suficiente oxígeno al tanque de aireación y que el lodo es anaerobio. Ahora bien, es importante que el operador se familiarice con la modalidad de proceso de lodos activados y con el color del licor mezclado de su proceso, ya que las condiciones ambientales y de alimento le darán diferente tono de color café. Así, en un proceso convencional, donde la biomasa se reproduce más rápidamente, el color será café claro (**Ilustración 23**), pero en uno de aireación extendida será un café más oscuro (**Ilustración 24**), en este punto es importante no confundir con un lodo viejo. Un color poco usual que se observe en el afluente o en el tanque de aireación puede indicar alguna sustancia extraña descargada en el sistema recolector de agua residual, por ejemplo, colorante de la industria textil o sangre de un rastro.



Ilustración 23. Lodo Convencional (MAPAS-2015)



Ilustración 24. Lodo con aireación extendida (MAPAS-2015)

Olor

El olor puede indicar si el proceso de tratamiento está trabajando bien. Una planta bien operada no debe generar olores desagradables, excepto en el cárcamo de llegada, los cuáles pueden eliminarse si se acondiciona con una pre aireación, por ejemplo, con burbuja gruesa o con una recirculación de agua cruda. Una muestra de lodos activados (licor mezclado) saludable del tanque de aireación tiene un ligero olor a humedad; si el lodo se vuelve séptico, su color cambia a oscuro y el olor irá aumentando hasta ser similar al del huevo podrido (ácido sulfhídrico gaseoso).

Espuma y natas

La espuma indica que los niveles de sólidos no son adecuados, o bien que el lodo no tiene la edad requerida. El tipo de espuma es indicador de las condiciones de operación de la planta de tratamiento y que se relaciona directamente con la presencia o ausencia de microorganismos. La formación de espuma blanca en el tanque de regulación, en el tanque de aireación y en el efluente de la planta indica alta concentración de detergentes (**Ilustración 25**), y son condiciones específicas en el arranque de una planta, aunque en condiciones extremas puede indicar ausencia total de microorganismos en el sistema. Este tipo de espuma regularmente se presenta en los reactores por las mañanas y con un mayor impacto en épocas de invierno, debido a que la actividad metabólica de los microorganismos es afectada por la temperatura y no degradan los detergentes. Si la espuma persiste en el día en grandes cantidades en el tanque de aireación (**Ilustración 26**), pero es de un color café claro, es signo de que el lodo activado es demasiado joven, esto es característico en los inicios de la estabilización de una planta de tratamiento, por lo que se

debe aumentar la recirculación de lodos. Una espuma espesa y de color café oscuro (**Ilustración 27**) es indicativo de presencia de grasas que aglomeran y encapsulan a los microorganismos y los hacen flotar, repercutiendo en la eficiencia del proceso. Color diferente del agua residual. La presencia de natas (**Ilustración 28**) puede deberse en algunas ocasiones a sustancias químicas descargadas al sistema de tratamiento que provocan una mortandad de microorganismos que flotan en la superficie del sedimentador.



Ilustración 25. Espuma provocada por detergentes

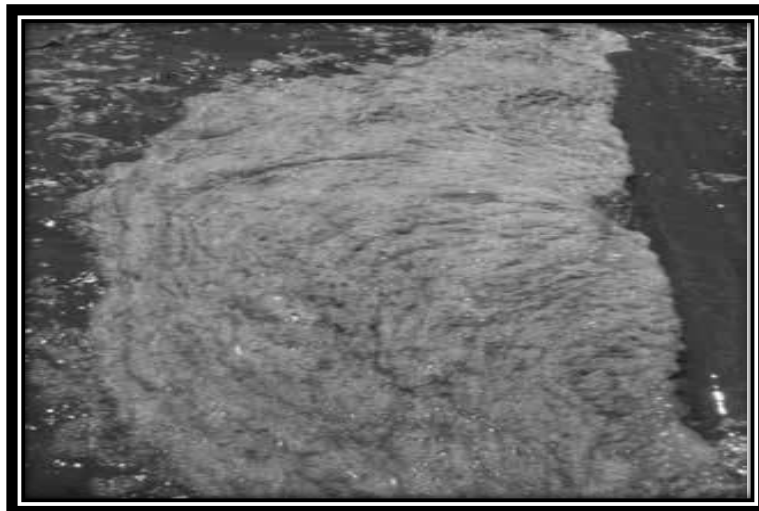


Ilustración 26. Lodo joven



Ilustración 27. Grasas (MAPAS-2015)



Ilustración 28. Natas (MAPAS-2015)

Algas

El excesivo crecimiento de algas en las paredes de los tanques o en las canaletas recolectoras indica que el afluente de la planta tiene altos niveles de nutrientes. Las algas necesitan nitrógeno y fósforo para crecer y algunas formas de algas tienen la habilidad de tomar el nitrógeno de la atmósfera; esto quiere decir que aun con poco nitrógeno y alto contenido de fósforo se pueden presentar problemas de algas. Si se agrega ácido fosfórico como fuente de nutrientes, esta fuente debe reducirse o cancelarse.

Material flotante

El material flotante o capa de lodos del sedimentador secundario es indicador de altas concentraciones de grasas y aceites en el afluente a la planta; esto interfiere con la secundaria y puede causar baja remoción de demanda bioquímica de oxígeno. Una capa de nata en el sedimentador significará que se está inyectando demasiado aire y que las burbujas formadas arrastran los flóculos fuera del sedimentador. Excesivas cantidades de espuma indican niveles altos de grasas y aceites y/o sobre aireación. El oxígeno disuelto en el tanque de aireación debe revisarse continuamente para mantenerlo entre 1 y 2 mg/Litro.

Acumulación de sólidos

La acumulación de sólidos, sobre todo en las esquinas, en zonas intermedias entre aireadores o zonas profundas indica un mezclado ineficiente del licor mezclado del tanque de aireación. Este problema puede identificarse muestreando el tanque con equipo para pruebas de fondo, o con un palo para sentir los depósitos de lodo. Los montículos de lodos depositados pueden ser causados también por la operación ineficiente en los canales desarenadores y sedimentadores primarios, lo que permite que la arena llegue hasta el aireador, y si no se tiene cuidado este problema también se puede presentar en los canales de contacto de cloro. La acumulación de sólidos es indeseable porque reduce el volumen efectivo de las unidades de operación, por tanto, afecta la eficiencia del proceso. Los montículos de lodos dan como resultado zonas de actividad anaerobia que se traducirán en problemas de sedimentación y olor.



Ilustración 29. Flotación de sólidos (MAPAS-2015)

Turbulencia y mezcla

La turbulencia en el tanque de aireación puede usarse para identificar problemas; un tanque completamente mezclado debe presentar una turbulencia homogénea. Es deseable que un tanque de aireación este completamente mezclado para evitar que las bacterias sedimenten, también es importante mantenerlas en movimiento para que entren en contacto con la materia orgánica de las aguas residuales (para ser utilizada como alimento), además al estar en contacto entre sí, las bacterias formarán un flóculo que sedimentará en el clarificador.

Existen varios indicadores de mezclado:

- Formación de depósitos de sólidos en las esquinas del tanque de aireación
- Zonas con concentraciones de oxígeno disuelto de cero en el tanque de aireación

- Zonas con diferencia significativa en concentración, ya sea de Oxígeno Disuelto (OD) o de Sólidos Suspendidos (SS)
- Un tanque de aireación bien mezclado presentará uniformidad de concentraciones en todo el tanque

Turbulencias heterogéneas (no uniformes o de baja turbulencia) pueden ser causadas por:

- Difusores obstruidos
- Colocación desigual de aireadores superficiales, o insuficiente aireación de algún equipo
- Difusores con membranas rotas o dañadas
- Exceso de aireación



Ilustración 30. Trayectoria de espuma (MAPAS-2015)

Operación básica

1) Pre-tratamiento/ajuste de aguas residuales

En algunos casos las aguas residuales deben ser acondicionadas antes de pasar al proceso de lodos activados, esto es debido a que ciertos elementos inhiben el proceso biológico. Algunos de estos casos son:

- Sustancias dañinas a la activación microbiana, tal como la presencia de cloro.
- Grandes cantidades sólidos. Se utilizan cribas o rejas en un tanque de sedimentación primaria para los sólidos fácilmente sedimentables
- Aguas residuales con valores anormales de pH. Se debe realizar un proceso de neutralización el cual es indispensable para el desarrollo bacteriano.
- Desagües con grandes fluctuaciones de caudal y calidad de las aguas residuales incluyendo concentración de DBO. Se homogeniza las aguas en un tanque de igualación

2) Remoción de DBO en un Tanque de Aireación

Las aguas residuales crudas mezcladas con el lodo activado retornado del tanque sedimentador final es aireado hasta obtener 2 mg/l de oxígeno disuelto o más. En este proceso, una parte de materia orgánica contenida en los desagües es mineralizada y gasificada y la otra parte es asimilada como nuevas bacterias.

3) Separación sólido – líquido en el Tanque de Sedimentación

Los lodos activados deben ser separados del licor mezclado provenientes del tanque de aireación. Este proceso se realiza en el tanque de sedimentación, concentrándolos por gravedad. La finalidad de este proceso es conseguir un efluente clarificado con un mínimo de sólidos suspendidos y asegurar el retorno del lodo.

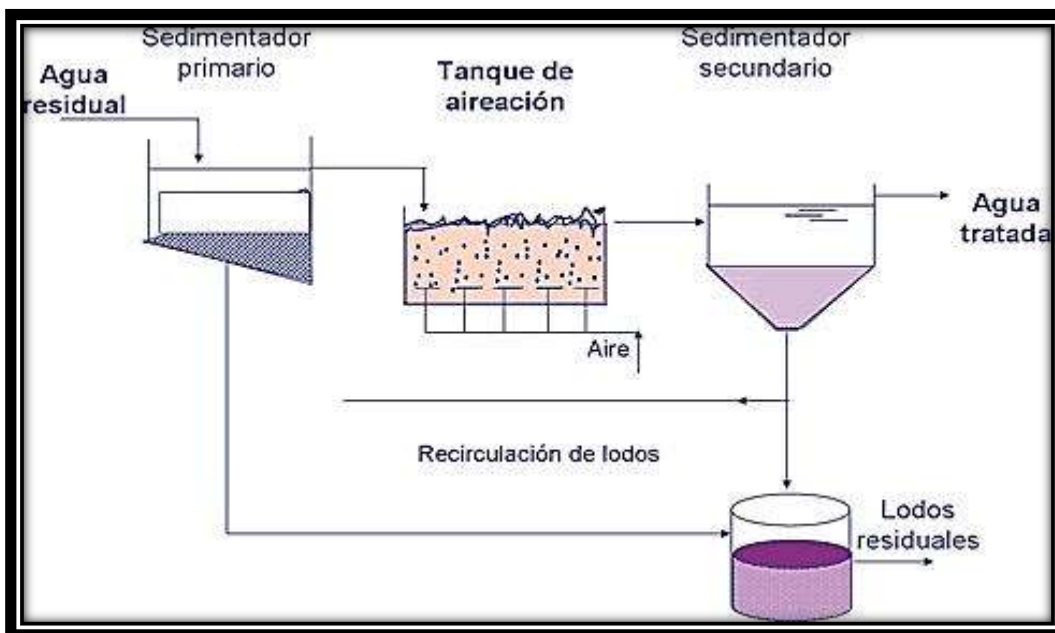


Ilustración 31. Esquema del proceso de lodos activados

Descarga del exceso de lodos

Con la finalidad de mantener la concentración de los lodos activados en el licor mezclado a un determinado valor, una parte de los lodos son eliminados del sistema a lechos de secado o espesadores con filtros mecánicos (filtros prensa, de cinta etc.) para posteriormente disponer el lodo seco como residuo sólido.

Un aspecto importante del proceso de tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados es el uso de flóculos biológicos en los lodos activados compuestos de bacterias heterotróficas y son el elemento principal para la purificación. El proceso de tratamiento tiene dos importantes características:

- 1) Eficiente remoción de materia orgánica.
- 2) Eficiente separación de sólidos.

Rol de las bacterias

Las bacterias juegan un rol preponderante en el tratamiento biológico. Las bacterias son clasificadas de acuerdo a sus características bioquímicas:

a) Clasificación por fuente de energía y carbón:

Clasificación por fuente de energía

Fotosintéticas

Quimiosintéticas

Reacción Oxidación-Reducción Inorgánica

Clasificación por fuente de carbón

Reacción Oxidación-Reducción Orgánica

Carbón Orgánico

b) Clasificación por su forma de vida

1 – De crecimiento suspendido, con existencia de flóculos orgánicos (Lodos Activados).

2 – De crecimiento adherido donde el crecimiento bacteriano se realiza en un medio de apoyo (piedras o cualquier otro medio artificial). Se utilizan en procesos con filtros percoladores.

c) Clasificación por uso de oxígeno

Organismos aeróbicos. Existen solo cuando existe una fuente de oxígeno molecular.

Organismos anaeróbicos. Su existencia está condicionada a la ausencia de oxígeno.

Organismos facultativos. Tiene la capacidad de sobrevivir con o sin oxígeno.

Uso de bacterias benéficas

Existen compuestos bacterianos comerciales que se utilizan para acelerar el proceso de degradación biológica. Uno de estos productos es el que se conoce comercialmente como Enziclean, que es una mezcla de bacterias aeróbicas anaeróbicas y facultativas seleccionadas por su gran actividad y agresividad, compitiendo favorablemente contra las bacterias patógenas que se encuentran en las aguas residuales.

Otros Microorganismos

Estos son animales, plantas y protistas, en su conjunto comparados con las bacterias casi no contribuyen en el proceso de purificación, pero dado que por su tamaño son más fácilmente identificables, nos sirven como organismos indicadores en el control y manejo del proceso de lodos activados.

Básicamente la remoción de la materia orgánica en las aguas residuales es producida por dos procesos:

1. Mineralización (gasificación) por acción de las bacterias heterotróficas y por la biosíntesis o crecimiento de las bacterias.
2. La síntesis biológica. Se manifiesta como la adsorción de las sustancias procedentes del agua residual metabolizadas y manifestadas como nuevos microorganismos.

Descripción de algunas variaciones del proceso de lodos activados

Estabilización por contacto. En este sistema el agua residual y el lodo activado es mezclado brevemente (20-30 minutos), tiempo necesario para que los microorganismos adsorban los contaminantes orgánicos en solución, pero no el necesario para que ellos asimilen la materia orgánica. El licor mezclado es sedimentado y derivado a otro tanque de aireación por un periodo de 2 a 3 horas para luego ser mezclado con el efluente que ingresa al primer tanque de aireación.

Aireación por etapas. Esta modificación consiste en que el flujo de agua residual es introducido al tanque aireador por varios puntos. En los puntos de alimentación se esparce la demanda de oxígeno en el aireador resultando una mayor eficiencia de uso del oxígeno.

Aireación extendida. Su diagrama de flujo es esencialmente el mismo que un sistema de mezcla completa excepto que no tiene sedimentador primario. El tiempo de retención hidráulico varía de 18 a 36 horas. Este periodo de aireación permite que las aguas residuales y lodo sean parcialmente digeridos en el tanque aireador, permitiendo su disposición sin ser necesaria una gran capacidad de digestión. Una variación del sistema de aireación extendida es la llamada zanja de oxidación. (Tratamiento de Aguas Residuales y Desechos Organicos, 2008)

MÉTODO ANAEROBIO

❖ REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

El Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente con Manto de Lodos (RAFA o UASB) es un proceso de tanque simple. Las aguas residuales entran en el reactor por el fondo, y fluyen hacia arriba. Una capa de lodo suspendida filtra las aguas residuales, tratándolas al ir atravesándola.



Ilustración 32. Reactor anaerobio de flujo ascendente

La capa de lodos está formada por gránulos (pequeñas agrupaciones) de microbios (0.5 a 2 mm de diámetro), microorganismos que por su propio peso se resisten a ser arrastrados por el flujo ascendente. Los microorganismos en la capa de lodos degradan los compuestos orgánicos. Como resultado se liberan gases (metano y bióxido de carbono). Las burbujas ascendentes mezclan los lodos sin necesidad de piezas mecánicas. Las paredes inclinadas vuelcan el material que alcanza la superficie del tanque. El efluente clarificado es extraído de la parte superior del tanque en un área por encima de las paredes inclinadas.

Después de varias semanas de uso, se forman gránulos más grandes de lodos que, a su vez, actúan como filtros de partículas más pequeñas al ir subiendo el efluente por la capa de lodos. Dado el régimen ascendente, los organismos que forman los gránulos son acumulados, mientras que los demás son arrastrados por el flujo.

El gas que asciende hacia la superficie es recolectado en un domo y puede ser usado como fuente de energía (biogás). Se debe mantener una velocidad ascendente de 0.6 a 0.9 m/h para mantener la capa de lodos en suspensión.

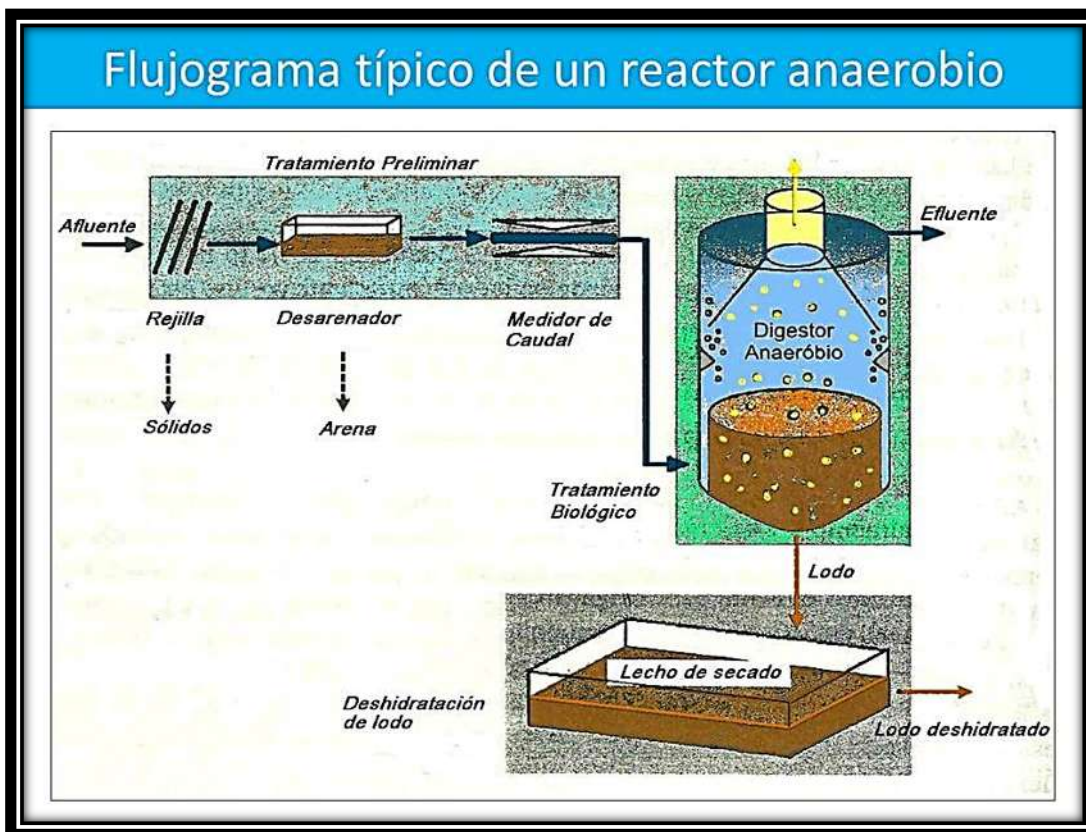


Ilustración 33. Esquema del proceso de un reactor anaerobio de flujo ascendente

Adecuación

Un UASB no es apropiado para comunidades pequeñas o rurales sin fuentes constantes de agua o electricidad. Se requiere un operador capacitado para monitorear y reparar el reactor y la bomba en caso de problemas. Aunque la tecnología es de diseño y construcción simples, aún no está suficientemente probada para las aguas residuales domésticas, pero las investigaciones recientes son prometedoras.

El reactor UASB tiene el potencial de producir efluente de mayor calidad que las Fosas Sépticas (S9), y puede hacerlo con un reactor de menor volumen. Aunque es un proceso bien establecido para procesos de tratamiento de aguas residuales industriales a gran escala, su aplicación al drenaje doméstico aún es nueva.

Como el proceso puede eliminar del 85 al 90% de la Demanda de química Oxígeno (DQO), se usa habitualmente para la fabricación de cerveza, destilación, elaboración de alimentos y desechos de pulpa y de papel. El reactor puede no funcionar bien donde el afluente tenga poca fuerza. La temperatura también afecta al rendimiento.

Aspectos de Salud / Aceptación

La operación y el mantenimiento del UASB, que es una tecnología de tratamiento centralizado, deben ser llevados a cabo por profesionales. Como con todos los procesos de aguas residuales, los operadores deben tomar medidas adecuadas de higiene y seguridad cuando trabajen en la planta.

Mantenimiento

Para evitar las obstrucciones, se deben eliminar periódicamente los lodos acumulados en el filtro. Se pueden usar altos índices de carga hidráulica para purgar el filtro.

El material se debe mantener húmedo. Esto puede representar un problema durante la noche cuando el flujo de agua se reduce o cuando hay cortes de electricidad.

Ventajas

- Alta reducción de la materia orgánica
- Puede soportar un elevado índice de carga orgánica (hasta 10 kg de DBO/m³/d) y de carga hidráulica.
- Baja producción de lodos (por lo tanto, desazolve poco frecuente)
- Se puede usar el biogás como fuente de energía (pero primero es necesario limpiarlo)

Desventajas

- Es difícil mantener las condiciones hidráulicas adecuadas (se debe equilibrar el flujo ascendente y el índice de sedimentación)
- Tiempo de arranque prolongado
- El tratamiento puede ser inestable con cargas hidráulicas y orgánicas variables
- Se requiere una fuente constante de electricidad
- No todas las piezas y materiales pueden estar disponibles localmente
- Es necesario que expertos se encarguen del diseño y la supervisión de la construcción. (*Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento , s.f.*)

CAPÍTULO III.
***ANÁLISIS DEL ESTADO
ACTUAL DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO***

III. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

En este capítulo se mencionará todo lo relacionado con la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la isla de Janitzio, municipio de Pátzcuaro Michoacán, apoyándonos de imágenes y de información que se obtuvo de la misma localidad.

3.1 ANTECEDENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la isla de Janitzio, se encuentra ubicada en la isla de Janitzio, en el lago de Pátzcuaro Michoacán, en las coordenadas 19°34'21.05"N, 101°38'59.38"O y a una elevación de 2048 msnm, aproximadamente a 150m del embarcadero general.



Ilustración 34. Ubicación del embarcadero general y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la isla de Janitzio, Pátzcuaro Michoacán.

Entre los años de 1991 y 1992 se desato una epidemia en la isla de Janitzio por verter las aguas residuales directamente al lago, trayendo consigo enfermedades y muertes humanas. En 1993 el Propietario en turno de la isla de Janitzio el Sr. Ausencio Chávez y con la ayuda del municipio de Pátzcuaro Michoacán tomaron la decisión de construir una planta de tratamiento de aguas residuales para contener aquella epidemia. La constructora encargada para esa obra fue COPISA de Morelia Michoacán, iniciando con la construcción en ese mismo año.

El 4 de marzo de 1994 se puso en funcionamiento por primera vez la planta de tratamiento funcionando por el método de Biodiscos.

SISTEMA DE BIODISCOS

Este sistema de tratamiento biológico secundario es usado para la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y para el pulido de efluentes nitrificados.

El Biodisco se usó por primera vez en Alemania en 1900 y en 1929 en los Estados Unidos. En ambos casos fueron construidos de madera. En 1950 se realizaron pruebas con discos de plástico y casi al mismo tiempo comenzaron a construirse de poliestireno expandido. En 1957 comenzaron a fabricarse para el uso en plantas de tratamiento de aguas residuales y en Alemania en 1969 fue puesta en marcha la primera planta de tratamiento de aguas residuales.

Las remociones de Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenidas por este sistema de tratamiento, varían de 80-95%, dependiendo principalmente del tipo de agua residual por tratar.



Ilustración 35. Fecha en que se construyó la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la isla de Janitzio (EAST)

Tuvo su primera remodelación en el año de 1998 por el Ingeniero Carlos Ayala quien la convirtió en una planta a base de Lodos activados, cuando se hizo la modificación se colocó tubería galvanizada, la cual se encargaba de suministrar el oxígeno, pero se encontraron con el problema de que los orificios eran demasiado pequeños y se tapaban con facilidad con las partículas suspendidas.

Su segunda remodelación fue en 2013 y es con la cual se está trabajando actualmente, su remodelación se constituyó de: sistema de bombeo (líneas y equipos de bombeo), reactor biológico, aireadores mediante difusores de burbuja fina de PVC, sistemas de eliminación de olores y de autolimpieza, tanque homogeneizador, rehabilitación de los lechos de secado y del digestor para lodos, adaptación especial en los desarenadores a la entrada del agua residual.

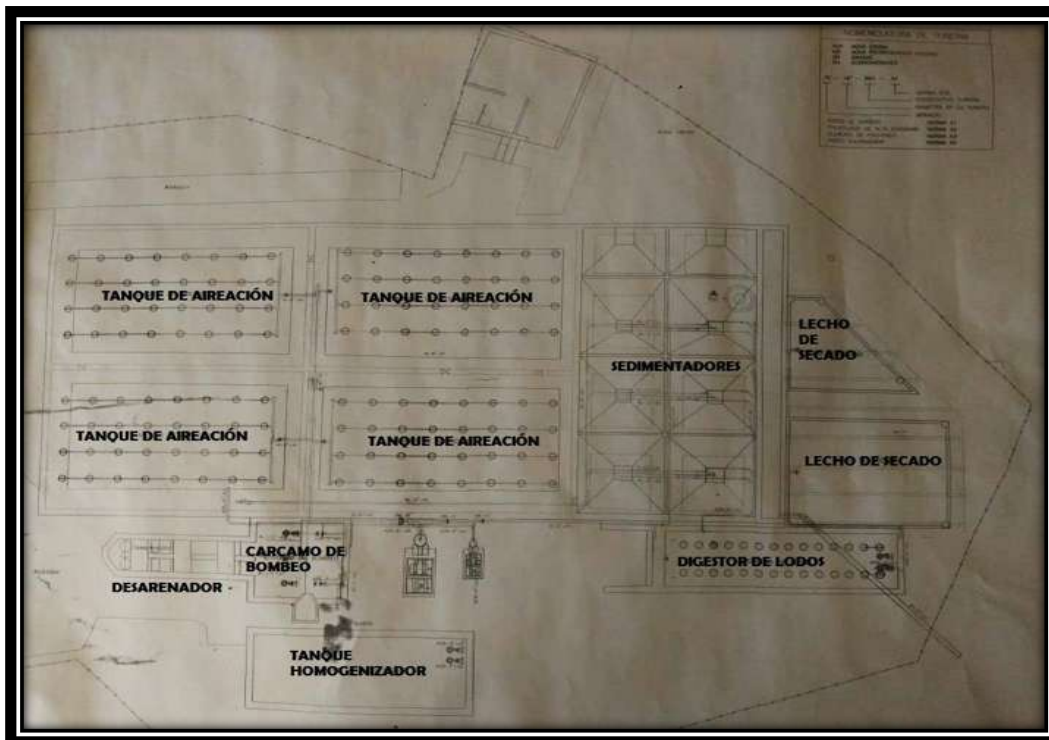


Ilustración 36. Plano arquitectónico actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Isla de Janitzio.

El Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (OOAPAS), es el encargado de monitorear el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Isla de Janitzio, Municipio de Pátzcuaro, Michoacán, realizando una visita a la semana, para comprobar que todo se encuentre trabajando con normalidad.

Otro de los organismos que llevan un seguimiento con esta PTAR es el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), el cual realiza una visita al mes para monitorear la calidad del efluente que se está descargando en el lago de Pátzcuaro.

3.1.1 INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE LA PTAR

Desarenador

Es una estructura diseñada para retener las partículas sólidas que contienen las aguas residuales por su origen, de no aplicarse esta operación, los cárcamos o reactores biológicos terminarán con varios centímetros o metros de sólidos depositados en el fondo de los mismos. Su funcionamiento se basa en la reducción de la velocidad del agua y de las turbulencias, permitiendo así que el material sólido transportado en suspensión se deposite en el fondo, de donde es retirado periódicamente.

Se cuenta con dos canales paralelos de 4.80m de largo por 0.60m de ancho por 2.10m de profundidad cada uno, esto con el fin de permitir la limpieza de un canal mientras el otro está operando con normalidad.



Ilustración 37. Estado actual de las rejillas y desarenador de la PTAR (EAST)

Cárcamo de bombeo

El cárcamo de bombeo es el espacio destinado a la elevación del agua residual, su función es la de asegurar que la PTAR funcione a caudal constante. Sus dimensiones son de 2.95m de largo por 2.80m de ancho por 3.10m de profundidad, la bomba que se utiliza para la operación es de 3hp.

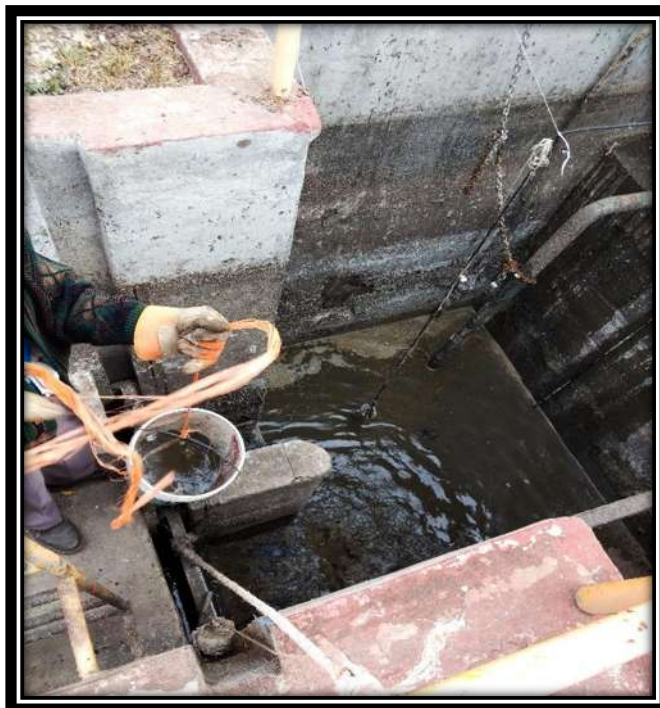


Ilustración 38. Estado actual del Cárcamo de bombeo (EAST)

Reactor biológico

Es un tanque donde se vierte el agua cruda procedente del cárcamo para realizar el proceso de descomposición de la materia orgánica por medio de bacterias. Las dimensiones de cada reactor son de 8.60m de largo por 5m de ancho y 4.50m de profundidad, cada uno cuenta con dos vertederos de 1.20 de largo por 0.20m de ancho conectados entre sí para mantener el mismo nivel de agua entre los cuatro reactores biológicos.

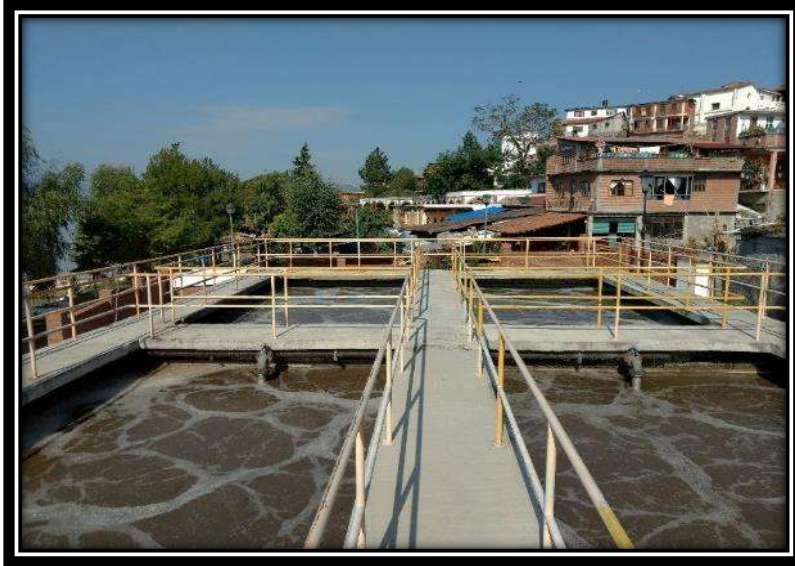


Ilustración 39. Reactor biológico (EAST)



Ilustración 40. Reactor biológico visto desde planta (EAST)

Sedimentador

Es un separador o filtro primario diseñado para separar el agua y las partículas sólidas; su nombre proviene de su acción, que ocasiona que el agua y partículas caigan en el fondo del vaso o cámara para sedimentos.



Ilustración 41. Sedimentadores vistos desde planta (EAST)

Lechos de secado

Los lechos de secado se suelen utilizar, normalmente, para la deshidratación de lodos digeridos. Una vez seco, el lodo se retira y se evacúa a vertederos controlados o se utiliza como acondicionador de suelos. Las principales ventajas son su bajo costo, el escaso mantenimiento que precisan, y el elevado contenido en sólidos del producto final.

Se cuenta con dos lechos de secado con medidas de 5.40m de largo por 4.30m de ancho y una profundidad de 0.80m, actualmente se está haciendo un tercero ya que la cantidad del lodo residual es mucho.



Ilustración 42. Estado actual de los lechos de secado (EAST)

Digestor de lodos

El digestor de lodos se emplea generalmente, en aquellos casos en los que es necesario obtener la descomposición biológica anaerobia de las sustancias orgánicas contenidas en el lodo, mediante un proceso de mineralización, humidificación y gasificación.

Sus dimensiones son de 9.80m de largo por 2m de ancho y 2.50m de profundidad, actualmente este digestor de lodos se encuentra en malas condiciones.



Ilustración 43. Digestor de lodos

Tanque Homogeneizador

Son tanques que sirven para regular o disminuir los efectos de variación del flujo o de la concentración de las aguas residuales.

Las dimensiones de este tanque son de 7.40m de largo por 3m de ancho y una profundidad de 2.50m, cabe mencionar que este tanque no se encuentra en funcionamiento desde su construcción.



Ilustración 44 Estado actual del tanque homogeneizador, se encuentra fuera de operación.

Bombas

Las bombas se encargan de conducir el agua cruda que ingresa al cárcamo hasta los reactores y ahí se encargan de proporcionar oxígeno por medio de difusores a las bacterias.

La planta de tratamiento esta trabaja con dos bombas, una de 5 hp y otra de 30 hp. La forma en que trabajan se muestra en la tabla siguiente:

HORA	5 hp	30 hp
7 am – 10 am	X	
10 am – 12 pm		X
12 pm – 4 pm	X	
4 pm – 6 pm		X
6 pm – 7 am	X	

Tabla 4. Funcionamiento de las bombas por día (EAST)



Ilustración 45. Bomba de 30hp



Ilustración 46. Bomba de 5hp

Proceso de cloración

El canal de cloración es el proceso final (desinfección), por el cual el agua residual tratada pasa antes de desembocar en algún cuerpo de agua, en este caso en el lago de Pátzcuaro, consiste como último proceso en añadirle la cantidad necesaria de cloro para poder eliminar las bacterias coliformes fecales que esta contiene.

Se trata de un canal de 3.50m de largo por 0.25 m de ancho y 0.20 m de profundidad.

El sistema con el cual se realiza la cloración consta de un Rotoplas de 1100 litros y una pequeña bomba la cual es la que ayuda a verter el cloro, todo esto se encuentra en un pequeño cuarto con medidas de 3.5m de largo por 2.5 m de ancho y 2 m de altura.



Ilustración 47. Vertedor donde se le agrega la dosis de cloro al efluente



Ilustración 48. Estado actual del sistema de cloración



***CAPÍTULO IV.
INTERPRETACIÓN DE LOS
RESULTADOS Y
DIAGNÓSTICO***

IV. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS Y DIAGNÓSTICO

En este apartado, se presentarán y analizarán los resultados obtenidos de las pruebas del laboratorio que se le realizaron a las muestras obtenidas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la isla de Janitzio, municipio de Pátzcuaro Michoacán. Así como el diagnóstico de cada una de ellas para así poder llegar a una conclusión.

4.1 MUESTREOS

Muestreo

Existen tres tipos de muestreo:

- Muestreo simple o puntual: Representa la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su captación.
- Muestra compuesta: Se refiere a una combinación de muestras simples o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos.
- Muestra integrada: Para ciertos propósitos, es mejor analizar mezclas de muestras puntuales tomadas simultáneamente en diferentes puntos, o lo más cercanas posible.

FRECUENCIA DE MUESTREO			
HORAS POR DÍA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NÚMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MÍNIMO N.E.	MÁXIMO N.E.
Menor que 4	mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3

Tabla 5. Frecuencia recomendada para realizar muestreos (NOM-001-SEMARNAT-1996)

Para este caso, las muestras tomadas se obtuvieron de manera puntual, en horarios y fechas distintas para tener una comparación en época de estiaje y en época de lluvias, así también como en época de mayor turismo.

INFLUENTE:



Ilustración 49. Muestreo del influente a analizar



Ilustración 50. Recolectando la cantidad necesaria para los análisis de la primera muestra.



Ilustración 51. Muestras del influente para la primera prueba (23-04-2018)

EFLUENTE:



Ilustración 52. Tubería de descarga del efluente tratado (EAST)



*Ilustración 53. Muestras del efluente para la primera prueba
(23-04-2018, EAST)*

4.2 ANÁLISIS REALIZADOS

Para este proyecto se realizaron tres pruebas para las cuales se analizó el influente y efluente extraído de la PTAR de la isla de Janitzio, dándonos un total de 6 análisis.

Se realizaron 3 muestreos los cuales se tomaron en pares (1 influente – 1 efluente) en las fechas 23 de abril, 08 de junio y 13 de agosto de 2018.

Las muestras se analizaron con el apoyo por parte del Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Civil, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ya que no se contaba con los recursos económicos necesarios para los análisis de forma independiente.

Los análisis se realizaron de acuerdo con el calendario correspondiente a las prácticas de laboratorio de los alumnos (secciones) que cursan la materia de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales para la Licenciatura de Ingeniería Civil que se imparten en 10mo semestre. Durante el proceso de los análisis se llevó un monitoreo para corroborar que se realizaran de la mejor manera y así obtener resultados válidos para este proyecto.

Los análisis que se realizaron son los siguientes:

- Determinación de Sólidos en todas sus formas.
- Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)
- Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Determinación de microorganismos Coliformes Fecales (Método NMP)
- Determinación de la presencia de Fósforo Total (P_T), Nitrógeno Total (N_T), Zinc (Zn) y Níquel (Ni)

4.2.1 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS

De acuerdo a la (NMX-AA-034-SCFI-2001), todas las aguas contienen sustancias disueltas en cantidades variables que dependen de su origen.

El agua puede contener varios tipos de sólidos, entre ellos, sólidos disueltos y los sólidos suspendidos.

Los sólidos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua, de un efluente o un proceso, de varias formas, en plantas de tratamiento por ejemplo el análisis de sólidos disueltos es importante como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento del agua.

a) Sólidos Totales

Este término se aplica al material que queda en un recipiente previamente tarado, después de la evaporación de una muestra determinada de agua y del secado subsecuente a una temperatura definida. En casos de que se necesite ablandar el agua, el tipo de procedimiento usado puede ser dictado por el contenido de sólidos totales ya que los métodos de precipitación disminuyen los sólidos y los métodos de intercambio iónico los aumentan.

b) Sólidos Disueltos Totales (o residuos filtrables)

En aguas potables, la mayoría de la materia está en forma de disuelta y consiste principalmente en: sales inorgánicas, pequeñas cantidades de materia orgánica y gases disueltos. Las determinaciones de las cantidades de materia disuelta e insoluble se efectúan haciendo pruebas en las porciones de muestras filtradas y no filtradas.

c) Sólidos Suspendedos Totales (residuo no filtrable o material no disuelto)

La determinación de sólidos suspendidos es extremadamente valiosa en los análisis de aguas contaminadas y de aguas residuales. Es uno de los mejores parámetros usados para valorar la concentración de las aguas residuales domésticas y para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento. En el trabajo de control de la contaminación de corrientes, se considera que todos los sólidos suspendidos, son sólidos sedimentables, no siendo el tiempo un factor limitante la sedimentación se espera que ocurra a través de la floculación biológica y química; de aquí que la medida de sólidos suspendidos se considere tan significativa como el DBO.

d) Sólidos volátiles y fijos

Uno de los principales objetivos para efectuar estas determinaciones en aguas residuales domésticas e industriales y en muestra de lodos, es obtener una medida de la cantidad de materia orgánica presente. Esta prueba consiste en un procedimiento de combustión, en el cual la materia orgánica se convierte en CO₂ y H₂O. La temperatura se controla para prevenir la descomposición y volatilización de las sustancias inorgánicas. La pérdida de peso se interpreta en términos de materia orgánica.

e) Sólidos sedimentables

El término aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentan por influencia de la gravedad; sólo se sedimentan los sólidos suspendidos más gruesos con una gravedad específica mayor que la del agua. Los lodos son acumulaciones de sólidos sedimentables. Su medida es importante en ingeniería práctica para determinar la conducta física de las corrientes residuales que entran a las masas de agua naturales.

La determinación de sólidos sedimentables tiene aplicaciones muy importantes. Primero se usa extensamente en el análisis de aguas residuales industriales, para determinar la necesidad y el diseño de tanques de sedimentación primaria en plantas que emplean procesos de tratamiento biológico. La prueba se usa también, en forma amplia, en la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales para determinar la eficiencia de las unidades de sedimentación.

En aguas residuales la determinación de sólidos totales es ordinariamente de poco valor ya que es difícil interpretar su significado en forma real y exacta. La determinación de sólidos suspendidos totales y sólidos suspendidos volátiles es importante para evaluar la concentración o “fuerza” de aguas residuales y para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento. En plantas de lodos activados, estas determinaciones se usan para controlar el proceso y como factores de diseño de unidades de tratamiento biológico secundario.

La determinación de sólidos sedimentables es básica para establecer la necesidad del diseño de tanques de sedimentación como unidades de tratamiento y para controlar su eficiencia.

*PROCEDIMIENTO UTILIZADO PARA EL CÁLCULO DE LOS SÓLIDOS
SEDIMENTABLES (NMX-AA-004-SCFI-2013)*

Los sólidos sedimentables (S. Sed.) se calcularon en los conos IMHOFF, se vierte la cantidad de 1000 ml y se deja reposar por un tiempo de 45 min, una vez transcurrido el tiempo se desliza un agitador por las paredes del cono de forma lenta y sin tocar el material que ya está asentado, esto con la finalidad de que las partículas que se adhieren a las paredes se asienten con el resto.



Ilustración 54. Prueba de sólidos sedimentables por medio de cono IMHOFF de la primera muestra (EAST)

“DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DE LA ISLA DE JANITZIO, MUNICIPIO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN”

RESULTADOS DEL LABORATORIO

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS CON LA NOM-001-SEMARNAT-1996

RESULTADOS DEL INFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PRIMERA MUESTRA, SÓLIDOS EN TODAS SUS FORMAS						
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO INFLUENTE	RESULTADO EFLUENTE	MÉTODO UTILIZADO	LIM. MÁX. PERM. NOM-001-SEMARNAT-1996 (Protección de vida acuática, P.D.)	CUMPLE / NO CUMPLE
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.9	7.5	NMX-AA-008-SCFI-2011	10	CUMPLE
Temperatura ambiente	°C	11.0	11.0	NMX-AA-007-SCFI-2000	40	CUMPLE
Cloro Total	mg/l	0.0-0.5	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas	Indistinto	Indistinto
Cloro Libre	mg/l	0.0-0.5	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas	Indistinto	Indistinto
Temperatura de la muestra	°C	17.0	18.0	NMX-AA-007-SCFI-2000	Indistinto	Indistinto
Conductividad eléctrica	µS/cm	5196	2303	Electrométrico	Indistinto	Indistinto
Oxígeno disuelto	mg/l	0.89	2.34	Electrométrico	Indistinto	Indistinto
Sólidos Totales (ST)	mg/l	2604	1176	NMX-AA-034-SCFI-2001	Indistinto	Indistinto
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	1455	648	NMX-AA-034-SCFI-2001	Indistinto	Indistinto
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	1149	528	NMX-AA-034-SCFI-2001	60	NO CUMPLE
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	735	528	NMX-AA-034-SCFI-2001	Indistinto	Indistinto
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	720	120	NMX-AA-034-SCFI-2001	Indistinto	Indistinto
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	1268	760	NMX-AA-034-SCFI-2001	Indistinto	Indistinto
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	1336	416	NMX-AA-034-SCFI-2001	Indistinto	Indistinto
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	533	232	NMX-AA-034-SCFI-2001	Indistinto	Indistinto
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	616	296	NMX-AA-034-SCFI-2001	Indistinto	Indistinto
Sólidos Sedimentables (S. Sed)	ml/l	19	130	NMX-AA-004-SCFI-2013	2	NO CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	>2.4X10 ¹⁰	1.1X10 ⁷	NMX-AA-042-SCFI-2015	1000 – 2000	NO CUMPLE

Tabla 6. Resultados de la primera muestra, Cantidad de Sólidos en todas sus formas obtenidos de los análisis realizados en el laboratorio.

DIAGNÓSTICO

Los sólidos que contiene el agua residual es una forma de ver que tan contaminada se encuentra, es normal que al ingresar a la PTAR tenga una gran cantidad de sólidos tanto suspendidos como disueltos, pero al tener un tratamiento los sólidos deben reducirse de tal forma que se cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en las Normas.

En este análisis se puede observar gracias a las imágenes tomadas como la cantidad de sólidos es mucho mayor en el efluente que en el influente, esto se da, ya que el sedimentador no se encuentra trabajando adecuadamente.

El análisis realizado nos muestra como la cantidad de sólidos en el efluente son muy altos, el porcentaje de remoción obtenido es del 45.1% haciendo una comparación entre el influente y el efluente para después realizar un promedio, esto con el fin de tener un valor más preciso.

Observaciones durante el muestreo: el día que se tomó la muestra la PTAR no se encontraba trabajando de manera regular, ya que los desarenadores y las rejillas se encontraban totalmente tapados con lodo y basura, también se observó que el caudal descargado al lago contenía demasiados residuos (basura).

4.2.2 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

La Demanda Química de Oxígeno (DQO), es una medida del oxígeno requerido para oxidar todos los compuestos presentes en el agua, tanto orgánicos como inorgánicos, por medio de la acción de agentes fuertemente oxidantes en un medio ácido y se expresa en miligramos de oxígeno por litro (mgO_2/L). La materia orgánica se oxida hasta dióxido de carbono y agua, mientras el nitrógeno orgánico se convierte en amoníaco.

La DQO permite hacer estimaciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que a su vez es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en el proceso biológico de degradación de la materia orgánica en el agua; el término degradable puede interpretarse como expresión de la materia orgánica que puede servir de alimento a las bacterias; a mayor DBO, mayor grado de contaminación. Por tanto, este indicador se relaciona de manera directa con la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), asociado a las descargas de materia orgánica y otros.



Ilustración 55. Vertido del ácido sulfúrico para la prueba de DQO (EAST)



Ilustración 56. Mezcla de ácido sulfúrico y la muestra obtenida de la PTAR



Ilustración 57. Muestra del digestor de DQO a 150°C



Ilustración 58. Apariencia de la muestra de influente y efluente después de entrar en contacto con el ácido sulfúrico

“DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DE LA ISLA DE JANITZIO, MUNICIPIO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN”

**RESULTADOS DE LABORATORIO:
COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS**

RESULTADOS DEL INFLUENTE Y EFLUENTE DE LA SEGUNDA MUESTRA, DQO						
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO INFLUENTE	RESULTADO EFLUENTE	MÉTODO UTILIZADO	LIM. MÁX. PERM. NOM-001-SEMARNAT-1996 (Protección de vida acuática, P.D)	CUMPLE / NO CUMPLE
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.5	7.5	NMX-AA-008-SCFI-2011	10	CUMPLE
Temperatura ambiente	°C	16.0	16.0	NMX-AA-007-SCFI-2000	40	CUMPLE
Cloro Total	Mg/l	0.0-0.5	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas	Indistinto	Indistinto
Cloro Libre	Mg/l	0.0-0.5	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas	Indistinto	Indistinto
Temperatura de la muestra	°C	21.0	25.0	NMX-AA-007-SCFI-2000	Indistinto	Indistinto
Conductividad eléctrica	µS/cm	1757	1184	Electrométrico	Indistinto	Indistinto
Oxígeno disuelto	mg/l	1.30	2.91	Electrométrico	Indistinto	Indistinto
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	876	584	NMX-AA-034-SCFI-2001	Indistinto	Indistinto
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg Oz/l	1064	56.6	NMX-AA-030/2-SCFI-2011	Indistinto	Indistinto
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg Oz/l	625	24.4	NMX-AA-028-SCFI-2001	60	CUMPLE
Sólidos Sedimentables (SSed.)	ml/l	8.0	0.1	NMX-AA-004-SCFI-2013	2	CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.1x10¹⁰	9x10⁶	NMX-AA-042-SCFI-2015	1000-2000	NO CUMPLE

Tabla 7. Resultados del influente y efluente obtenidos de los análisis de laboratorio de la cantidad de DQO.

DIAGNÓSTICO:

La cantidad de DQO con la que el agua residual ingresa a la PTAR es muy alto, pero el proceso por el cual pasa el agua cruda dentro de la planta de tratamiento logra retirar una gran cantidad de DQO y se puede observar que la remoción es del 95% y con ello el efluente que se vierte al cuerpo de agua, con esto se puede decir que es óptimo para que no altere de manera directa al ecosistema.

Debido a que la NOM-001-SEMARNAT-1996, no nos proporciona un límite máximo permisible para la Demanda Química de Oxígeno podemos considerar que la DQO con la que está siendo descargada el agua tratada al cuerpo receptor es de buenas características ya que se le está removiendo más del 90%.

4.2.3 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

La determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) es una prueba usada para la definir el requerimiento de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general aguas 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 DBO₅ se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en el proceso biológico de degradación de la materia orgánica en el agua en un periodo de 5 días; el término degradable puede interpretarse como expresión de la materia orgánica que puede servir de alimento a las bacterias; a mayor DBO, mayor grado de contaminación.

“DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DE LA ISLA DE JANITZIO, MUNICIPIO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN”

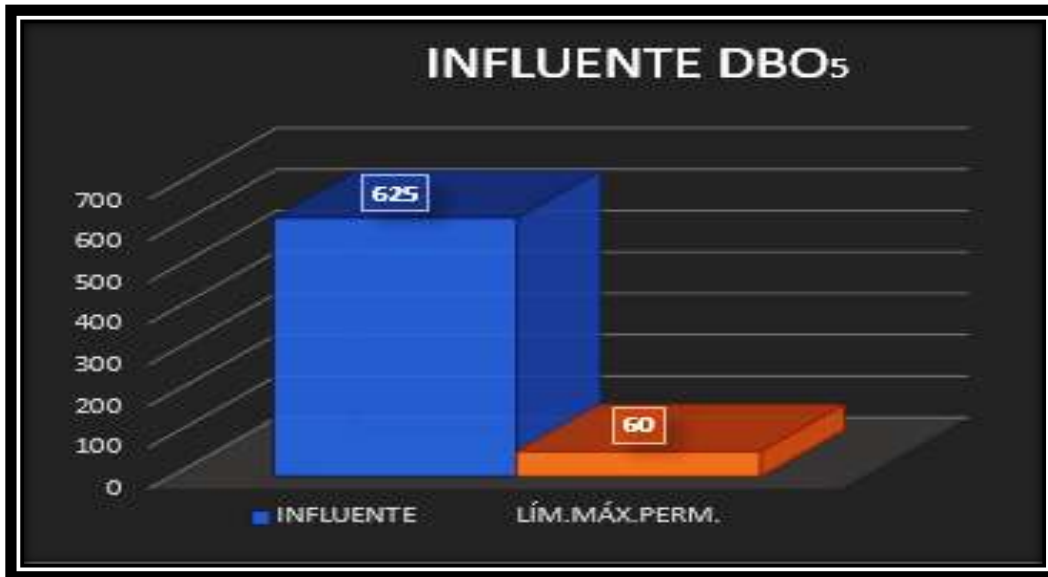
RESULTADOS DE LABORATORIO:

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS CON LA NOM-001-SEMARNAT-1996

RESULTADOS DEL INFLUENTE Y EFLUENTE DE LA SEGUNDA MUESTRA, DBO₅						
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO INFLUENTE	RESULTADO EFLUENTE	MÉTODO UTILIZADO	LIM. MÁX. PERM. NOM-001-SEMARNAT-1996 (Protección de vida acuática, P.D)	CUMPLE / NO CUMPLE
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.5	7.5	NMX-AA-008-SCFI-2011	10	CUMPLE
Temperatura ambiente	°C	16.0	16.0	NMX-AA-007-SCFI-2000	40	CUMPLE
Cloro Total	Mg/l	0.0-0.5	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas	Indistinto	Indistinto
Cloro Libre	Mg/l	0.0-0.5	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas	Indistinto	Indistinto
Temperatura de la muestra	°C	21.0	25.0	NMX-AA-007-SCFI-2000	Indistinto	Indistinto
Conductividad eléctrica	µS/cm	1757	1184	Electrométrico	Indistinto	Indistinto
Oxígeno disuelto	mg/l	1.30	2.91	Electrométrico	Indistinto	Indistinto
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	876	584	NMX-AA-034-SCFI-2001	Indistinto	Indistinto
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg Oz/l	1064	56.6	NMX-AA-030/2-SCFI-2011	Indistinto	Indistinto
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)	mg Oz/l	625	24.4	NMX-AA-028-SCFI-2001	60	CUMPLE
Sólidos Sedimentables (SSed.)	ml/l	8.0	0.1	NMX-AA-004-SCFI-2013	2	CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.1x10¹⁰	9x10⁶	NMX-AA-042-SCFI-2015	1000-2000	NO CUMPLE

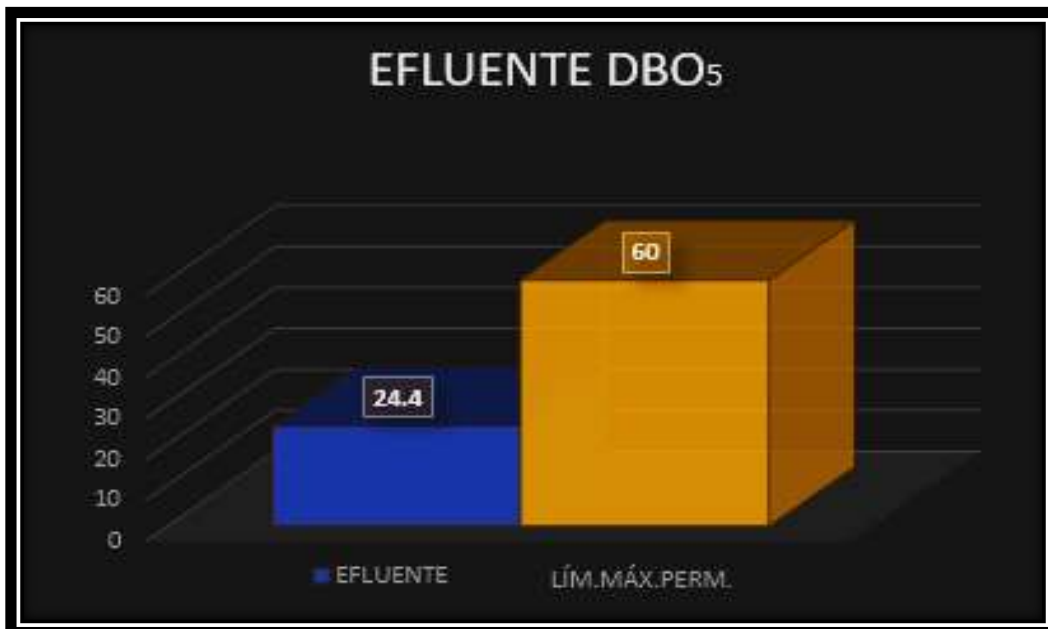
Tabla 8. Resultados de la segunda muestra del influente y efluente obtenidos de los análisis de laboratorio de la cantidad de DBO

En la siguiente gráfica se muestra el límite máximo permisible de DBO₅ que debe contener el agua residual según la NOM-001-SEMARNAT-1996 y la cantidad de DBO₅ con la que el agua residual entra a la PTAR



Gráfica 4. Comparación de la DBO del influente respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996

En esta gráfica se observa la cantidad de DBO₅ con la que se vierte el agua al lago de Pátzcuaro comparado con el límite máximo permisible que nos marca la NOM-001-SEMARNAT-1996



Gráfica 5. Comparación de la DBO del efluente tratado respecto a la Nom-001-semarnat-1996

DIAGNÓSTICO:

La cantidad de DBO_5 con la que el agua residual entra a la PTAR se encuentra por encima del límite máximo permisible que nos marca la norma, pero el proceso que se le da al agua residual dentro de la planta es bueno y se puede observar que la remoción es del **96%**, con ello el efluente que se vierte al cuerpo de agua se encuentra dentro de los límites máximos permisibles que nos marca la NOM-001-SEMARNAT-1996.

4.2.4 DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS COLIFORMES FECALES.

Los coliformes, son microorganismos patógenos que provienen principalmente de los excrementos humanos, pero también se originan de los animales de sangre caliente, animales de sangre fría y desechos del suelo. Siempre se encuentran en gran cantidad de las aguas negras, las cuales contienen usualmente de 4,000,000 a 5,000,000 de bacterias coliformes por ml, cuando menos. Si las aguas negras entran en contacto con el agua, las bacterias son arrastradas con ella y sobrevivirán por largos periodos de tiempo. En consecuencia, su presencia proporciona una evidencia positiva de contaminación y de la posible presencia de bacterias patógenas provenientes de los animales y seres humanos.

El número de esas bacterias que se encuentre en cualquier volumen de agua definido es una medida de la cantidad de aguas negras o desperdicios que se hayan descargado en el agua, y puede interpretarse como una medida de la calidad del agua para el consumo humano. Si hay gran número de esas bacterias, será intensa la contaminación y el agua no será de calidad satisfactoria y si potencialmente insegura. Claro está que una menor cantidad de esos microorganismos demuestra una menor concentración de contaminación. Muy pocas bacterias coliformes, menos de una por cada 100 ml de agua, indica que la cantidad de contaminación es demasiado pequeña para que represente un riesgo definido y que puede considerarse de calidad segura.

RESULTADOS DE LABORATORIO

RESULTADOS DEL INFLUENTE Y EFLUENTE DE LA LAS TRES MUESTRAS, COLIFORMES FECALES							
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO INFLUENTE	RESULTADO EFLUENTE	MÉTODO UTILIZADO	LIM. MÁX. PERM. NOM-001-SEMARNAT-1986 (Protección de vida acuática, P.D)	CUMPLE / NO CUMPLE	No MUESTRA
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	$>2.4 \times 10^{10}$	1.1×10^7	NMX-AA-042-SCFI-2015	2000	NO CUMPLE	1
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.1×10^{10}	9×10^6	NMX-AA-042-SCFI-2015	2000	NO CUMPLE	2
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	$>2.4 \times 10^9$	1.1×10^{10}	NMX-AA-042-SCFI-2015	2000	NO CUMPLE	3

Tabla 9. Resultados de las tres muestras del influente y efluente obtenidos de los análisis de laboratorio de Coliformes Fecales

En la Gráfica 4.3 se muestra la comparación entre el influente y efluente obtenido de los análisis realizados



Gráfica 6. Comportamiento del influente y efluente del análisis de Coliformes Fecales de las tres muestras

DIAGNÓSTICO:

Este análisis se realizó a las 3 pruebas, obteniendo números muy altos para el efluente, los cuales se encuentran muy por encima de lo que marca la NOM-001-SEMARNAR-1996, esto se debe a que actualmente no se está llevando un proceso de cloración, así como el diseño del canal.

Se tiene que diseñar un nuevo tanque de contacto de cloro que cuente con las características necesarias para que el efluente cumpla con los límites marcados en la norma.

4.2.5 PROPUESTA DEL DISEÑO DE UN TANQUE DE CONTACTO DE CLORO

El tanque de contacto de cloro es el área donde se realiza el proceso de desinfección del agua, mediante el uso del cloro como agente químico desinfectante, antes de descargar el agua a un cuerpo receptor. Última etapa del tratamiento de aguas residuales cuyo objetivo principal es eliminar los organismos patógenos presentes en el agua, que pueden contaminar el manto hídrico, causar enfermedades y poner en peligro la salud humana.

Para realizar el diseño del tanque de contacto de cloro es necesario conocer el caudal (Q) de entrada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), ya que este caudal es el necesario para el diseño.

Debido a que no se conocía el caudal de entrada a la PTAR se procedió a calcularlo de manera analítica, utilizando la dotación generada por la cantidad de habitantes de la Isla de Janitzio. Para ello se realizó también la proyección de población para este año 2018 de la comunidad, utilizando la Norma Técnica NT-011-CNA-2001 “Métodos de Proyección de Población”

En el proceso de la proyección de población, se realizaron las siguientes consideraciones: Los censos más recientes de la población de la Isla de Janitzio proporcionados por INEGI de los años 2010 y 2000.

Procediendo a utilizar las fórmulas que nos proporciona la NT-011-CNA-2001, la cual nos genera una tasa de crecimiento de 1.71% y una proyección de población de 2815 habitantes para este año 2018.

La demanda de cloro se determina mediante la diferencia entre el cloro suministrado y la concentración del cloro residual medido después de un tiempo de la aplicación del cloro, usualmente de 30 a 120 minutos. Comúnmente el tanque de contacto de cloro se elabora en forma de serpentín para asegurar tener buen mezclado y evitar los circuitos cortos.

En el proceso de diseño del tanque de contacto de cloro, se hicieron las siguientes consideraciones: una temperatura media del agua de 20° C, una viscosidad cinemática de $1.0030 \times 10^{-06} \text{ m}^2/\text{s}$, una concentración de coliformes de 3,673,333,333 NMP/100 ml.

Atendiendo el gasto de diseño (11.03 L/s) y el tiempo de contacto de cloro, resultó un volumen necesario en el tanque de 19.854 m³, para el cual se propuso una profundidad de 1 m y un ancho de 0.80 m. Con dichas dimensiones se obtuvo un área de 0.80 m² y una longitud del canal de 24.8 m. Revisando la relación largo/ancho, se tiene un valor de 31.02, el cual nos permite aceptar las dimensiones propuestas, ya que la citada relación debe ser mayor de 10.

La comprobación del diseño se hizo mediante la obtención del número de dispersión de cloro (d) para el gasto máximo instantáneo el cual fue el que se utilizó para el diseño, obteniendo valor de 0.013, mismo que se encuentran dentro del rango establecido por la literatura, $d < 0.015$.

En el dimensionamiento del módulo y la mampara del tanque, se propuso: 4 módulos, una separación entre mamparas de 0.8 m, un espesor de mamparas de 0.15 m y un ancho de la sección libre para el paso del flujo de 0.8 m. Con estas dimensiones propuestas se obtuvo una longitud de módulo de 6.20 m y un total de 3 mamparas.

Con este diseño del tanque de contacto de cloro se pretende disminuir la cantidad de coliformes fecales que son descargados al lago, ya que los resultados del análisis realizado al efluente de la PTAR muestran la gran cantidad de coliformes fecales con la que esta descarga.

4.2.6 DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE FÓSFORO TOTAL (P_T), NITRÓGENO TOTAL (N_T), ZINC (Zn) Y NÍQUEL (Ni) DE LA PTAR

NITRÓGENO TOTAL

El Nitrógeno (N) es un elemento importante en las aguas residuales, ya que es necesario para el crecimiento de los microorganismos. Si el agua residual no contiene suficiente nitrógeno pueden ocurrir problemas por deficiencia de nutrientes durante el tratamiento secundario. Pero también el nitrógeno es un contribuyente especial para el agotamiento del oxígeno y la eutrofización de las aguas cuando se encuentra en elevadas concentraciones.

El nitrógeno total es la suma del nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato, en las aguas residuales el nitrógeno se encuentra en 4 formas básicas: nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato. Si las aguas residuales son frescas, el nitrógeno se encuentra en forma de urea y compuestos proteínicos, pasando posteriormente a forma amoniacal por descomposición bacteriana.

A medida que el agua se estabiliza, por oxidación bacteriana en medio aerobio se generan nitritos y posteriormente nitratos. El predominio de la forma de nitrato en un agua residual es un fiel indicador de que el residuo se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno. (*aulavirtual, s.f.*)

FÓSFORO TOTAL

Otro componente del agua residual importante para los microorganismos es el Fósforo (P). El fósforo, como el nitrógeno, es un elemento esencial para el crecimiento biológico. En el agua residual el fósforo se encuentra en 3 formas: ortofosfatos solubles, polifosfatos inorgánicas y fosfatos orgánicos. El ortofosfato es la forma más fácilmente asimilable por los microorganismos y se utiliza como un parámetro de control en los procesos biológicos de eliminación de fósforo.

El fósforo total es la suma de los compuestos de las tres formas de fósforo. Es importante reseñar que la descarga tanto de fósforo como de nitrógeno debe ser controlada porque puede provocar un crecimiento excesivo de algas en las aguas receptoras.

El crecimiento excesivo de algas en las aguas receptoras causa una disminución del oxígeno disuelto y, a largo plazo, serios problemas de contaminación. Es por ello que se esté prestando en la actualidad un interés creciente en controlar la cantidad de P que entra a formar parte de las aguas residuales, especialmente como componente de los detergentes. (*aulavirtual, s.f.*)

METALES PESADOS

Los metales pesados son aquellos que tienen un peso atómico muy elevado, las aguas residuales contienen gran número de metales pesados diferentes. Entre ellos se puede destacar níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro y mercurio, entre otros.

Las fuentes habituales de aguas residuales que contienen grandes cantidades de metales como el Cromo (Cr), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) proceden, principalmente, de limpieza de metales, recubrimientos, curados, refinado de fosfato y bauxita, generación de cloro, fabricación de baterías y teñidos. Los efectos que provocan sobre el medio ambiente son los siguientes: mortalidad de los peces, envenenamiento de ganado, mortalidad de plancton, acumulaciones en el sedimento de peces y moluscos. (*madrimásd Blogs, 2008*)

“DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DE LA ISLA DE JANITZIO, MUNICIPIO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN”

RESULTADOS DE LABORATORIO:

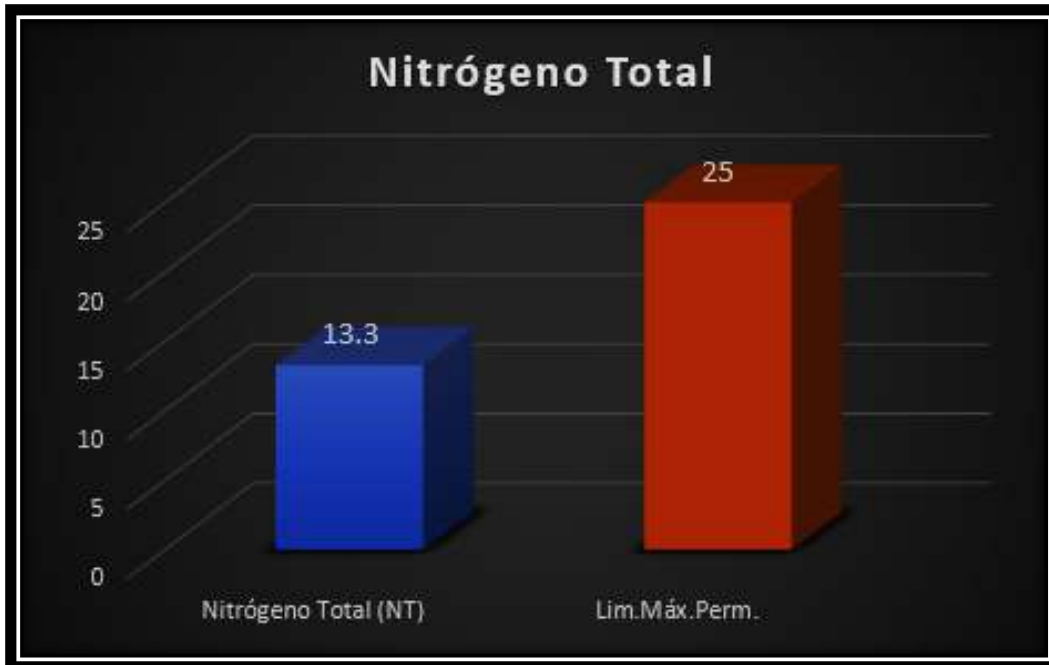
COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS CON LA NOM-001-SEMARNAT-1996

RESULTADOS DEL INFLUENTE Y EFLUENTE DE LA TERCERA MUESTRA, PRESENCIA DE Nt, Pt, Zn, Ni						
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO INFLUENTE	RESULTADO EFLUENTE	MÉTODO UTILIZADO	LIM. MÁX. PERM. NOM-001-SEMARNAT-1996 (Protección de vida acuática, P.D)	CUMPLE / NO CUMPLE
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.5	7.6	NMX-AA-008-SCFI-2011	10	CUMPLE
Temperatura ambiente	°C	12.0	15.0	NMX-AA-007-SCFI-2000	40	CUMPLE
Cloro Total	Mg/l	0.0-0.5	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas	Indistinto	Indistinto
Cloro Libre	Mg/l	0.0-0.5	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas	Indistinto	Indistinto
Temperatura de la muestra	°C	23.0	23.0	NMX-AA-007-SCFI-2000	Indistinto	Indistinto
Conductividad eléctrica	µS/cm	1401	1156	Electrométrico	Indistinto	Indistinto
Oxígeno disuelto	mg/l	0.27	3.01	Electrométrico	Indistinto	Indistinto
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	694	554	NMX-AA-034-SCFI-2001	Indistinto	Indistinto
Nitrógeno Total (Nt)	mg/l	97.1	13.3	HACH Método TNT 827	25	CUMPLE
Fósforo Total (Pt)	mg/l	30.5	9.63	HACH Método TNT 843	10	CUMPLE
Zinc (Zn)	mg/l	0.0	0.05	HACH ZincoVer	20	CUMPLE
Níquel (Ni)	mg/l	0.941	0.143	HACH TNT 856	4	CUMPLE
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	3.5	4.0	NMX-AA-004-SCFI-2013	2	NO CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	>2.4x10 ⁹	1.1x10 ¹⁰	NMX-AA-042-SCFI-2015	1000-2000	NO CUMPLE

Tabla 10. Resultados de la tercera muestra del influente y efluente obtenidos de los análisis de laboratorio de la cantidad de Nitrógeno Total, Fósforo Total, Zinc y Níquel

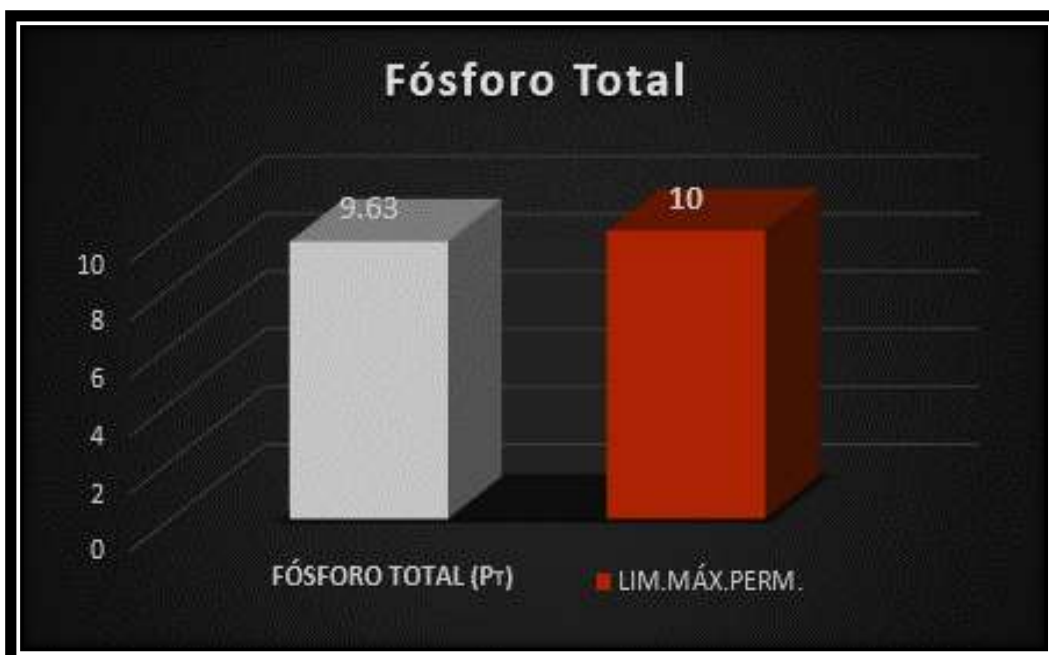
EFLUENTE

En la siguiente gráfica (**Gráfica 7**), se muestra la cantidad de Nitrógeno que ingresa a la PTAR comparado con el límite máximo permisible según la NOM-001-SEMARNAT-1996



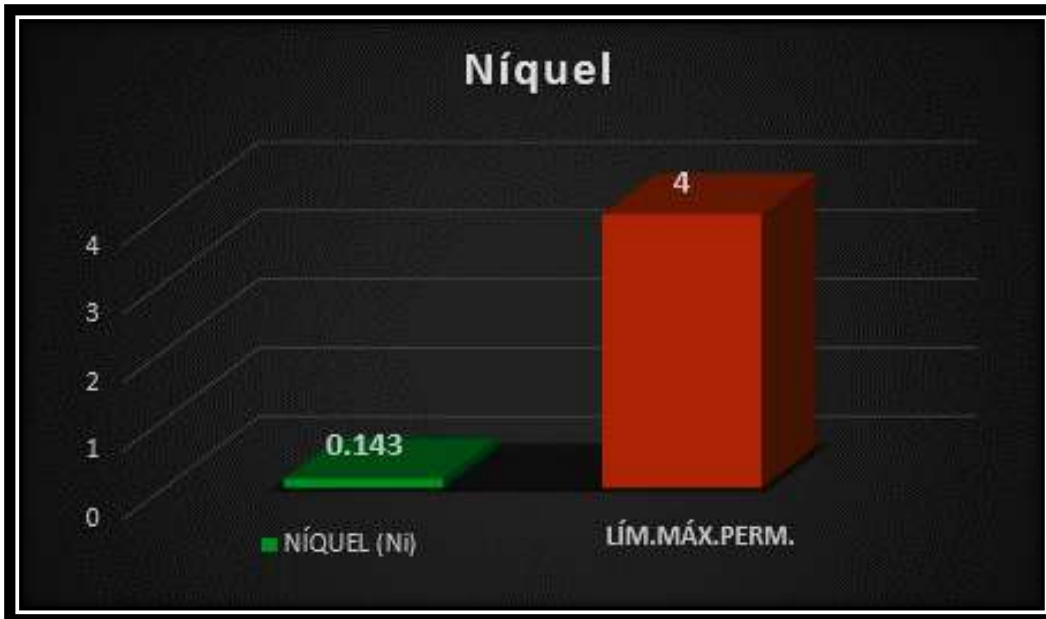
Gráfica 7. Comparación del Nitrógeno Total del efluente respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996

En la **Gráfica 8** se muestra la cantidad de Fósforo Total que ingresa a la PTAR comparado con el límite máximo permisible según la NOM-001-SEMARNAT-1996



Gráfica 8. Comparación del Fósforo Total del efluente respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996

En la siguiente gráfica se muestra la cantidad de Níquel (Ni) que ingresa a la PTAR comparado con el límite máximo permisible según la NOM-001-SEMARNAT-1996



Gráfica 9. Comparación de Níquel del efluente respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996

En esta gráfica se muestra la cantidad de Zinc (Zn) que ingresa a la PTAR comparado con el límite máximo permisible según la NOM-001-SEMARNAT-1996



Gráfica 10. Comparación de Zinc del efluente respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996

DIAGNÓSTICO:

El Nitrógeno total (N_T) y el Fósforo total (P_T) son dos elementos importantes para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos, pero cuando se tiene de manera excesiva esto resulta un problema ya que genera una gran cantidad de algas marinas como lo es el lirio, el lago de Pátzcuaro que es a donde se está haciendo la descarga del agua residual tratada cuenta con una gran cantidad de *lirio acuático**.

De igual manera se están vertiendo metales pesados que, sin importar el hecho de ser mínimas cantidades, están presentes y se debe tener un control sobre los efectos a largo plazo, ya que afectan a la vida acuática y cabe mencionar que se acumulan en los cuerpos de los seres vivos (bio-acumulables) y al ingerirlos una persona, animal o planta estos metales son transferidos provocando enfermedades como el cáncer, u otras afectaciones orgánicas.

En el lago de Pátzcuaro se encuentra una gran cantidad de lirio consecuencia de las grandes cantidades de Nitrógeno y Fósforo vertido al lago, como se puede observar en la Tabla 11, los análisis realizados del influente y efluente de la PTAR de la isla de Janitzio se tienen valores que se encuentran dentro de los parámetros que marca la NOM-001-SEMARNAT-1996. El problema es que no todas las comunidades localizadas en la rivera o cercanía del Lago cuentan con un proceso de tratamiento de aguas residuales, lo cual los obliga a verter el agua cruda directa al lago.

** El lirio acuático es una planta libre flotadora de la familia de las Pontederiaceae, su crecimiento es favorecido por fuentes hídricas ricas en nitrógeno, fósforo y potasio. Se estima que el lirio acuático, también conocido como violeta de agua, cubre alrededor de 40 mil hectáreas de cuerpos de agua en el país. La historia de esta planta conformada por agua es longeva, quiere decir que una vez liberadas sus semillas es un ecosistema estas pueden permanecer en él durante veinte años. (El Universal, 2017)*

CAPÍTULO V.

***CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES***

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

-El lago de Pátzcuaro, ubicado en el estado de Michoacán de Ocampo, es el tercero más grande del país, detrás del lago de Chapala y el lago de Cuitzeo, el lago de Pátzcuaro cuenta con un área de 97km² y una capacidad de almacenamiento de 550 millones de m³. Debido a que es una de las atracciones turísticas más conocidas a nivel nacional por sus costumbres como la noche de muertos. El lago de Pátzcuaro sufre desde hace varias décadas de contaminación y eutrofización, como consecuencia del crecimiento de las poblaciones circundantes. El tratamiento de las aguas residuales es uno de los temas más importantes para cualquier comunidad, si no se tiene un control de estas aguas negras puede ser el comienzo de una epidemia que ponga en riesgo la salud de las personas, vegetación y ecosistemas.

-De acuerdo a las pruebas obtenidas y análisis realizados del influente y efluente obtenidos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Isla de Janitzio, NO se cumple con la totalidad de los parámetros máximos permisibles que establece la NOM-001-SEMARNAT-1996, debido a que NO se tiene remoción de coliformes fecales y la cantidad de Sólidos Sedimentables en época de estiaje es muy alta.

-Algunas de las fases de tratamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no realizan su trabajo de manera eficiente, debido a que no se encuentran operando bajo las condiciones óptimas necesarias que nos garanticen un buen desempeño de la misma.

-La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales alcanzado su vida útil de diseño en el año de 2014, con la cual se encuentra trabajando hasta este año de 2018, debido al crecimiento de la población en estos 4 años se necesita realizar un mejoramiento que satisfaga las necesidades actuales de la comunidad.

-Actualmente no se cuenta con un proceso de cloración adecuado para la eliminación eficiente de los coliformes fecales.

-La eficiencia actual del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales comparada con los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio es de un 81% lo cual es bueno, pero una PTAR con proceso de lodos activados debe tener una eficiencia entre un 90% y 95%.

-La comparación del influente y efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en época de estiaje y en época de lluvias, nos muestra como la cantidad de sólidos es mayor en época de estiaje, ya que en la primera muestra obtenida el 23 de abril del 2018 se observa como la cantidad de sólidos sedimentables es mayor en el efluente que en el influente cuando debería de ser, al contrario.

5.2 RECOMENDACIONES

- Hacer una revisión del diseño actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, ya que se ha cumplido su vida útil en el año 2014, y por lo tanto no satisface las necesidades actuales de la comunidad.
- Se recomienda dar mantenimiento como lo es la limpieza a cada una de las fases de tratamiento que conforman la PTAR, ya que el equipo se encuentra en condiciones que no son adecuadas generando un mal aspecto para la misma comunidad.
- Se recomienda rediseñar un sistema de cloración que cumpla con los requerimientos necesarios para eliminar los coliformes fecales de manera eficiente. Y con esto asegurar que el efluente cumpla con todos los parámetros que marca la NOM-001.SEMARNAT-1996.
- Realizar un manual práctico que nos muestre las fases del tratamiento que conforman la PTAR, así como su funcionamiento y operación de una manera detallada, con el fin de que la persona que esté a cargo pueda tener los conocimientos que se requieren para su manejo y su funcionamiento.
- Contar con capacitación cada tres meses para las personas encargadas del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, con el fin de que su desempeño sea de acuerdo a la demanda de la misma y no haya inconvenientes.
- Contar con un laboratorio que se encargue de monitorear de forma constante el influente, efluente y funcionamiento de la Planta de Tratamiento, esto con el objetivo de poder actuar cuando se presente algún inconveniente
- Debido a que actualmente no se les da un uso a los lodos residuales, se recomienda utilizarlos para otro fin, siempre y cuando estos se encuentren estabilizados ya que pueden dañar el medio ambiente. Se pueden reutilizar en lo que es la agricultura ya que suele ser un buen abono en suelos ácidos.
- Poner en funcionamiento el tanque homogeneizador para tener un control del influente que ingresa a los reactores biológicos, y así evitar que ocurra algún desperfecto ya que desde su construcción en el año 2013 no se ha utilizado, generando estancamiento de agua residual y mal olor.

***FUENTES
CONSULTADAS***



VI. FUENTES CONSULTADAS

- aulavirtual*. (s.f.). Obtenido de
http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/u3c3s6.htm#Anchor7
- Ayala, A. N. (2008). *"Estudio de la gestión integral de proyectos de saneamiento básico, caso de estudio: Isla de Janitzio en Pátzcuaro, Michoacán"*. México .
- Centori, F. V. (1952). *Janitzio (Estudio Sanitario)* . México D.F.
- Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento* . (s.f.). Obtenido de
<http://alianzaporelagua.org/Compendio/contacto.html>
- Comunidades, T. d. (s.f.). *uson.mx*. Obtenido de
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/capitulo4.pdf>
- CONAGUA. (2013). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación* . México, D.F.
- cuida el agua.org*. (2007). Obtenido de
<http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/nivelestratamiento.htm>
l
- Domínguez, J. P. (s.f.). *Saber Más, Revista de Divulgación de la UMSNH*. Obtenido de
<https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/90-articulos/numero-12/181-el-lago-de-patzcuaro-un-lago-en-decadencia.html>
- El Universal*. (01 de mayo de 2017). Obtenido de
<http://www.eluniversal.com.mx/articulo/ciencia-y-salud/ciencia/2017/05/1/lirio-acuatico-de-plaga-producto-sustentable>
- madrimásd Blogs*. (2 de febrero de 2008). Obtenido de
<http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/02/02/83698>
- MAPAS. (2015).
- Martínez, A. G. (2015). *PARA TODO MÉXICO* . Obtenido de
<http://www.paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-michoacan-de-ocampo/hidrologia-michoacan.html>
- nuestro-méxico*. (s.f.). Obtenido de <http://www.nuestro-mexico.com/Michoacan-de-Ocampo/Patzcuaro/Janitzio-Isla-Janitzio/>
- Pimentel, H. R. (13 de Marzo de 2017). *iagua*. Obtenido de
<https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Pimentel, H. R. (13 de Marzo de 2017). *iagua*. Obtenido de
<https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>

Quimtia Industrial, Medio Ambiente . (2017). Obtenido de
<http://www.quimtiamedioambiente.com/blog/importancia-tratamiento-aguas-residuales/>

semar. (3 de Julio de 2013). *semar.gob.mx*. Obtenido de
<http://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioPatzcuaro.pdf>

Tratamiento de Aguas Residuales . (2014). Obtenido de
<https://tratamientodeaguasresiduales.net/tipos/>

Tratamiento de Aguas Residuales y Desechos Organicos . (2 de Junio de 2008). Obtenido de <https://aguasresiduales.wordpress.com/2008/06/02/sistema-de-tratamiento-de-aguas-residuales-por-lodos-activados/>

ANEXOS

VII. ANEXOS

6.1 COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

Es el método efectivo para la remoción de metales, compuestos orgánicos y virus, así como la turbidez y color del agua.

Coagulación

La coagulación es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.

La coagulación es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado. Es igualmente el método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos.

El proceso de coagulación mal realizado también puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas. Por lo tanto, que se considera que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada.

Floculación

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar.

Procesos:

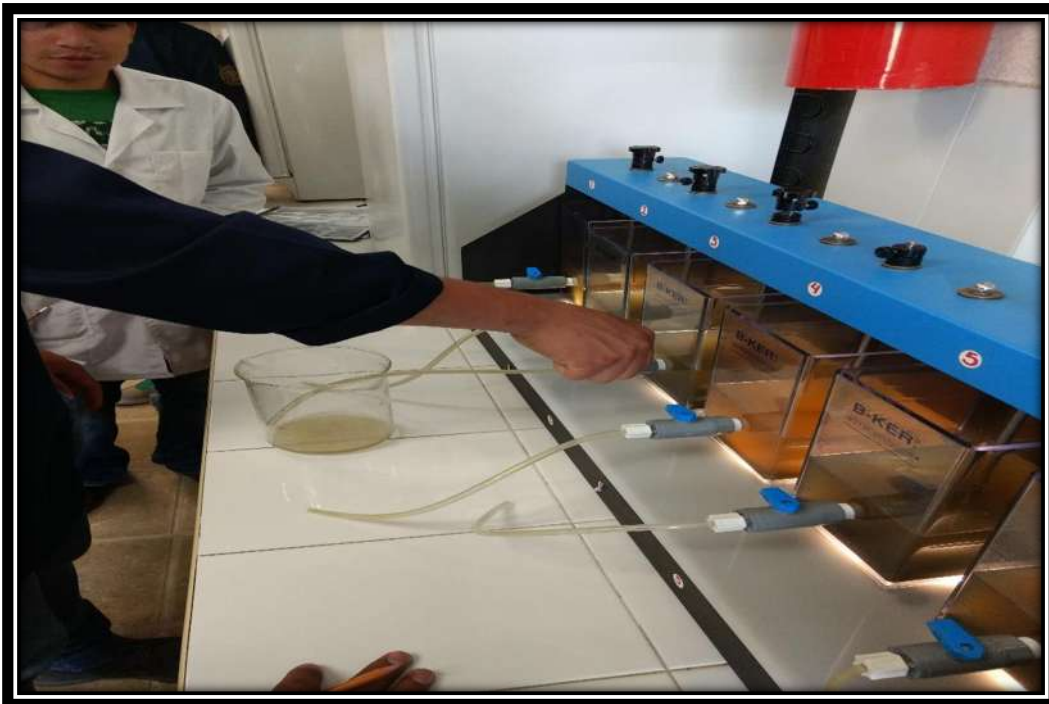
- Desestabilización de la partícula
- Formación del coagulante
- Colisiones Inter particulares

La coagulación se alcanza mediante la adición de coagulantes inorgánicos, como sales de aluminio y hierro, y/o mediante la adición de polímeros orgánicos sintéticos.

“DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA ISLA DE JANITZIO, MUNICIPIO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN”

Clasificación	Fórmula química	Peso molecular	Aplicación
Coagulantes			
		(g/mol)	
Sulfato de aluminio	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$	594.4	Coagulante primario
Aluminato de sodio	$Na_2Al_2O_4$	163.9	Usado junto con sulfato de aluminio controla el pH y alcalinidad
Cloruro de aluminio	$AlCl_3$	160.3	Se usa mezclado con polímeros orgánicos
Policloruro de aluminio	$Al_2(OH)_2(Cl)_2(SO_4)_4$	Variable	Coagulante primario
Polisulfato de aluminio	$Al_2(OH)_2(Cl)_2(SO_4)_4$	Variable	Coagulante primario, producido in situ
Policloruro de hierro	$Fe(OH)(Cl)(SO_4)$	Variable	Coagulante primario, producido in situ
Cloruro férrico	$FeCl_3$	162.2	Coagulante primario
Sulfato férrico	$Fe_2(SO_4)_3$	400	Coagulante primario
Ayudantes de coagulación			
Sílice activada	SiO_2	60	Ayudante de coagulación usado con sulfato de aluminio en invierno
Silicato de sodio	$Na_2O(SiO_2)_{3,25}$	242-1562	Ayudante de coagulación, producido in situ
Bentonita	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	258	Mejora la remoción de compuestos orgánicos





Resultados de la Prueba de Jarras.





Análisis de Coagulación- Floculación con Cloruro Férrico (FeCl_3) como coagulante:

Turbiedad Inicial de la Muestra: **3211 UTN** -Método Espectrofotométrico (NMX-AA-038-SCFI-2001)

<i>Número de jarra</i>	<i>grs de coagulante</i>	<i>Concentración (mg/L)</i>	<i>Turbiedad final (UTN)</i>	<i>Remoción de turbiedad</i>
1	0.02	20	502	84.36%
2	0.08	80	376	88.29%
3	0.2	200	234	92.71%
4	0.3	300	350	89.09%
5	0.5	500	358	88.85%
6	0.7	700	341	89.38%

6.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE LABORATORIO

Informe de análisis de la calidad del agua del influente y efluente de las tres muestras obtenidas de la planta de tratamiento de aguas residuales de la isla de Janitzio, realizadas en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil de la UMSNH.

	<p>UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL</p>	
<p>Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua Hoja 1 de 8</p>		
<p>Morelia, Michoacán a 27 de agosto de 2018.</p>		
<p>P.I.C. Erick Adrián Sagrero Tovar Alumno de la Licenciatura en Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería Civil. UMSNH PRESENTE</p>		
<p>Por este conducto, presentamos a usted los resultados de los estudios de calidad del agua, practicados a las muestras tomadas los días 23 de abril, 08 de junio y 13 de agosto del presente año, en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Janitzio, Municipio de Pátzcuaro, Michoacán. El muestreo, transporte y preservación estuvo a cargo del solicitante. A la muestra se le practicaron los análisis solicitados, atendiendo a los requerimientos del proyecto de Tesis denominado: "Diagnóstico del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Isla de Janitzio, Municipio de Pátzcuaro, Michoacán"</p>		
<p>Al respecto, en función de los parámetros solicitados, se presentan los resultados de los análisis de dichas muestras. Se adjuntan los resultados de 6 muestras analizadas. 3 muestras corresponden al Efluente de la planta y 3 muestras al Influyente o entrada de la misma. La recepción de las muestras fue realizada en pares (1 Efluente-1 Influyente) en las fechas antes mencionadas.</p>		
<p>Sin otro particular por el momento, quedo a su disposición para cualquier aclaración y comentario al respecto.</p>		
<p>Atentamente.</p> <p></p> <p></p> <p>Ing. Sonia Aguilera Juárez Jefa de Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo</p>		
<p>C.c.p. Archivo</p>		
<p>Edificio de Posgrado de Ingeniería Civil (P2C)</p>	<p>Ciudad Universitaria Teléfono (443) 522 9500 Ext. 4344</p>	<p>Morelia, Michoacán, México</p>



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
Hoja 2 de 8

**Origen de la muestra: Influyente Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Isla de Janitzio,
Municipio de Pátzcuaro, Michoacán.**

Número de muestra: 1/6

Hora de muestreo: 09:10 horas

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

Fecha de recepción y análisis: 23 de abril del 2018

Tipo de agua: Residual

- Resultados del laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.9	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	11.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Alcalinidad Total	mg/l	180-240	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Dureza Total	mg/l	250-425	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Cloro Total	mg/l	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Cloro Libre	mg/l	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Temperatura de la muestra	°C	17.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	5196	Electrométrico
Salinidad	‰	0.8	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	0.89	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	2604	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	1455	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	1149	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	735	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	720	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	1268	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	1336	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	533	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	616	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	19	NMX-AA-004-SCFI-2013

Edificio de Programa de Ingeniería Civil (PPIC)

*Ciudad Universitaria
Teléfono (521) 522 5500 Ext. 4344*

Morelia, Michoacán, México



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
Hoja 3 de 8

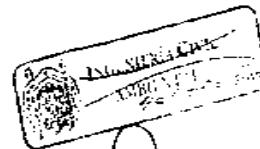
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	>2.4X10 ¹⁰	NMX-AA-042-SCFI-2015

Resultados de la Prueba de Jarras.

Análisis de Coagulación- Floculación con Cloruro Férrico (FeCl₃) como coagulante:

Turbiedad Inicial de la Muestra: 3211 UTN -Método Espectrofotométrico (NMX-AA-038-SCFI-2001)

Número de jarra	grs de coagulante	Concentración (mg/L)	Turbiedad final (NTU)	Remoción de turbiedad
1	0.02	20	502	84.36%
2	0.08	80	376	88.29%
3	0.2	200	234	92.71%
4	0.3	300	350	89.09%
5	0.5	500	358	88.85%
6	0.7	700	341	89.38%





UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 4 de 8

Origen de la muestra: Efluente Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Isla de Janitzio, Municipio de Pátzcuaro, Michoacán.

Número de muestra: 2/6

Hora de muestreo: 08:50 horas

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

Fecha de recepción y análisis: 23 de abril del 2018

Tipo de agua: Residual Tratada

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.5	NMX-AA-009-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	11.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Alcalinidad Total	mg/l	180-240	Comparación colorimétrica
Dureza Total	mg/l	250-425	Comparación colorimétrica
Cloro Total	mg/l	0.0-0.5	Comparación colorimétrica
Cloro Libre	mg/l	0.0-0.5	Comparación colorimétrica
Temperatura de la muestra	°C	18.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	2303	Electrométrico
Salinidad	‰	0.5	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	2.34	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	1176	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	648	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/l	528	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	528	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	120	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	760	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	416	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendedos Fijos (SSF)	mg/l	232	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendedos Volátiles (SSV)	mg/l	296	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	130	NMX-AA-004-SCFI-2013
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.1X10 ⁷	NMX-AA-042-SCFI-2015

[Handwritten signature]

Edificio de Posgrado de Ingeniería Civil (P9C)

*Ciudad Universitaria
Teléfono (443) 322,3500 Ext. 4344*

Morón, Michoacán, México



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 5 de 8

Origen de la muestra: Influente Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Isla de Janitzio, Municipio de Pátzcuaro, Michoacán.

Número de muestra: 3/6

Hora de muestreo: 09:30 horas

Tipo de muestreo: simple

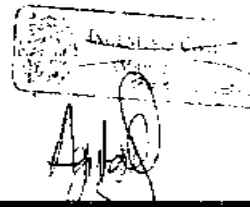
Fecha de muestreo: 08 de junio del 2018

Fecha de recepción y análisis: 08 de junio del 2018

Tipo de agua: Residual

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.5	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	16.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Alcalinidad Total	mg/l	180-240	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Dureza Total	Mg/l	120-250	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Cloro Total	Mg/l	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Cloro Libre	Mg/l	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Temperatura de la muestra	°C	21.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	1757	Electrométrico
Salinidad	‰	0.9	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	1.30	Electrométrico
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	876	NMX-AA-034-SCFI-2001
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /l	1064	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /l	625	NMX-AA-028-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed.)	ml/l	8.0	NMX-AA-004-SCFI-2013
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.1x10 ¹⁰	NMX-AA-042-SCFI-2015


 [Firma manuscrita]
 [Sello circular]

Edificio de Programa de Ingeniería Civil (PPC)

*Ciudad Universitaria
 Teléfono (443) 522 5500 Ext. 4544*

Morón, Michoacán, México



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
Hoja 6 de 8

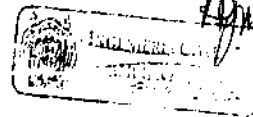
Origen de la muestra: Efluente Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Isla de Janitzio, Municipio de Pátzcuaro, Michoacán.

Número de muestra: 4/6
Tipo de muestreo: simple
Fecha de recepción y análisis: 08 de junio del 2018
Tipo de agua: Residual Tratada

Hora de muestreo: 09:20 horas
Fecha de muestreo: 08 de junio del 2018

- Resultados de laboratorio.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.5	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	16.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Alcalinidad Total	mg/l	180-240	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Dureza Total	Mg/l	250-425	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Cloro Total	Mg/l	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Cloro Libre	Mg/l	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Temperatura de la muestra	°C	25.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	1184	Electrométrico
Salinidad	‰	0.6	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	2.91	Electrométrico
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	584	NMX-AA-034-SCFI-2001
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /l	56.6	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /l	24.4	NMX-AA-028-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.1	NMX-AA-004-SCFI-2013
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	9x10 ⁶	NMX-AA-042-SCFI-2015



Edificio de Posgrado de Ingeniería Civil (P9C)

*Ciudad Universitaria
Teléfono (443) 522 9700 Ext. 4344*

Moravia, Michoacán, México



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
Hoja 7 de 8

Origen de la muestra: Influyente Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Isla de Janitzio, Municipio de Pátzcuaro, Michoacán.

Número de muestra: 5/6

Hora de muestreo: 10:00 horas

Tipo de muestreo: simple

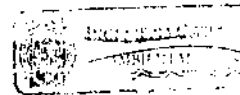
Fecha de muestreo: 13 agosto del 2018

Fecha de recepción y análisis: 13 agosto del 2018

Tipo de agua: Residual

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.5	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	12.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Alcalinidad Total	mg/l	180-240	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Dureza Total	Mg/l	120-250	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Cloro Total	Mg/l	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Cloro Libre	Mg/l	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Temperatura de la muestra	°C	23.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	1401	Electrométrico
Salinidad	‰	0.7	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	0.27	Electrométrico
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	694	NMX-AA-034-SCFI-2001
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	97.1	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	30.5	HACH Método TNT 843
Zinc (Zn)	mg/l	0.0	HACH ZincoVer
Níquel (Ni)	mg/l	0.941	HACH TNT 856
Sólidos Sedimentables (SS _{ed})	ml/l	3.5	NMX-AA-004-SCFI-2013
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	>2.4x10 ⁹	NMX-AA-042-SCFI-2016



[Handwritten signature]

Edificio de Posgrado de Ingeniería Civil (P9C)

*Ciudad Universitaria
Teléfono (443) 322 3500 Ext. 4344*

Morón, Michoacán, México



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 8 de 8

Origen de la muestra: Efluente Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Isla de Janitzio, Municipio de Pátzcuaro, Michoacán.

Número de muestra: 6/6

Hora de muestreo: 10:56 horas

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 13 de agosto del 2018

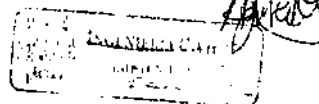
Fecha de recepción y análisis: 13 de agosto del 2018

Tipo de agua: Residual Tratada

- Resultados de laboratorio.

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.8	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	15.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Alcalinidad Total	mg/l	180-240	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Dureza Total	mg/l	250-425	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Cloro Total	mg/l	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Cloro Libre	mg/l	0.0-0.5	Comparación colorimétrica Tiras reactivas
Temperatura de la muestra	°C	23.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	1156	Electrométrico
Salinidad	‰	0.6	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	3.01	Electrométrico
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	554	NMX-AA-034-SCFI-2001
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	13.3	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	9.63	HACH Método TNT 843
Zinc (Zn)	mg/l	0.05	HACH ZincoVer
Níquel (Ni)	mg/l	0.143	HACH TNT 856
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	4.0	NMX-AA-004-SCFI-2013
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.1x10 ¹⁰	NMX-AA-042-SCFI-2015

C.c.p. Archivo.



Edificio de Programa de Ingeniería Civil (EPIC)

*Ciudad Universitaria
 Teléfono (443) 322 3700 Ext. 4344*

Morelia, Michoacán, México

6.4 CÁLCULO DE LA PROYECCIÓN PROYECTO

Para el cálculo de la proyección proyecto se utilizó la Norma Técnica NT-011-CNA-2001, con el fin de tener una cantidad aproximada de habitantes para este año 2018.

Datos:

Censo 2000= 2074 habitantes

Censo 2010= 2458 habitantes

$$Tc\% = \left(\left(\frac{P_{i+n}}{P_i} \right)^{1/n} - 1 \right) \times 100$$

$$Tc\% = \left(\left(\frac{2458}{2074} \right)^{1/10} - 1 \right) \times 100 = 1.71\%$$

$$P_{i+n} = P_i (1+Tc)^n$$

$$P_{i+n} = 2458 (1+0.0171)^8 = 2815 \text{ habitantes}$$

Donde:

P_i = Población conocida al inicio del periodo (año i) (hab)

P_{i+n} = Población n años después (hab)

Tc = Tasa de crecimiento (adimensional)

6.5 GASTOS DE DISEÑO

Los gastos de diseño son aquellos que nos ayudan a conocer el caudal necesario que ingresa a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales realizar.

Datos:

Temperatura (T) = 20°C

Zona Popular (Z_p) = 130 L/hab./día

Perdidas físicas (P_f) = 40%

Aportación de aguas residuales (A_r) = 75%

Procedimiento

- Consumo.

$$\text{Consumo} = Z_p \times P_{i+n}$$

$$\text{Consumo} = (130) (2815) = 365950 \text{ L/día}$$

- Demanda.

$$\text{Demanda} = (P_{i+n}) (Z_p) + (P_{i+n} \times P_f)$$

$$\text{Demanda} = (2815) (130) + (2815 \times 0.40) = 367076 \text{ L/día}$$

- Dotación

$$(\text{Demanda} / P_{i+n}) \times 1000$$

$$(367076 / 2815) \times 1000 = 130.4 \text{ L/hab./ día}$$

- Aportación de Aguas Residuales

$$\text{AAR} = (\text{Dotación})(A_r)$$

$$\text{AAR} = 130.4 (0.75) = 97.8 \text{ L/hab./día}$$

- Gasto Medio

$$Q_{\text{MED.}} = \frac{A_p \times P}{86400}$$

$$Q_{\text{MED.}} = \frac{(97.8) (2815)}{86400} = 3.18 \text{ L/s.}$$

- Gasto Mínimo

$$0.5 Q_{\text{MED}}$$

$$0.5 (3.18) = 1.59 \text{ L/s.}$$

- Gasto Máximo Instantáneo

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{2815}{1000}}} = 3.47$$

$$Q_{\text{MÁX}} = M Q_{\text{MED}}$$

$$Q_{\text{MÁX}} = (3.47) (3.18) = 11.03 \text{ L/s.}$$

6.6 MEMORIA DE CALCULO DEL DISEÑO DEL TANQUE DE CONTACTO DE CLORO

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN DE ACUERDO A LA NT-011-CNA-2001

DATOS:

- Censo 2010 = 2458 habitantes
- Censo 2000 = 2074 habitantes

Procedimiento

DATOS DE DISEÑO:

- Gasto máximo instantáneo (Q) = 11.03 L/s = 952.992 m³/día
- Temperatura del agua (t) = 20°C
- Viscosidad cinemática (ν) = 1.003 x 10⁻⁰⁶ (para 20°C)
- Tiempo de contacto de cloro T = 30 min

Solución

- Se calcula el volumen del tanque.

$$V = Q \times T$$

$$V = 952.992 \times (30/1440) = 19.854 \text{ m}^3$$

- Se propone la profundidad y ancho del canal.

$$h = 1 \text{ m}$$

$$b = 0.8 \text{ m}$$

- Área del tanque (A).

$$A = h \times b$$

$$A = 1 \times 0.8 = 0.8 \text{ m}^2$$

- Perímetro mojado (Pm).

$$Pm = 2h + b$$

$$Pm = 2(1) + 0.8 = 2.8 \text{ m}$$

- Radio hidráulico (Rh).

$$Rh = A/Pm$$

$$Rh = 0.8 / 2.8 = 0.28 \text{ m}$$

- Se determina la longitud del canal (L).

$$L = V/A$$

$$L = 19.854 / 0.8 = 24.8 \text{ m}$$

- Relación $L/b > 10$

$$L/b = 24.8 / 0.8 = 31.02 > 10$$

- Velocidad del flujo (v).

$$v = Q/A$$

$$v = 952.992 / 0.8 = 0.0137 \text{ m/s}$$

- Numero de Reynolds (N_R).

$$N_R = \frac{4 \times v \times R h}{\nu}$$

$$N_R = \frac{4 \times 0.0137 \times 0.28}{1.003 \times 10^{-06}} = 15298.10$$

- Coeficiente de dispersión (D).

$$D = 1.01 \times v \times N_R^{0.875}$$

$$D = 1.01 \times 1.003 \times 10^{-06} \times 15298.10^{0.875} = 0.0046 \text{ m}^2/\text{s}$$

- Número de dispersión (d) < 0.015 .

$$d = D \times T / L^2$$

$$d = \frac{0.0046 (30(60))}{(24.817)^2} = 0.013 < 0.015; \text{ por lo tanto, se acepta el diseño.}$$

Calculo del modulo y la mampara del tanque de contacto de cloro.

Proponiendo:

- No. de módulos $N = 4$
- Separación entre mamparas = 0.80 m
- Espesor de las mamparas = 0.15 m
- Ancho de la sección libre para el paso del flujo $b_L = 0.80 \text{ m}$

Calculando:

- Longitud del módulo (L_M).

$$L_M = \left(\frac{L}{N}\right)$$

$$L_M = 24.8/4 = 6.2 \text{ m}$$

- Número de mamparas (N_{MAM}).

$$N_{MAM} = N - 1$$

$$N_{MAM} = 4 - 1 = 3$$

- Longitud de mamparas (L_{MAM})

$$L_{MAM} = L_M - b_L$$

$$L_{MAM} = 6.2 - 0.80 = 5.4 \text{ m}$$

6.7 DISEÑO DEL TANQUE DE CONTACTO DE CLORO

