

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DIRECCIÓN DE POSGRADO
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA U. Z

“Análisis comparativo para el tratamiento de agua, entre un sistema lagunar y proceso de aireación”. Caso de estudio: Huaniqueo de Morales Michoacán.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN
INGENIERIA AMBIENTAL**

P R E S E N T A

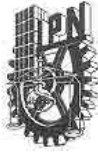
HUGO ALEJANDRO TZINTZUN FLORES

DIRECTOR DE TESIS

M.C. RICARDO CONTRERAS CONTRERAS



MEXICO D.F., A 6 DE DICIEMBRE DE 2010.



SIP-14

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D. F., siendo las 15:00 horas del día 06 del mes de diciembre del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.A. – U.Z. para examinar la tesis titulada:
"Análisis comparativo para el tratamiento de agua, entre un sistema lagunar y proceso de aireación". Caso de estudio: Huaniqueo de Morales Michoacán.

Presentada por el alumno:

Tzintzun <small>Apellido paterno</small>	Flores <small>Apellido materno</small>	Hugo Alejandro <small>Nombre(s)</small>							
		Con registro: <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">B</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">1</td> <td style="padding: 2px 5px;">1</td> <td style="padding: 2px 5px;">3</td> <td style="padding: 2px 5px;">4</td> <td style="padding: 2px 5px;">3</td> </tr> </table>	B	0	1	1	3	4	3
B	0	1	1	3	4	3			

aspirante de:


MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.


LA COMISIÓN REVISORA


Director(a) de tesis


M. en C. Ricardo Contreras Contreras

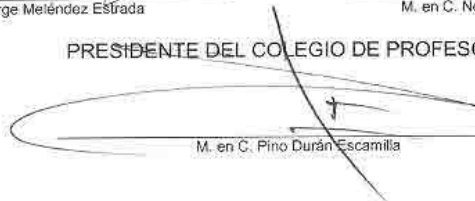

M. en I. Felipe Lopez Sanchez


M. en C. Javier Avila Moreno


Dr. Jorge Meléndez Estrada

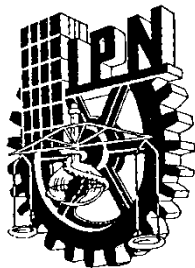

M. en C. Norma Josefina Ruiz Castillejo

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


M. en C. Pino Durán Escamilla



"ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA, ENTRE UN SISTEMA LAGUNAR Y PROCESO DE AERACION". CASO DE ESTUDIO: HUANIQUEO DE MORALES MICHOACAN.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de México D.F., el día 8 del mes de Diciembre del año 2010, el que suscribe **Ing. Hugo Alejandro Tzintzún Flores** alumno (a) del Programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental con número de registro B011343, adscrito a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la E.S.I.A.-U.Z., manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de **M. en C. Ricardo Contreras Contreras** y cede los derechos del trabajo intitulado “**Análisis comparativo para el tratamiento de agua, entre un sistema lagunar y proceso de aereación.**” **Caso de Estudio: Huaniqueo de Morales Michoacán**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección hatzintzun@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


ING. HUGO ALEJANDRO TZINTZUN FLORES

Agradecimientos.

Quiero agradecer profundamente a:

Mi esposa, mis hijas y mi pequeño bebé en camino, por su respaldo, su apoyo y sobre todo su amor

A mis padres por mostrarme el camino del bien, y por su orgullo politécnico.

A mis hermanos, Abraham, Pily, Heber, Beto, Erendira, por mostrarme siempre como un orgullo para la familia, pero sobre todo a mi hermano Bosco (qepd), quien siempre estuvo orgulloso de mi.

A mis compañeros de la maestría por su apoyo, orientación, pero sobre todo por su amistad.

A mis amigos, Joaquín, Hugo, Uvaldo, Chano, Robert, Arturo y Leonel, que siempre han creído en mi.

A mis compañeros de trabajo de la Universidad Latina de América, y de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por su apoyo y orientación.

A mi asesor de tesis, el M.C. Ricardo Contreras por su apoyo y orientación, a la Maestra Norma Ruiz, por sus consejos.

Muchas Gracias.

INDICE	
	Pag.
Resumen.	6
Abstrac	7
Introducción.	8
Hipotesis, Objetivos y justificación.	9
Capitulo I.- Antecedentes.	10
Características del agua residual	15
1.1. Características Físicas.	15
1.2 Características Químicas.	17
1.3 Características Biológicas.	23
Antecedentes de la localidad.	24
Capitulo II.- Metodología.	29
2.1 Descripción de las metodologías	29
2.2 Pretratamientos y Tratamientos primarios	31
2.3 Tratamiento secundario	32
2.4 Trenes de Tratamiento.	39
2.5 Niveles de Tratamiento.	41
2.6.- Límites máximos de descarga para los parámetros de aguas residuales	47
Capitulo III.- Aplicación de los Modelos Matemáticos.	50
3.1. Alternativas	51
3.2. Datos Básicos	53
3.3. Metodología para arreglo de conjunto de tren lagunar y alturas de lagunas	60
3.4. Arreglo Lagunar	60
3.5. Lodos Activados	62
Capitulo IV.- Análisis e interpretación de resultados.	79
Conclusiones y recomendaciones.	94
Bibliografía.	96
Glosario.	98
Anexos.	103

RESUMEN

La presente tesis aborda el estudio de las alternativas de tratamiento desde la perspectiva de la conveniencia para las comunidades rurales, en específico para la localidad de Huaniqueo de Morales Michoacán.

Se analiza primero, el tema de las características del agua residual, con el fin de conocer de manera particular, aquellas que se presentan en el agua residual doméstica, motivo del presente trabajo.

De igual manera se analiza la situación física, social y demográfica de la localidad en cuestión, ya que son parámetros importantes para la toma de las decisiones finales.

Se revisó además, de manera analítica las características del tratamiento mediante dos métodos diferentes: el lagunaje y la aereación, considerando los componentes de cada uno, con el fin de tener una visión más precisa de cada método.

Se utilizaron índices de inversión y de costos de construcción, operación y mantenimiento, para analizar de manera económica la conveniencia de algún método para la localidad, que permita además de un bajo costo, una relativa facilidad de operación, ya que no es posible contar con personal especializado en la localidad.

Por otro lado el factor cultural es importante, debido a que la disponibilidad de terreno para estas obras, es prácticamente nula en los planes de desarrollo, por lo que se tienen que adquirir los predios sobre la marcha y a veces a costos muy elevados, pero sobre todo a causa de la poca disponibilidad de tierras por parte de los municipios y de la transmisión de las tierras de padres a hijos, que causa un poco interés en donar o vender las tierras para este fin.

ABSTRACT

This thesis studies the treatment alternatives from the perspective of the convenience for the rural communities, specially Huaniqueo de Morales, Michoacan.

First, it analyses the topic about the residual water characteristics, in order to know particularly those that are in the domestic residual water, being this the purpose of this paper.

Also, it analyses the physical, social and demographic situation of the community, as they are important parameters to take final decisions.

Was checked in analytical way the treatment characteristics through two different methods; the lagoons and aeration, taking in account the components of each, in order to have a more accurate vision of each method.

Were used investment, construction costs, operation and maintenance Indices to analyze the convenience of a method for the locality, that allows a low cost and an easy operation because is not possible to have expertise in the region.

On the other hand, the cultural factor is important, because the availability of land for these works, is practically nil in the development plans, so, the properties will be acquire on the fly and sometimes very expensive, this is due the unavailability of municipality lands and the land transfer from parents to children, which causes low interest in donate or sell the land for this purpose.

Introducción.

El desarrollo de la tecnología para el saneamiento ambiental es muy importante para el desarrollo no solo de nuestro país, sino de todo el mundo, debido al deterioro ambiental, y el aumento de la población mundial, en la que se requiere año con año un aumento considerable en los servicios básicos como el agua, energía eléctrica, etc.

El agua dulce disponible en el mundo, cada vez es más escasa, debido no solamente a la sobreexplotación, sino también a la falta de tratamiento de la que ya ha sido utilizada, por lo que se requiere que el uso de esta sea más eficiente, no solo con menores pérdidas en fugas o falta de educación para su uso, si no con un reuso de calidad, que nos permita darle verdaderamente un uso y gestión eficiente.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales promueven la reutilización de las aguas, provenientes de comunidades, industrias, agricultura; que en estos tiempos es necesaria para cubrir las carencias del uso doméstico, industrial y agrícola principalmente.

El agua que es utilizada generalmente va a dar a las aguas superficiales y estas contaminan también los mantos acuíferos, necesarios para la vida de los seres humanos, es decir, nosotros mismos estamos contaminando el agua que necesitamos para vivir, por lo cual es necesario que esta agua pueda ser reutilizada en procesos agrícolas, industriales y de uso doméstico.

Las aguas nacionales están muy contaminadas, generalmente por los desechos que arrojan a los ríos, lagos, mares y océanos; y por la falta de educación ambiental de los ciudadanos, en cuanto al cuidado del agua por lo cual los gobiernos municipales, estatales y federales a través de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 establecieron los periodos de cumplimiento, de acuerdo a la cantidad de población y carga contaminante.

Hipótesis.

Mediante un análisis comparativo, permitirá demostrar la mejor propuesta para el tratamiento de aguas residuales entre aereación extendida y lagunaje, para las localidades rurales.

Objetivo General.

- Verificar que tratamiento es más efectivo para comunidades rurales, entre lagunaje y aereación.

Objetivos Particulares.

- Identificar que método es más apropiado para la localidad de Huaniqueo de Morales Michoacán.
- Analizar la características del agua residual domestica
- Estudiar los métodos de tratamiento lagunaje y aereación extendida, para determinar la mejor opción para Huaniqueo de Morales

Justificación

El propósito de esta investigación radica en la importancia del cuidado del agua y de la posibilidad de que por medio del tratamiento de las aguas residuales, se le dé un uso verdaderamente eficiente, que nos permita un reuso de calidad.

El resultado de la presente tesis, pretende brindar una herramienta para la toma de decisiones, que permita la mejor inversión de los recursos para el saneamiento de las aguas residuales.

En el caso de localidad de Huaniqueo de Morales, se pretende realizar el proyecto y construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales, por lo que las opciones que se presentan son el empleo de lagunaje y lodos activados con la modalidad de aereación extendida, por lo que el presente estudio, revelara la mejor opción.

Es importante determinar, mediante un análisis comparativo, entre los posibles tratamientos de aguas residuales de aereación y lagunaje, nos permitirá encontrar la mejor opción para las localidades rurales.

A través de este estudio se pretende además darle cumplimiento a lo que estipula la NOM-001-SEMARNAT-1996 en cuanto al tiempo límite de cumplimiento.

CAPITULO I

ANTECEDENTES.

Antecedentes.

Los humanos han almacenado y distribuido el agua desde hace varios siglos, se sabe que desde que el hombre era cazador, las tribus eran ubicadas en lugares cerca de ríos y lagos, donde utilizaban los recursos hídricos para sus labores comunes, después cuando la población comenzó a crecer y los obligo a asentarse en lugares más lejanos de las aguas superficiales, los humanos buscaron la forma de obtener agua, fue así como comenzaron extrayendo el agua subterránea a base de pozos de agua y la subían por medio de cubetas o molinos, mejor conocidas como norias; desde hace mas de 7000 años en Israel almacenaban el agua debido a la escases de el vital liquido y de la lejanía del mismo se vieron obligados a crear medios de transporte de agua por medio de canales sencillos excavados en la arena, donde colocaban tubos huecos que protegían el agua de contaminantes externos.

En la antigua Grecia el agua era utilizada en cantidades muy grandes debido a la gran población que habitaban ese lugar, por lo cual los griegos buscaron la manera de almacenar y distribuir el agua a sus pobladores mediante redes de distribución de agua por medio de los cuales también retiraban el agua residual, solo que ellos eran consientes del daño que causaban a la naturaleza y fueron los primeros en preocuparse por la calidad del agua utilizando embalses de aereación para de esta manera purificar el agua y que pudiera ser reutilizada en distintas labores.

Al mismo tiempo los romanos construían las mayores redes de distribución de agua que existieron en esa época, como lo eran los famosos acueductos que atravesaban grandes distancias para llevar el líquido a las grandes ciudades, obtenida de mantos acuíferos y ríos.

Después de la caída de los romanos poco fue el avance en cuanto al tratamiento de agua, ya que en la edad media las personas padecieron muchas enfermedades y muertes a causa de este problema, lo cual los obligaba a traer el agua de lugares lejanos de las ciudades; no fue hasta el año de 1804 cuando John Gibb creó el primer sistema de suministro de agua potable en Paisley Escocia, poco después en el año de 1806 París se crea la planta de tratamiento de aguas más grande de la época, esta contaba con filtros de arena y carbón y el agua era sedimentada durante 12 horas antes de su filtración.

En México poco se ha interesado el gobierno en el cuidado del agua y en la utilización de los recursos para la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que estos deciden gastar nuestros impuestos en su beneficio propio y no les interesa el daño que puedan causar a la naturaleza ya que la corrupción en nuestro país y la falta de conciencia de nuestros gobernantes permiten la sobreexplotación de mantos acuíferos y la descarga de residuos sólidos urbanos, agrícolas e industriales en las aguas superficiales nacionales, lo cual a lo largo de

los años ha venido contaminando grandes masas de agua que provocan enfermedades a los humanos y la extinción de animales que dependen de estas aguas.

En México el 63% del agua utilizada proviene de fuentes superficiales y el restante 37% de mantos acuíferos, después de su uso esta agua contaminada con desechos orgánicos e inorgánicos se desecha por medio de drenajes que van a dar hacia ríos y lagos, que finalmente van a dar a mares y océanos, creando con esto una ola de contaminación y reduciendo cada vez más la posibilidad de obtener agua dulce en un futuro muy cercano, ya que con la contaminación de lagos, ríos y mares, además de la sobreexplotación de los mantos acuíferos, en un futuro no muy lejanos tendremos confrontaciones por la obtención de agua y será muy difícil y además costosa de conseguir agua para el uso domestico, industrial y rural.

La CONAGUA estima que el 52% del total de los recursos hídricos superficiales está muy contaminado, mientras que el 39% está contaminada de forma muy moderada y solo el 9% es de calidad aceptable, por lo cual es de gran importancia la búsqueda de alternativas de tratamiento de aguas residuales en varios lugares del país por donde atraviesen masas de aguas contaminadas como son ríos, lagos, lagunas y zonas costeras.

En México solo el 35% de aguas residuales recibe algún tipo de tratamiento ya que en todo el país solo existen 1.593 plantas de tratamiento de agua residual, las cuales no son necesarias para evitar la contaminación de masas de agua, ya que en el país las descargas de agua residuales urbanas ascienden a 7.63 kilómetros cúbicos anuales lo que equivale a 242 metros cúbicos por segundo, de esa cantidad el 85.2 % se recolecta a través del alcantarillado y de esa cantidad solo un 36.1% recibe tratamiento según el INEGI.

En 1994 se acordó la construcción de 52 plantas de tratamiento con una inversión de 22 millones de pesos y la proyección era para que en el año 2000 estuvieran construidas más de 98 plantas, sin embargo la capacidad de procesar el agua residual ha sido rebasada por los altos índices de contaminación, pero de acuerdo con la CONAGUA hasta el año 2006 se construyeron 102 plantas de tratamiento en esta zona, de las cuales solo se ha logro procesar el 46% del agua residual de esta zona.

También se realizo un programa de saneamiento de la cuenca Lerma-Chápala, en la cual se tenía el objetivo de reducir un 50% la contaminación en el sistema hídrico, el cual está integrado por 5 estados; Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Querétaro y Estado de México. Esta cuenca abastece a 205 municipios de estas entidades, de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología esta región enfrenta serios problemas de contaminación y datos de la CONAGUA revelan que en Michoacán la zona que comprende 62 municipios depende de esta cuenca para abastecer del vital líquido a sus habitantes y solo el 16% de los compromisos

de saneamiento han sido cubiertos. Fue declarada por el Periódico Oficial de la Federación como zona de veda y reserva desde el 27 de agosto de 1931.

En el mundo se supone una cantidad de 97.5% de agua salada, mientras que solo el 2.5 % restante es agua dulce, de la cual el 68.9% se encuentra en glaciares y capas de nieve eternas, el 30.8% del agua dulce se encuentra en el subsuelo, incluyendo la humedad de la tierra, agua de los pantanos y hielo; y el 0.3% del agua dulce se encuentra almacenada en lagos y ríos, los cuales están muy contaminados por la inconsciencia de la población mundial.

Según una lista de 180 países que publicó la organización de las naciones unidas (ONU) en 2003, en Canadá cada habitante dispone al año de 91 mil 640 m³, en Australia de 26 mil 32 m³, en Sudáfrica de mil 109 m³, en Egipto de 29 m³, mientras que nuestro país ocupa el lugar 94 en dicha lista, con una disponibilidad de 4 mil 547 m³, ubicándolo en una situación de disponibilidad "intermedia". La cantidad de agua disponible en México ha descendido en forma dramática en medio siglo, en este período bajo un 60 m³% por lo cual se prevé que en el 2025 el agua por persona en todo el país sea "baja" con tan solo 3 mil 788 m³ al año.

La comisión nacional del agua señala en la revista AGUA de la jornada, que 6% de los cuerpos acuíferos superficiales "no están contaminados", 20% son "aceptables", 51% están poco contaminados, 16% están contaminados, 6% se consideran altamente contaminados y en 1% se ha encontrado presencia de tóxicos; siendo las aguas del valle de México y del sistema Cutzamala las más contaminadas, mientras que las de la península de Yucatán son las más limpias. La NOM-001-SEMARNAT.1996, señala que las ciudades con mas de 50 000 habitantes debían haber tratado sus aguas residuales para el año 2000, pero esta norma no se cumplió debido a que los ingenieros no contábamos con el factor político, también dice que si hubiéramos cumplido con esa norma se hubiera logrado tratar el 80% de las aguas residuales. El siguiente objetivo era que para el 2005 las ciudades de entre 20 000 y 50 000 habitantes trataran sus aguas residuales pero estábamos en años preelectorales por lo cual el gobierno estaba más interesado en las elecciones, aunque algunos estados si cumplieron con la norma, como Puebla y Monterrey mientras que otras como Guadalajara y el Distrito Federal no lo cumplieron y eso repercute mucho en el porcentaje nacional de aguas residuales tratadas.

Por lo que se debe cumplir con los límites máximos permisibles de descarga hacia las aguas superficiales del país, para evitar el daño a la naturaleza, así como la propagación de enfermedades que puedan causar serios daños a la salud, de acuerdo con las siguientes tablas de cumplimiento que marca la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Tabla #1 Cumplimiento de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996.

DESCARGAS MUNICIPALES		
FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE:	RANGO DE POBLACION:	
1 de enero de 2000	mayor de 50,000 habitantes	
1 de enero de 2005	de 20,001 a 50,000 habitantes	
1 de enero de 2010	de 2,501 a 20,000 habitantes	

DESCARGAS NO MUNICIPALES		
FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE:	CARGA CONTAMINANTE	
	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO5 t/d (toneladas/día)	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)
1 enero 2000	mayor de 3.0	mayor de 3.0
1 enero 2005	de 1.2 a 3.0	de 1.2 a 3.0
1 enero 2010	menor de 1.2	menor de 1.2

DESCARGAS MUNICIPALES	
RANGO DE POBLACION	FECHA LIMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES
mayor de 50,000 habitantes	30 de junio de 1997
de 20,001 a 50,000 habitantes	31 de diciembre de 1998
de 2,501 a 20,000 habitantes	31 de diciembre de 1999

CARGA CONTAMINANTE DE LAS DESCARGAS NO MUNICIPALES	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO5 Y/O SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)	FECHA LIMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES
mayor de 3.0	30 de junio de 1997
de 1.2 a 3.0	31 de diciembre de 1998
menor de 1.2	31 de diciembre de 1999

1.1 CARACTERISTICAS DEL AGUA RESIDUAL

Las aguas residuales son generadas por las actividades del sector social que incluyen las descargas de residuos origen domestico y público, las del sector agropecuario que incluyen los afluentes de instalaciones dedicadas a la crianza y engorda de ganado mayor y menor, así como por las aguas de retorno agrícola, las del sector industrial representado por las descargas originadas por las actividades correspondientes a la extracción y transformación de los recursos naturales en bienes de consumo y satisfactores para la población.

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (NOM-003-SEMARNAT-1997).

El conocimiento de sus características es básico, para establecer el tipo de tratamiento que se le dará para su reuso.

Aunque normalmente se considera el agua como H₂O, todas las aguas naturales contienen cantidades variables de otras sustancias en concentraciones que fluctúan de unos cuantos miligramos por litro. Para obtener una imagen verdadera de la naturaleza de una muestra en particular, es necesario cuantificar diferentes propiedades mediante un análisis que determine sus características físicas, químicas y biológicas.

1.1.1. Características Físicas.

Estas son el contenido total de sólidos, temperatura, color y olor, donde se destaca el contenido total de sólidos.

1.1.1.1. Contenido total de sólidos (STT).

Están formados por los sólidos disueltos totales (SDT), y los sólidos suspendidos totales (SST).

Los sólidos disueltos totales están formados por los sólidos disueltos fijos (SDF) y los sólidos disueltos Volátiles (SDV).

A su vez los sólidos suspendidos totales los componen los sólidos suspendidos fijos (SSF) y los sólidos suspendidos volátiles (SSV).

El contenido total de sólidos se obtiene con toda la materia que queda como residuo de la evaporación a 103° C- 105°C durante 24 hrs de una muestra (50 ml).

La fracción de sólidos suspendidos incluye los sólidos sedimentables que se depositan en el fondo de un recipiente en forma de cono (cono de Imhoff) durante 60 min.

Los sólidos basándose en su volatilidad se clasifican a 600°C en volátiles y fijos. La fracción orgánica se oxida y será expulsada como gas a dicha temperatura (volátiles), permaneciendo la fracción inorgánica como ceniza (fijos).

Los sólidos suspendidos totales se obtienen por filtración en una membrana de modo que el diámetro mínimo de los sólidos suspendidos sea aproximadamente una micra (Mm).

Los sólidos disueltos (filtrables) son los que pasan el filtro con diámetro que oscila entre 10^{-3} y 1 Mm.

Las unidades de medición de sólidos son miligramos por cada litro (mg/l).

1.1.1.2 Temperatura.

La temperatura se relaciona con la actividad molecular que resulta de la transferencia de calor y es un parámetro muy importante por su efecto en la vida acuática, en las reacciones químicas y su velocidad de reacción, así como la aplicabilidad del agua en usos útiles. Además, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría.

La temperatura del agua residual es generalmente más alta que la del suministro, debido a la adición de agua caliente procedente de las casas o de actividades industriales.

Según la localización geográfica, la temperatura media anual del agua residual varía de 10° C a 21° C, siendo 15° C un valor representativo.

Debe considerarse que:

Las temperaturas muy elevadas fuera de lo común pueden dar lugar a un crecimiento indeseable de plantas acuáticas y hongos.

1.1.1.3 Color.

Aun el agua pura no es incolora; tiene un tinte azul verdoso pálido en grandes volúmenes. Es necesario diferenciar entre el color verdadero debido al material en solución y el color aparente debido a la materia suspendida. El color amarillo natural en el agua de las cuencas altas se debe a ácidos orgánicos que no son de ninguna manera dañinos y que son similares al ácido tánico de té. Sin

embargo, los consumidores rechazan el agua cuando está muy coloreada por razones estéticas y para ciertos usos industriales pueden ser inaceptables.

El agua residual doméstica es turbia, de color grisáceo; cuando los compuestos orgánicos son descompuestos por bacterias, el oxígeno disuelto en el residual se reduce a cero y el color cambia a gris muy oscuro ó negro. Lo que se conoce como agua residual séptica. Con esta característica y la de olor se puede hacer referencia a la edad del agua residual debido a la actividad de los microorganismos, generalmente anaerobios.

La Turbiedad es la presencia de sólidos coloidales le da al líquido una apariencia nebulosa que es poco atractivo y puede ser dañina. La turbiedad en el agua pueden causarlas partículas de arcilla y limo, descargas de agua residual, desechos industriales o a la presencia de numerosos microorganismos.

1.1.1.4 Olor.

Los olores son debidos a los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica. El agua residual doméstica reciente tiene un olor peculiar poco desagradable puede ser o jabón ó aceite, pero más tolerable que el agua residual séptica. El olor más peculiar del agua residual séptica es el del sulfuro de hidrógeno producido por los microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos a sulfitos. Las aguas residuales industriales contienen a veces compuestos olorosos o capaces de producir olores en el proceso de tratamiento.

1.1.1.5 Conductividad eléctrica:

La conductividad de una solución depende de la cantidad de sales disueltas presentes y para soluciones diluidas es aproximadamente proporcional al contenido de SDT:

$$K = \frac{\text{conductividad (S/m)}}{\text{SDT (mg/l)}}$$

Si se conoce el valor apropiado de K para un agua en particular, la medición de la conductividad da una indicación rápida del contenido de SDT.

1.1.2 Características Químicas.

Están compuestos por cuatro categorías generales que son:

- Materia Orgánica
- La medida del contenido orgánico

- La materia inorgánica
- Los gases que se encuentran en el agua residual.

1.1.2.1 Materia Orgánica.

En un agua residual de intensidad media como la doméstica, el 75% de los sólidos suspendidos y el 40% de los sólidos disueltos son de naturaleza orgánica. Los compuestos orgánicos están formados generalmente por una combinación de carbono, hidrógeno y oxígeno, junto con nitrógeno en algunos casos. Así como azufre, fósforo y hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas halladas en el agua residual son las proteínas (40 a 60%), carbohidratos (25 a 50%), grasas y aceites (10%). La urea, principal componente de la orina es otro importante compuesto orgánico del agua residual.

Proteínas. Principales componentes del organismo animal. En las plantas se encuentra presente en menor grado. Son de estructura química compleja e inestable son sometidas a muchas formas de descomposición. Todas contienen carbono así como oxígeno e hidrógeno. Además contienen como característica que los distingue una cantidad elevada de nitrógeno (16%).

En algunos casos contiene azufre, fósforo y hierro. La urea y las proteínas son las principales fuentes de nitrógeno en el agua residual; cuando este se encuentra en grandes cantidades produce olores extremadamente desagradable debido a la descomposición.

Carbohidratos. Incluyen azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera, todos se encuentran en las aguas residuales. Contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Desde el punto de vista de volumen y resistencia a la descomposición, la celulosa es el carbohidrato más importante en el agua residual.

Grasas y aceites. Las grasas animales y los aceites son cuantitativamente el tercer componente de los alimentos.

El término grasas incluye las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes del agua residual.

Las grasas son uno de los compuestos orgánicos más estables y no se descomponen fácilmente por las bacterias.

El contenido de grasas del agua residual puede motivar muchos problemas tanto en alcantarillas como en plantas de tratamiento.

Agentes tensoactivos. Son grandes moléculas orgánicas ligeramente solubles en

agua, que causan espumas en las plantas de tratamiento, así como en las aguas que se vierten en los efluentes residuales. Tienden a acumularse en la interfase agua-aire.

- Los sulfatos alquilo-lineales son el agente tensoactivo actual, los cuales son biodegradables y reducen su espuma en forma considerable

La determinación de los agentes tensoactivos se realiza midiendo el cambio de color en una solución normalizada de azul de metileno. Otro nombre con que se reconoce a los agentes tensoactivos es el de “Sustancias activas al azul de metileno” (SAAM).

Fenoles. Causan problemas de sabor en el agua, especialmente cuando está clorada. Aparecen en aguas residuales que contienen desechos industriales, pueden ser biológicamente oxidados en concentraciones de hasta 500 mg/lit.

Pesticidas y productos químicos agrícolas. Son tóxicos para gran número de formas de vida y por tanto pueden llegar a ser peligrosos, contaminantes de las aguas superficiales. Estos productos químicos no son componentes comunes del agua residual, sino que suelen incorporarse fundamentalmente como consecuencia de la escorrentía de parques, campos agrícolas y tierras abandonadas.

1.1.2.1.1. Medida del contenido orgánico.

Los métodos de laboratorio más utilizados en la actualidad son:

- La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Carbono Orgánico Total (COT)
- Demanda Total de Oxígeno (DTO)
- Demanda Teórica de Oxígeno (DteO).

DBO. Es el parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales, a los 5 días DBO_5 . Supone esta determinación la medida del oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de materia orgánica. Se utiliza para la determinación de la cantidad aproximada de oxígeno que se requiere para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.

Los datos de la DBO se utilizan para dimensionar las instalaciones de tratamiento y medir el rendimiento de alguno de estos procesos. Con los datos de la DBO podrá así mismo calcularse la velocidad a la que se requerirá el oxígeno.

DQO. Este ensayo se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto en aguas naturales como en residuales.

El equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse se mide utilizando un fuerte agente químico oxidante en medio ácido (Dicromato potásico). Esto debido a que es mayor el número de compuestos que pueden descomponerse por vía química que biológica.

COT. Aplicable a pequeñas concentraciones de materia orgánica. Algunos compuestos orgánicos existentes pueden no oxidarse y el valor medido del COT será ligeramente inferior a la cantidad real presente en la muestra.

DTO. Método instrumental que puede utilizarse para medir el contenido orgánico de las aguas residuales. En este ensayo las sustancias orgánicas y en menor medida las inorgánicas se transforman en productos finales estables dentro de una cámara de combustión catalizada con platino.

DTeO. Este método se basa teóricamente en el principio de que si se conoce la fórmula química de la materia orgánica la DTeO puede calcularse.

1.1.2.2. Materia inorgánica.

Las aguas residuales, a excepción de algunos residuos industriales, son raramente tratadas para la eliminación de los constituyentes inorgánicos que se añaden en el ciclo de utilización.

PH. Importante parámetro de calidad (ion Hidrógeno). La concentración del ion hidrógeno se halla íntimamente relacionada con la cuantía en que se disocian las moléculas.

Cloruros. Proceden de la disolución de suelos y rocas que los contienen, la intrusión de aguas saladas (zonas costeras), la descarga de aguas residuales domésticas, e industriales en las aguas superficiales. Puesto que los métodos convencionales de tratamiento no eliminan los cloruros en cantidades significativas, las concentraciones superiores a los normales, pueden interpretarse como una señal de que la masa del agua se utiliza para el vertido de aguas residuales.

Alcalinidad. La alcalinidad en el agua residual se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos tales como el calcio, magnesio, sodio, potasio o amoniaco. Los más comunes son los bicarbonatos magnesio y calcio. El agua residual es generalmente alcalina, recibe su alcalinidad

del agua de suministro, del agua subterránea y de las materias añadidas durante el uso doméstico. La alcalinidad en el agua residual es importante cuando deba efectuarse un tratamiento químico y cuando haya que eliminar el amoníaco mediante arrastre por aire.

Nitrógeno. Los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de algas y plantas, y como tales son conocidos como nutrientes o bioestimulantes.

Puesto que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de las proteínas, se necesitará conocer datos sobre el mismo para valorar la tratabilidad de las aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos biológicos.

El Nitrógeno, se encuentra en las siguientes formas:

Nitrógeno orgánico. Nitrógeno en la forma de proteínas, amino ácidos y urea.

Nitrógeno amoniacal. Nitrógeno como sales de amoníaco; por ejemplo, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, o como amoníaco libre.

Nitrógeno de nitritos. Una etapa intermedia de oxidación que normalmente no se presenta en grandes cantidades.

Nitrógeno de nitratos. Producto final de la oxidación del nitrógeno. La oxidación de los compuestos de nitrógeno se llama nitrificación. La reducción del nitrógeno, que se llama desnitrificación, puede invertir el proceso.

Las concentraciones relativas de las diferentes formas de nitrógeno dan una indicación útil de la naturaleza y concentración de la muestra. Antes de disponer del análisis bacteriólogo, se evaluaba la calidad de las aguas con relación a su contenido de nitrógeno.

Cuando el contenido de nitrógeno sea insuficiente se necesitará la adición del mismo para hacer tratable el agua residual, y cuando sea necesario el control del crecimiento de algas en el agua receptora pura, para proteger los usos a los que se destina, puede ser conveniente la eliminación o reducción del nitrógeno de las aguas residuales antes de la evacuación.

Fósforo. Esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos.

Las formas más comunes de fósforo en condiciones acuosas son ortofosfatos, polifosfato y fosfato orgánico.

Azufre. El ion sulfato se presenta naturalmente en la mayoría de los suministros de agua y también en el agua residual.

El azufre es requerido en la síntesis de las proteínas y es liberado en su degradación.

Compuestos tóxicos. Por su toxicidad, ciertos cationes son de gran importancia en el tratamiento y vertido de las aguas residuales. El cobre, plomo, plata, potasio, cromo, arsénico, boro y amoníaco son tóxicos en distintos grados para los microorganismos, y por tanto deben tenerse en consideración al proyectar una planta de tratamiento biológico.

Metales pesados. Níquel (Ni), Manganeso (Mn), Plomo (Pb), cromo (Cr), cadmio (Cd), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe) y mercurio (Hg) son constituyentes de muchas aguas. Algunos son necesarios para el desarrollo de la vida biológica y su ausencia podría limitar el crecimiento de algas. Su presencia en cantidades excesivas interferirá con muchos usos provechosos dada su toxicidad.

Gases. Los más frecuentemente encontrados en el agua sin tratar son Nitrógeno (N), oxígeno (O₂), anhídrido carbónico (CO₂), sulfato de hidrógeno (SH₂), amoníaco (NH₃) y metano (CH₄). Los tres primeros se encuentran en todas las aguas que estén expuestas al aire. Los últimos proceden de la descomposición de materia orgánica presente en el agua residual.

Oxígeno Disuelto. Es necesario para la respiración de microorganismos aerobios así como otras formas de vida aerobia.

La cantidad real de oxígeno (otros gases también) que puede estar presente en la solución, está regida por:

- Solubilidad del gas
- Presión parcial del gas en la atmósfera
- Temperatura
- Pureza de agua (salinidad, sólidos suspendidos, etc.)

La presencia de oxígeno disuelto en el agua residual es deseable porque evita olores desagradables.

- Sulfuro de hidrógeno. Es el gas formado durante la descomposición orgánica.
- Metano. Principal subproducto de la descomposición anaerobia. Hidrocarburo combustible, inodoro e incoloro de gran valor como combustible.

1.1.3 Características Biológicas.

Es muy importante el conocimiento de los grupos principales de microorganismos que se encuentran en el agua residual y la superficial, así como los que intervienen en el proceso de tratamiento biológico, el de los utilizados como indicadores de polución y su importancia, y finalmente, los métodos utilizados para valorar la toxicidad de las aguas residuales tratadas.

1.1.3.1. Microorganismos.

Los grupos principales de organismos que se encuentran en las aguas superficiales y residuales se clasifican en protistas, plantas y animales.

- Los protistas incluyen las bacterias, hongos, protozoos y algas.
- Las plantas se clasifican en las de semilla, helechos, musgos y hepáticas.
- Como animales se clasifican a los vertebrados e invertebrados.
- Los virus se clasifican según el sujeto infectado.

Protistas. Son en su clase el grupo más importante.

Bacterias. Juegan un papel muy importante en la descomposición y estabilización de materia orgánica, tanto en la naturaleza como en las plantas de tratamiento.

Algas. Son un serio inconveniente para aguas superficiales ya que cuando las condiciones son favorables pueden reproducirse rápidamente y cubrir ríos, lagos y embalses con grandes colonias flotantes (crecimiento explosivo) eutrofización.

Los Protozoos de importancia para los ingenieros sanitarios, las amebas, los flagelados, y los ciliados libres y fijos. Son básicos en los procesos biológicos de tratamiento así como la purificación de los ríos.

Virus. Los virus excretados por los humanos pueden llegar a ser un peligro importante para la salud pública.

Plantas y animales. Varían de tamaño desde rotíferos microscópicos y gusanos hasta crustáceos macroscópicos.

El conocimiento de estos organismos es útil al valorar el estado de las corrientes y lagos, al determinar la toxicidad de las aguas residuales evacuadas al medio ambiente, y al observar la efectividad de la vida biológica en los procesos secundarios de tratamiento utilizados para destruir residuos orgánicos.

1.1.3.2. Organismos Coliformes.

El tracto intestinal del hombre contiene innumerables bacterias en forma de bastoncillos conocidos como microorganismos coliformes. No son dañinos al hombre e incluso son útiles para destruir la materia orgánica en el proceso biológico de tratamiento de aguas residuales.

La presencia de los organismos Coliformes se interpreta como una indicación de que los organismos patógenos también pueden estar presentes y su ausencia indica que el agua no presenta organismos productores de enfermedades.

Las bacterias Coliformes incluyen los géneros Escherichia y Aerobacter. El uso de los coliformes como indicador es problemático debido a que la Aerobacter y ciertas especies de Escherichia pueden crecer en el suelo.

1.1.3.3. Ensayos Biológicos.

Se utilizan para valorar la toxicidad de las aguas residuales en lo que respecta a la vida biológica de las aguas receptoras.

La finalidad específica del ensayo biológico es:

- 1.- Determinar la concentración de un agua residual dada que produzca la muerte del 50% de los microorganismos de ensayo en un período de tiempo especificado.
- 2.- Determinar la concentración máxima que no causa efecto aparente sobre los organismos de ensayo durante 96 hrs.

1.2. Antecedentes de la localidad.

1.2.1 Medio físico

1.2.1.1 Localización

Se localiza al norte del Estado, en las coordenadas 19°54' de latitud norte y 101°30' de longitud oeste, a una altura de 2,040 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Morelos, al este con Chucándiro, al sureste con Morelia, al suroeste con Coeneo y al noroeste con Jiménez. Su distancia a la capital del Estado es de 93 kms.

1.2.1.2 Extensión

Su superficie es de 201.13 Km² y representa un 0.34 por ciento del total del Estado.

1.2.1.3 Orografía

Su relieve lo constituye el sistema volcánico transversal, sierra de Zirate y cerros La Leonera y Tamapuato.

1.2.1.4 Hidrografía

Su hidrografía se constituye por los ríos: La Pantera, Huaniqueo, Jaripitiro, San Francisco y San Juan; manantiales de agua fría como San Pedro Puruátiro, Peñita, Huaniqueo y Caramécuaro.

1.2.1.5 Clima

Su clima es templado, con precipitación pluvial anual de 958.0 milímetros y con temperaturas que oscilan de 9.3° a 23.5 ° centígrados.

1.2.1.6 Principales ecosistemas

En el municipio predominan los bosques: mixto con pino, encino y aile; de coníferas con pino y oyamel. Su fauna la conforman: mapache, armadillo, zorrillo, tlacuache, gato montés, gallina de monte, torcaza y tortola.

1.2.1.7 Recursos naturales

La superficie forestal maderable es ocupada por pino y encino; en el caso de la no maderable, por arbustos de distintas especies.

1.2.1.8 Características y uso del suelo

Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico, cuaternario, terciario y plioceno; corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente agrícola y en menor proporción ganadero y forestal.

1.2.2. Perfil sociodemográfico

1.2.2.1 Pueblos indígenas

En el municipio, quienes hablan la lengua indígena lo hacen en 40% purépecha. Según el Censo de Población y Vivienda 1990, existían en el municipio 35 personas indígenas, de las cuales 17 eran hombres y 18 mujeres.

1.2.2.2 Evolución demográfica

En el municipio de Huaniqueo en 1990, la población representaba el 0.33 por ciento del total del Estado. Para 1995, se tenía una población de 10,853 habitantes, su tasa de crecimiento es del -1.94 por ciento anual (la tasa de crecimiento negativa, se debe a factores como la emigración al interior y exterior del país principalmente) y la densidad de población es de 53.96 habitantes por kilómetro cuadrado. El número de mujeres es relativamente mayor al de hombres. Para el año de 1994, se presentaron 278 nacimientos y 89 defunciones; y la población decreció por la migración a los Estados Unidos y a las ciudades más importantes del país.

1.2.2.3 Religión

La principal es la católica, seguida por la protestante.

1.2.3 infraestructura social y de comunicaciones.

1.2.3.1 Educación

Se tienen los niveles de: preescolar, primaria, secundaria, telesecundaria, bachillerato y una escuela de danza folklórica y regional.

1.2.3.2 Salud

Hay una clínica del IMSS y un Centro de Salud de la Secretaría de Salud; además de médicos particulares.

1.2.3.2 Abasto

Dentro del municipio se desarrolla un incipiente y desorganizado comercio que comprende 272 espacios comerciales, entre los que destacan las tiendas de abarrotes, misceláneas, espacios de compraventa de semillas, materiales de construcción, forrajeras, ferretera y algunas farmacias; y una parte de establecimientos en todas las comunidades del municipio.

1.2.3.3 Deporte

Para su práctica existen canchas de basquetbol, campos de fútbol y béisbol.

1.2.3.4 Vivienda

Cuenta con un promedio de 2,726 viviendas predominando las de adobe, madera y materiales de tabique.

1.2.3.5 Servicios públicos

Agua potable 80%
Drenaje 80%
Electrificación 95%
Pavimentación 5%
Alumbrado Público 90%
Recolección de Basura 60%
Mercado 10%
Rastro 100%
Panteón 100%
Cloración del Agua 20%
Seguridad Pública 60%
Parques y Jardines 30%

Edificios Públicos 20%

1.2.3.6 Medios de comunicación

En este municipio circulan diversos periódicos foráneos.

1.2.3.7 Vías de comunicación

Al municipio lo comunica la Autopista de Occidente México-Morelia-Guadalajara de cuota, y la carretera libre Morelia-Quiroga-Comanja-Huaniqueo. La comunicación de Huaniqueo a las comunidades del municipio se hace por caminos vecinales de terracería; sólo dos comunidades tienen carretera.

La radio, televisión, correo y servicio de transporte local y foráneo son servicios que se mantienen en el municipio.

1.2.4. Actividad económica

1.2.4.1. Agricultura

El 60% de la población se dedica a producir maíz, lenteja, frijol, garbanzo y haba. En cuanto a fruticultura se tiene el durazno, limón, zapote, guayaba y naranja.

1.2.4.2. Ganadería

El 25% de la población se dedica a la cría de ganado bovino, porcino, caprino, caballo y aves.

1.2.4.3. Industria

El 2% de la población se emplea en fábricas de zapato y guaraches.

1.2.4.4. Turismo

El 3% de la población se dedica a esta actividad, ya que se cuenta con manantiales de aguas termales con temperaturas de 20 a 30° centígrados; una zona arqueológica y yácatas en Santa Fe.

1.2.4.5. Comercio

Se comercializa local y foráneo con Huandacareo, Coeneo, Zacapu, Zamora, pueblos circunvecinos y en el extranjero.

1.2.4.6. Servicios

Autotransporte local, foráneo y taxis.

1.2.4.7. Caza y pesca

Es muy poca la gente que se dedica a estas actividades, se considera el 2% de la población. Se lleva a cabo en los cerros y en las presas existentes en el municipio.

1.2.4.8. Explotación forestal y mineral

En este aspecto, el municipio de Huaniqueo tiene un porcentaje casi nulo.

CAPITULO II

METODOLOGIA

METODOLOGIA

2.1. DESCRIPCION GENERAL DE LAS METODOLOGIAS

Se realizara la revisión de dos principales metodologías, por un lado la metodología para el tratamiento de las aguas, y la metodología para la obtención de las concentraciones promedio.

En el transcurso de este capítulo se desarrollan los diferentes métodos de tratamiento de aguas residuales, y se analizan las diferencias entre los sistemas de tratamiento más comunes usados.

También se analizan las diferentes técnicas de campo para la obtención del muestreo, para su consecuente procesamiento de la información obtenida y la relación que existe entre los parámetros máximos permisibles para la descarga de agua según la NOM-001-Semarnat-1996.

Se obtienen los datos de las pruebas de calidad de agua de los efluentes provenientes de la comunidad de Huaniqueo, y se comparan con los límites máximos de descarga. También se mencionan los métodos utilizados para la obtención de muestras.

Los sistemas de tratamiento más usados comúnmente en lugares donde las aguas son provenientes de la comunidad únicamente y no contienen metales pesados u otro tipo de parámetros provenientes de industrias son generalmente: el tratamiento por medio de lodos activados convencionales y el tratamiento por medio de aereación extendida; estos procesos son más usados debido a la alta remoción de DBO que tienen estos métodos, y al espacio que utilizan en comparación con otros procesos, generalmente estos procesos se proponen cuando no se tiene la cantidad de terreno suficiente para desarrollar la planta de tratamiento, estos procesos son más costosos ya que requieren de grandes

cantidades de energía eléctrica.

2.2. PRETRATAMIENTOS Y TRATAMIENTOS PRIMARIOS

El proceso de pretratamiento de aguas residuales consiste en una remoción de los sólidos más pesados o de mayor tamaño que se extraen por medio de rejillas y esto puede ser removido mecánica o manualmente, dependiendo del tamaño de la planta de tratamiento y de la cantidad de sólidos con los que trabaja diariamente.

Según el libro *Sistemas Alternativos de Tratamiento y Lodos Producidos*, de CONAGUA. (1994). Posteriormente el agua que sale de las rejillas se conduce hacia el desarenador en donde se remueven gravas, arenas y otros sólidos pesados.

Los sistemas de pretratamiento más comunes se dividen generalmente en tres etapas: la primera el cribado, luego la desarenación y posteriormente el tratamiento primario.

El cribado según el libro de *Tratamiento de Aguas* de Ramalho (1983). Es un proceso empleado para la reducción de sólidos en suspensión de diversos tamaños por medio de rejillas de diferentes tamaños y aberturas que pueden oscilar entre los 4 y 9 cm, también es conocido como desbrozo y este es utilizado para la remoción de sólidos suspendidos de gran tamaño para evitar que dañen las bombas y otros equipos mecánicos.

El proceso de desarenación tiene como objetivo eliminar las partículas más pesadas que no fueron retenidas en el cribado, generalmente tienen un tamaño superior a 200 micras y se componen de arenas, cascaras, semillas, etc.

Existen 3 tipos de desarenadores: los de flujo horizontal, flujo vertical y de flujo

inducido.

Los desarenadores de flujo horizontal son utilizados generalmente en pequeñas poblaciones y consisten en un ensanchamiento del canal de pretratamiento provocando la reducción de la velocidad de flujo y por lo tanto provocando la decantación de las partículas; los de flujo vertical son tanques que tienen una velocidad en ascenso del agua provocando la decantación de las arenas; los desarenadores de flujo inducido son aquellos en los cuales se inyecta aire provocando una corriente en forma de espiral permitiendo la decantación de las arenas, la separación de la materia orgánica y la reducción de malos olores.

El tratamiento primario es el proceso en el cual se remueven los sólidos sedimentables y flotantes, así como la remoción de otros materiales flotantes como grasas y aceites que pueden ser removidos por medio de desnatadores localizados en la superficie del tanque. En este proceso puede ser removido hasta un 50% de los coliformes y las bacterias patógenas de las aguas residuales, pero existe el inconveniente de que solo un pequeño porcentaje de los virus presentes en las aguas domésticas según lo describe el libro *Sistemas Alternativos de Tratamiento de CONAGUA*. (1994).

2.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario es un sistema de tratamientos diversos que varían de acuerdo a las características del agua residual, por lo cual se deben de analizar los diferentes tipos de tratamiento para elegir el método correcto que proporcione los mejores resultados. En el proceso de tratamiento secundario se logra la remoción de virus y otros organismos patógenos de un 90 a 95% por lo cual en algunas ocasiones y dependiendo de la reutilización que se le vaya a dar al efluente tratado, así como del proceso de tratamiento que se utilizó, se puede

terminar el tratamiento de aguas cuando no es necesaria la potabilización; es decir cuando no se requiere del proceso de cloración, debido a un rehusó agrícola o al descargue en algún tipo de agua superficial. Además en este proceso se realiza la remoción de grasas y aceites, además de metales pesados en casos de influentes industriales.

Existen diversos tipos de tratamientos secundarios, algunos de los más conocidos y utilizados son:

- Infiltración
- Filtros percoladores
- Discos biológicos
- Lodos activados
- Sedimentación
- Aereación extendida
- Lagunas aeróbicas, anaeróbicas o facultativas
- Zanjas de oxidación
- Desinfección
- Lagunas aireadas mecánicamente
- Tratamiento en tierra

El sistema de tratamiento de lodos activados es el más común utilizado como tratamiento secundario ya que proporciona buenos resultados, por lo cual nos enfocaremos en el estudio de este proceso según datos del libro "Sistemas Alternativos de Tratamiento y Lodos Producidos" de CONAGUA. (1994). Este proceso tiene como objeto la remoción de materia orgánica dependiendo del DBO, el cual se logra por medio de la conversión biológica en presencia de oxígeno molecular, ya que los microorganismos en presencia de oxígeno y se alimentan de materia orgánica, por lo cual entre mas oxígeno exista en el tanque mas microorganismos existirán y mas materia orgánica tienen que consumir, dando como resultado CO_2 , H_2O y nuevas células de microorganismos de las cuales algunas son recirculadas y otras son removidos.

Un lodo activado es la combinación de microorganismos y agua residual, mediante este proceso de auto-oxidación conocido como respiración endógena, para lo cual el oxígeno es administrado por medio de aereadores mecánicos o por medio de difusores.

Otro proceso que es de gran importancia es el de aereación extendida, el cual consiste en una variante del proceso de lodos activados, pero con la diferencia de que este proceso incluye: altos tiempos de retención hidráulica, altas concentraciones de lodos, bajas relaciones alimento-microorganismos y alta edad de los lodos.

Según el libro de CONAGUA. (1994). Las características del proceso de aereación extendida son:

Eficiencia en la remoción de compuestos volátiles.

La adsorción de metales pesados.

La nitrificación de las aguas.

Los diferentes tipos de tratamiento secundarios más comunes mencionados anteriormente son diferenciados en las tablas siguientes, con el objetivo de encontrar el mejor tipo de tratamiento para el caso de Huaniqueo Michoacán.

Tabla #2 Comparativa de tratamientos secundarios (Lodos Activados).

LODOS ACTIVADOS	LODOS ALTA TASA	AEREACION EXTENDIDA
Tiene como objeto la remoción de la materia orgánica, en términos de DBO, de las aguas residuales.	Consiste en el empleo de bajos tiempos de retención hidráulica, altas concentraciones de lodos activados en el reactor, bajos valores de la edad de lodos y altas relaciones F/M.	Consiste en el empleo de altos tiempos de retención hidráulica, altas concentraciones de lodos activados en el reactor, altos valores en la edad de lodos y bajas relaciones F/M.
Los microorganismos logran la conversión biológica en presencia de oxígeno molecular	Proceso más económico que el proceso convencional pero con menos eficiencias en la remoción de DBO.	Eficiencia en la remoción de compuestos volátiles por desorción, adsorción de metales pesados en el lodo.
Producen CO ₂ , H ₂ O y nuevas células de microorganismos	Debido a sus bajos tiempos de retención hidráulica, el proceso de alta tasa es muy sensible a fluctuaciones en el caudal de aguas residuales.	La demanda de oxígeno es mayor que en el proceso de lodos activados, la generación de lodos es menor que en el proceso de lodos activados.

El oxígeno requerido se suministra por medio de aereadores mecánicos o por medio de difusores.	Problema frecuente en el proceso de alta tasa es una pobre sedimentabilidad de los lodos biológicos.	La ventaja es que los lodos producidos están casi totalmente digeridos y son relativamente fáciles de desaguar.
Remoción de DBO: 85 A 95% Remoción de N-NH ₃ : 10 a 20%	Remoción de DBO: 50 A 70% Remoción de N-NH ₃ : 5 a 10%	Remoción de DBO: 85 A 95% Remoción de N-NH ₃ : 50 a 90%
<ul style="list-style-type: none"> • Carga orgánica volumétrica: 25 a 50 • Tiempo de aeración: 4 a 8 hrs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Carga orgánica volumétrica: 50 a 125 • Tiempo de aeración: 2 a 4 hrs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Carga orgánica volumétrica: 5 a 10 • Tiempo de aeración: 18 a 36 hrs.
<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos suspendidos totales: 1,500 a 3,000. • Relación (F/M): .25 a .50 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos suspendidos totales: 3,000 a 5,000. • Relación (F/M): .4 a .8 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos suspendidos totales: 3,000 a 6,000. • Relación (F/M): .05 a .15
<ul style="list-style-type: none"> • Requerimientos de aire: 800 a 1,500. • Edad de lodos: 5 a 10 días 	<ul style="list-style-type: none"> • Requerimientos de aire: 800 a 1,200. • Edad de lodos: 2 a 5 días • Recirculación de .25 a .5 • Fracción volátil de los SST de .7 a .8 	<ul style="list-style-type: none"> • Requerimientos de aire: 3,000 a 4,000. • Edad de lodos: 20 a 40 días • Recirculación de .75 a 1.5 • Fracción volátil de los SST de .6 a .7
Produce problemas de olores, en caso de aereadores mecánicos posible formación de aerosoles y consumos altos de energía eléctrica.	Produce problemas de olores, en caso de aereadores mecánicos posible formación de aerosoles y consumos altos de energía eléctrica.	Produce problemas de olores, en caso de aereadores mecánicos posible formación de aerosoles y consumos altos de energía eléctrica.

Tabla #3 Comparativa de tratamientos secundarios (Lagunas).

LAGUNAS AEREADAS	LAGUNAS FACULTATIVAS	LAGUNAS ANAEROBICAS
Variante del proceso de lodos activados, con la diferencia de que no se emplea la recirculación de lodos, lo cual trae baja concentración de biomasa en el reactor (de 150 a 350 mg/l).	Este tipo de tratamiento consiste en una capa superior aeróbica, una capa inferior anaeróbica y una capa intermedia de transición	El agua residual entra cerca del fondo, esta se mezcla con la biomasa sedimentada (1.8m) el efluente se localiza en la parte superior y debe estar por debajo de la superficie del líquido.
Altos tiempos de retención (de 2 a 7 días), grandes volúmenes de los reactores por lo que resulta más económico construirlo en forma de lagunas con bordos de tierra	Bajos costos de operación, confiabilidad del proceso y bajos requerimientos de mano de obra calificada para su operación.	El exceso de grasa no digerida flota, formando una capa que impide que el calor se pierda y evita la entrada de aire

Son similares a las lagunas de estabilización, con la diferencia de que el oxígeno necesario para conservar el proceso de bio-oxidación es suministrado mecánicamente.	La generación de oxígeno está sujeta al ciclo diurno de insolación solar, presentándose altas concentraciones de oxígeno por el día y bajas por la noche.	Son relativamente profundas con taludes de bordos muy fuertes, además este proceso no requiere de circulación de lodos.
Debido a sus tiempos de retención, resiste favorablemente sobrecargas orgánicas y/o hidráulicas.	Carga hidráulica: 1.5 a 4.4 (l/seg-Ha) Temperatura optima del agua: 20°C	Carga hidráulica: 1.5 a 4.4 (l/seg-Ha) Temperatura optima del agua: 20°C
Remoción de DBO: 60 a 90% Remoción de DQO: 70 a 90% Remoción de SS: 70 a 90%	Remoción de DBO: 80 a 95% Remoción de coliformes: >99 Remoción de SS: 25 a 50%	Remoción de DBO: 80 a 95% Remoción de coliformes: >99
Profundidad: 1.8 a 3.6 m Requerimiento de oxígeno: 0.7 a 1.4 veces la DBO removida	Profundidad: 1.8 a 2.4 m Tiempo de retención hidráulico: 7 a 30 días Área de cada laguna: 1 a 4 Ha	Profundidad: 2 a 6 m Tiempo de retención hidráulico: 7 a 30 días Área de cada laguna: 1 a 4 Ha
Riesgo de contaminación de los acuíferos por infiltración, en cuyo caso es necesario el empleo de impermeabilizantes en el fondo y en los bordos de las lagunas.	Requerimientos extensiones considerables de terreno (de 1 a 4 Hs. Se emplean en caso de que no haya riesgo de contaminación a los acuíferos, es decir cuando haya suelos impermeables o semipermeables.	Puede causar olores, contaminación del agua subterránea a menos de que las lagunas se impermeabilicen, son operadas por flujos de agua por gravedad
Altos consumos de energía	No consume energía de fuentes externas.	No consume energía, solo en el caso de bombeo para alimentar el agua residual.

Tabla #3 Comparativa de tratamientos secundarios (Zanjas de Oxidacion, Filtros Biológicos y Discos Biológicos).

ZANJAS DE OXIDACION	FILTROS BIOLÓGICOS	DISCOS BIOLÓGICOS
Es un proceso de tratamiento biológico de lodos activado, comúnmente operado como un proceso de aereacion extendida, la cual consiste en un canal en forma de circuito cerrado de .9 a 1.8m de profundidad.	En este proceso el agua residual se deja escurrir sobre un filtro empacado con piedra o con algún medio sintético, en la superficie del medio se desarrollan crecimientos biológicos que bio-oxidán los contaminantes orgánicos	Formados de discos de plástico, sujetos a una flecha horizontal, los discos se colocan dentro de los tanques de tal forma que quede el 40% sumergido, los discos rotan lentamente para que los microorganismos se adhieran
Tiene paredes de 45° de pendiente y aereadores mecánicos, localizados en uno o varios puntos a lo ancho de la zanja.	El efluente es colectado al fondo del filtro, la biomasa no es arrastrada en el efluente por lo tanto no es necesaria la recirculación de lodos.	El uso de medios densos en el primer paso puede causar taponamiento, la nitrificación puede causar deficiencia en alcalinidad

“ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA, ENTRE UN SISTEMA LAGUNAR Y PROCESO DE AEREACION”. CASO DE ESTUDIO: HUANIQUEO DE MORALES MICHOACAN.

El efluente comúnmente cribado, trituración o desarenación entra a la zanja y es aereado por cepillos horizontales, o aereadores tipo disco y circula a una velocidad de .3 a .6 m/seg.	El exceso de lodos es arrastrado por el efluente por lo cual se instalan sedimentadores secundarios para su recolección.	La confiabilidad mecánica del sistema es generalmente alta, siempre y cuando el primer paso haya sido diseñado para soportar una biomasa grande.
Los aereadores crean un mezcla lo cual provoca la recirculación del agua en la zanja y una transferencia de oxígeno.	El agua es alimentada en la parte superior por medio de brazos giratorios con orificios y difusores para una distribución uniforme del agua.	El proceso puede ser vulnerable a cambios climatológicos y a temperaturas bajas si el sistema no está bajo techo o cubierto.
Remoción de DBO: 92 a 94% Remoción de nitrógeno amoniacal: 40 a 80% Remoción de SS: 93 a 94%	Remoción de DBO: varía dependiendo del tipo de filtro desde 40 hasta 85%	Remoción de DBO: 80-90% Sólidos suspendidos: 80 a 90%
<ul style="list-style-type: none"> Profundidad: 0.9 a 1.8 m Tiempo de retención en el canal de aereación: 1 día Edad de lodos: 10 a 33 días.	<ul style="list-style-type: none"> Profundidad: varía dependiendo del tipo de filtro desde .9 hasta 9m 	la eficiencia del sistema puede disminuir a temperaturas menores de 13°C, puede requerir aereación si se desarrollan condiciones sépticas
Impacto ambiental con respecto a olores y contaminación del aire.	En los filtros de roca de baja tasa se presentan problemas de olores y moscas	Impacto ambiental con respecto a olores si se desarrollan condiciones sépticas
El consumo de energía se puede estimar en base al flujo de agua, requerimiento de oxígeno por DBO removida y eficiencia de transferencia de oxígeno.	El único consumo de energía es el de bombeo de las aguas para la alimentación adecuada del filtro.	Los requerimientos de energía para la operación del sistema pueden ser altos.

*Tablas elaboradas Elaborado con datos obtenidos: CONAGUA. (1994). Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos. pág. 35 a 65.

Los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales, deben ser analizados a fondo, para una correcta elección de la mejor alternativa de tratamiento. Para esto se deben de comparar cada uno de los sistemas de tratamiento conocidos o aquellos que son más usados en la zona de construcción o de acuerdo con las características del lugar.

Se debe identificar de qué tipo de aguas residuales es el efluente, es decir en el caso de la planta de tratamiento de Huaniqueo, se tienen aguas residuales municipales o domesticas, según los estudios de calidad de agua realizados. Posteriormente se debe de identificar si el agua residual es de alta, media o baja

carga orgánica, para obtener una mejor identificación del tipo de tratamiento más adecuado.

También es de gran importancia comparar la remoción de materia orgánica carbonosa de los diferentes sistemas de tratamiento, ya que la correcta elección nos permitirá estar dentro de los límites permisibles de descarga. Otro de los factores de gran importancia que se debe de tomar en cuenta son los límites de área para la construcción de la planta de tratamiento, ya que en muchas ocasiones se puede tener una gran cantidad de espacio a utilizar, pero muchas veces no se puede disponer de este espacio para lo cual se deben de buscar otras alternativas de tratamiento.

Tabla #4 Aplicación de los sistemas de tratamiento

SISTEMA DE TRATAMIENTO	FUNCIÓN	APLICACIÓN
LODOS ACTIVADOS	Remoción de materia orgánica carbonosa (85-95%)	Tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Debido a la alta capacidad para remoción de DBO ₅ , es recomendable para tratamiento de aguas con alta carga orgánica.
LAGUNAS AEREADAS	Remoción de materia orgánica carbonosa (80-90%)	Tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Debido a la alta capacidad para remoción de DBO ₅ , y amortiguar cargas choque, se recomienda para tratamiento de aguas con alta carga orgánica. Requiere de mayor área que el de lodos activados.
FILTROS BIOLÓGICOS	Remoción de materia orgánica carbonosa (75-85%)	Tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Se recomiendan diferentes modos de operación dependiendo de las características del agua. Cuando el agua contiene alta carga orgánica se recomienda la recirculación del efluente.

PRIMARIO AVANZADO	Remoción de sólidos suspendidos y de la materia orgánica (30-50%)	Tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Se pueden remover más del 90% de los sólidos suspendidos. Debido a su limitada capacidad, como único tratamiento, para remover materia orgánica, se recomienda en casos de agua con baja carga orgánica.
LAGUNAS DE ESTABILIZACION	Remoción de sólidos suspendidos y de la materia orgánica (30-70%)	Tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Se pueden remover más del 90% de los sólidos suspendidos. Debido a la superficie requerida, son adecuados cuando no existe limitación de terreno.
WETLAND	Remoción de materia orgánica y nutrientes (80-95%)	Tratamiento de aguas municipales residuales como un sistema dual o a nivel pulimento. Debido a la cantidad de superficie requerida, son adecuados para caudales relativamente pequeños (pequeñas comunidades) y para zonas rurales que disponen de suficiente área para su construcción.

Tabla elaborada Elaborado con datos de: Morales, G. Servín, C. Montesillo, J. Escalante V. Rivas A. (2002). Aplicación de Costos Índice de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. IMTA. México. Pág. 3.

Nota: Aguas residuales de alta carga orgánica: cuando la DBO_5 es alrededor de 400 mg/l.

Aguas residuales de media carga orgánica: cuando la DBO_5 es alrededor de 220 mg/l.

Aguas residuales de baja carga orgánica: cuando la DBO_5 es alrededor de 110 mg/l.

2.4 Trenes de Tratamiento.

Otro aspecto importante de los sistemas de tratamiento son los trenes de tratamiento, para los cuales se combinan una serie de procesos para la correcta remoción de materia orgánica y estabilización de las aguas residuales.

Estos trenes de tratamiento tienen el objetivo de lograr un mejor resultado que con un solo tipo de tratamiento, es decir existen infinitas variantes de procesos que pueden ser modificados hasta lograr el objetivo que se tiene.

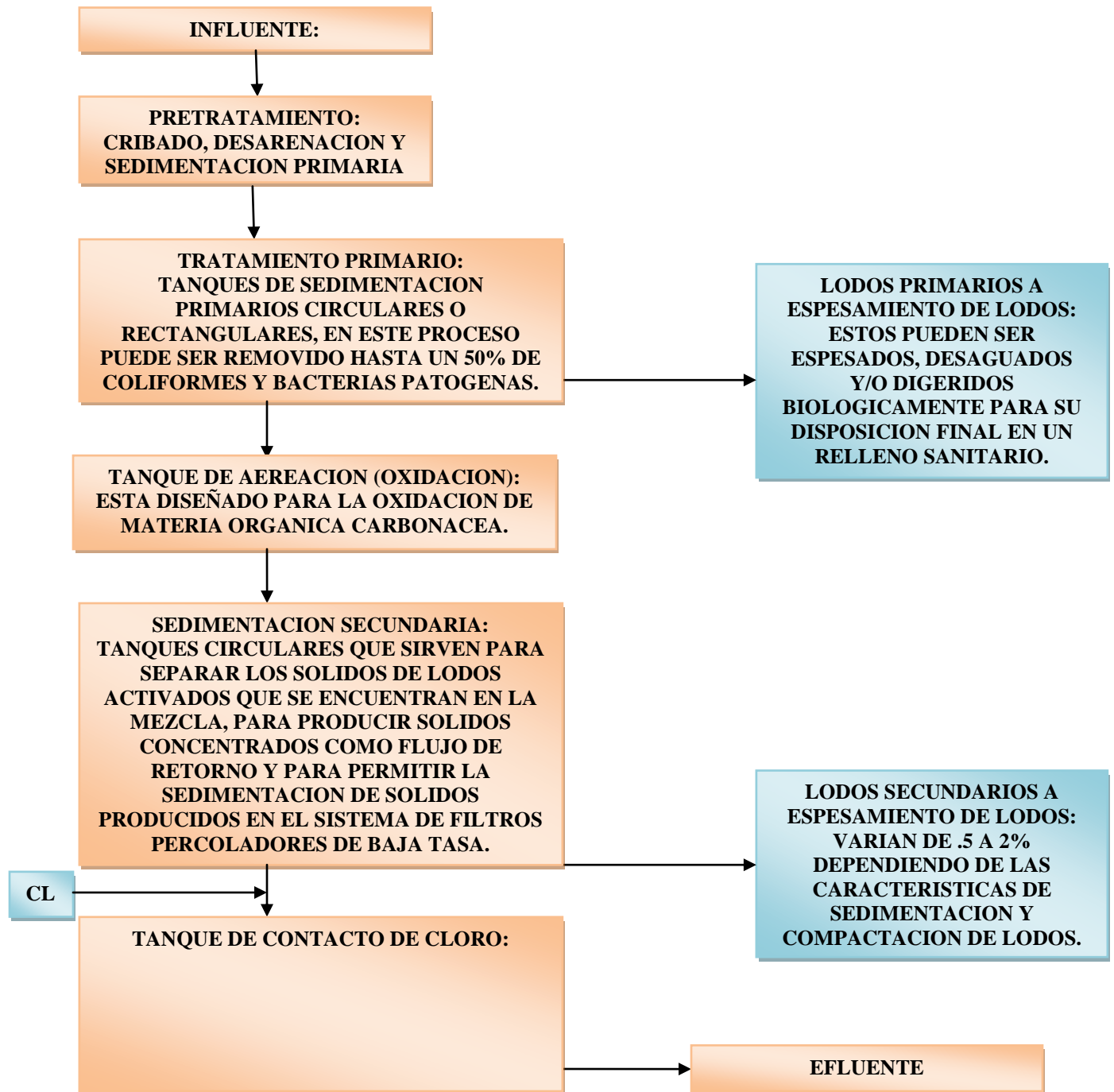


Diagrama #1. TREN DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL. Elaborado con datos obtenidos: CONAGUA. (1994). *Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos.*

Para el logro de una calidad de agua aceptable se debe de realizar un proceso de trenes de tratamiento adecuado al influente de aguas residuales, para

lo cual los trenes de tratamiento se clasifican en 11 niveles, en base a la calidad de agua que se requiera lograr, para el caso de del municipio de Huaniqueo Michoacán, se tienen 3 influentes de aguas residuales, sin embargo cada uno de estos proviene de aguas utilizadas únicamente para uso domestico, por lo cual, el nivel de trenes de tratamiento en este caso solo llega hasta el nivel # 3, por lo cual se describen a continuación:

Según el libro de CONAGUA. (1994). Se describen los tres niveles más importantes de la remoción de aguas residuales domesticas.

2.5 Niveles de Tratamiento.

2.5.1 Nivel de tratamiento 1

Este nivel es un nivel mínimo de tratamiento para las aguas residuales ya que se trata de aguas provenientes del uso domestico, por lo cual el grado de contaminación del agua no es lo suficientemente alta para la aplicación de otros tratamientos, por lo cual es recomendable solo usar un pretratamiento, a base de cribado, desarenación, remoción de grasas y aceites, homogeneización, etc. Además de un tratamiento primario a base de tanques de sedimentación primarios, que pueden ser circulares o rectangulares y además como agente desinfectante se puede utilizar el cloro en algunas ocasiones.

2.5.2 Nivel de tratamiento 2

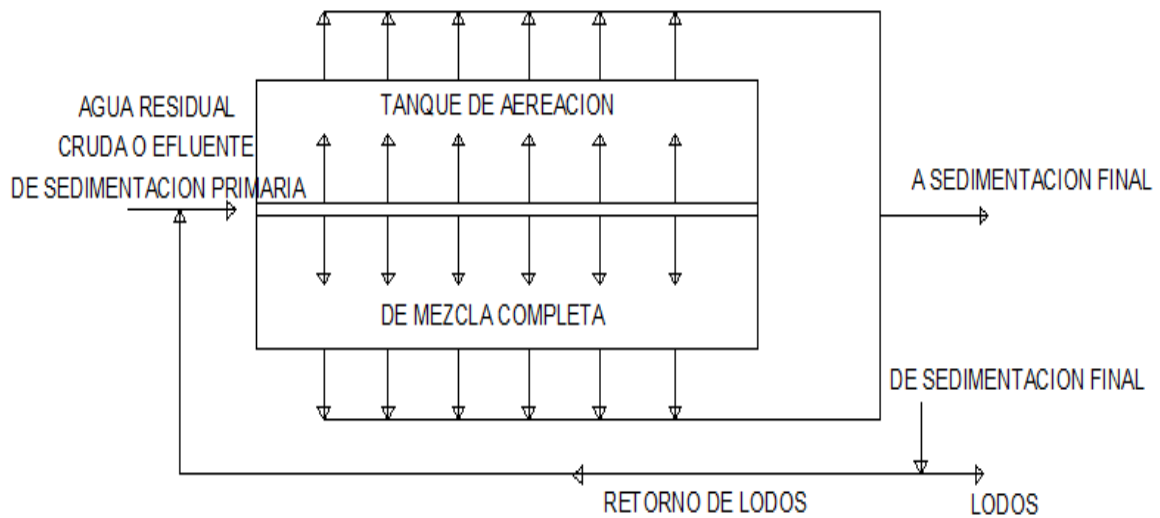
En este nivel se realizan los pasos del nivel de tratamiento 1, pero con la diferencia de que a este nivel se le adiciona un tratamiento biológico a base de lodos activados, filtros biológicos, discos biológicos, lagunas aereadas, lagunas anaerobias, lagunas facultativas, zanjas de oxidación, entre otras. En este proceso se utiliza la recirculación de lodos y desinfección mediante el empleo de cloro.

2.5.3 Nivel de tratamiento 3

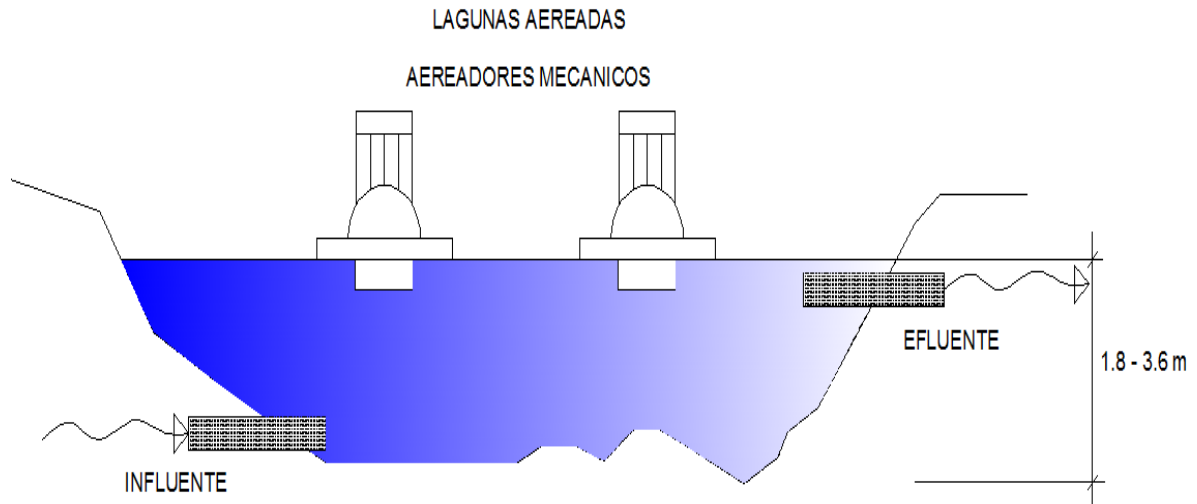
El nivel de tratamiento #3 es más avanzado que los dos anteriores niveles,

ya que además del pretratamiento, del tratamiento primario y del tratamiento biológico, se deben de realizar sistemas de tratamiento con lodos activados con nitrificación, discos biológicos y aereación extendida. Por medio de este tratamiento se logra una mayor oxidación orgánica carbonacea ya que después del tratamiento primario se coloca un tanque de aereación, además de la recirculación de lodos en el reactor y una desinfección a base de un tanque cloro.

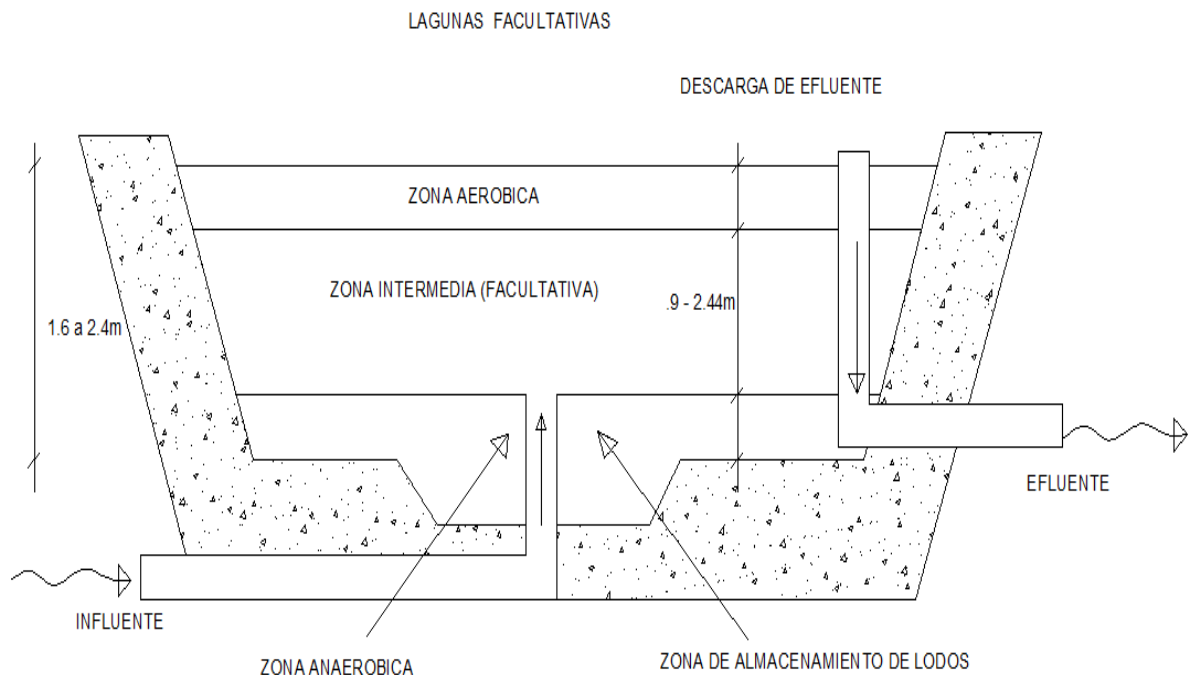
A continuación se presentan los esquemas del funcionamiento que presentan algunas de las plantas de tratamiento de aguas residuales más comúnmente usadas debido a su eficiencia.



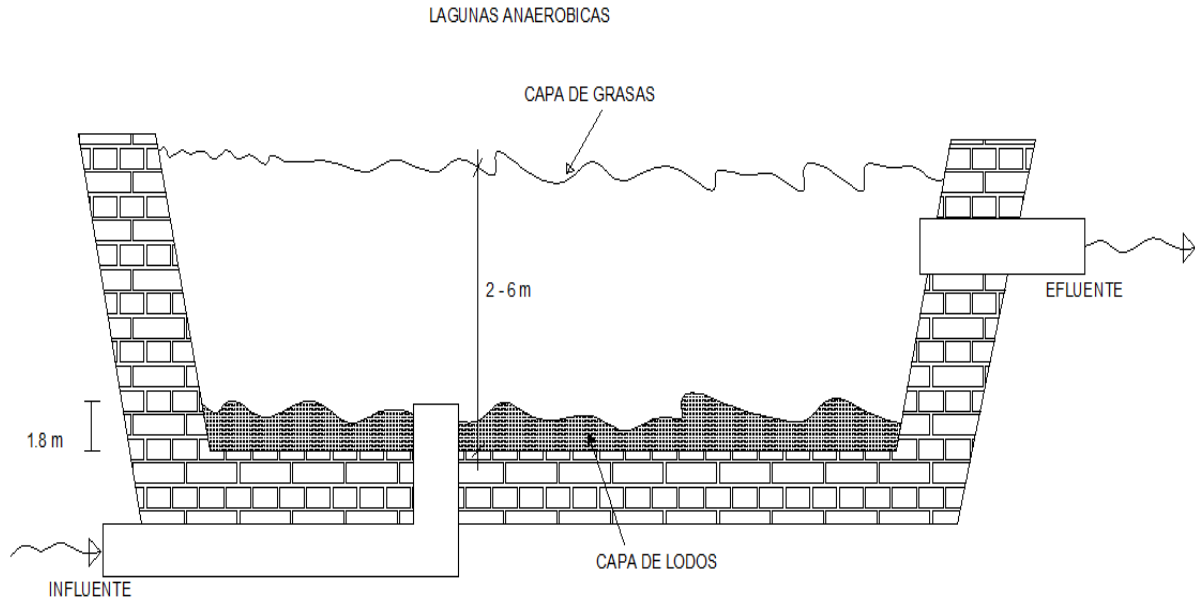
Esquema #1 Proceso de tratamiento por medio de Lodos Activados Alta Tasa. Realizado en AutoCAD 2009 Elaborado con datos obtenidos de: CONAGUA. (1994). *Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos*. Pág. 259.



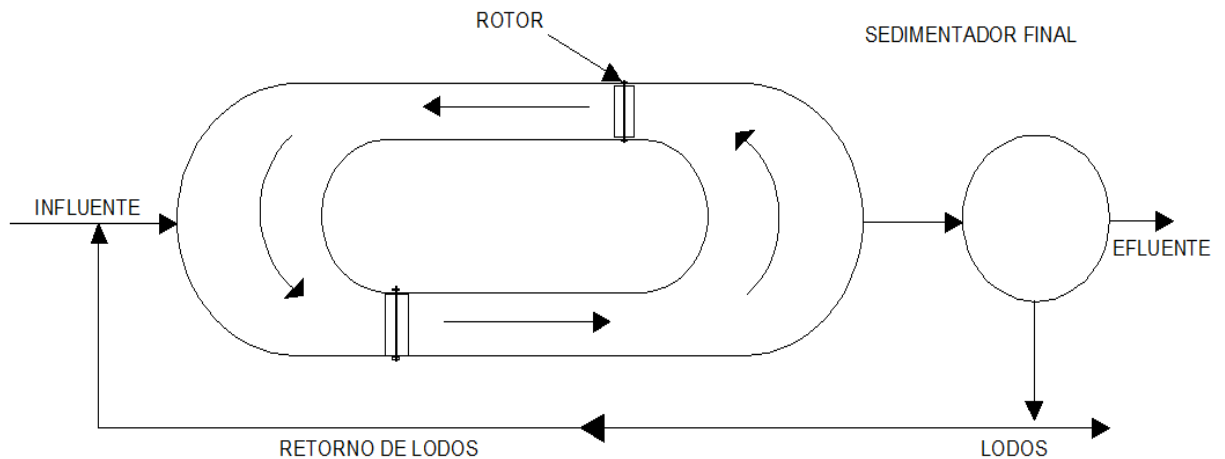
Esquema #2 Proceso de tratamiento por medio de Lagunas Aereadas. Realizado en AutoCAD 2009 Elaborado con datos obtenidos de: CONAGUA. (1994). *Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos*. Pág. 260.



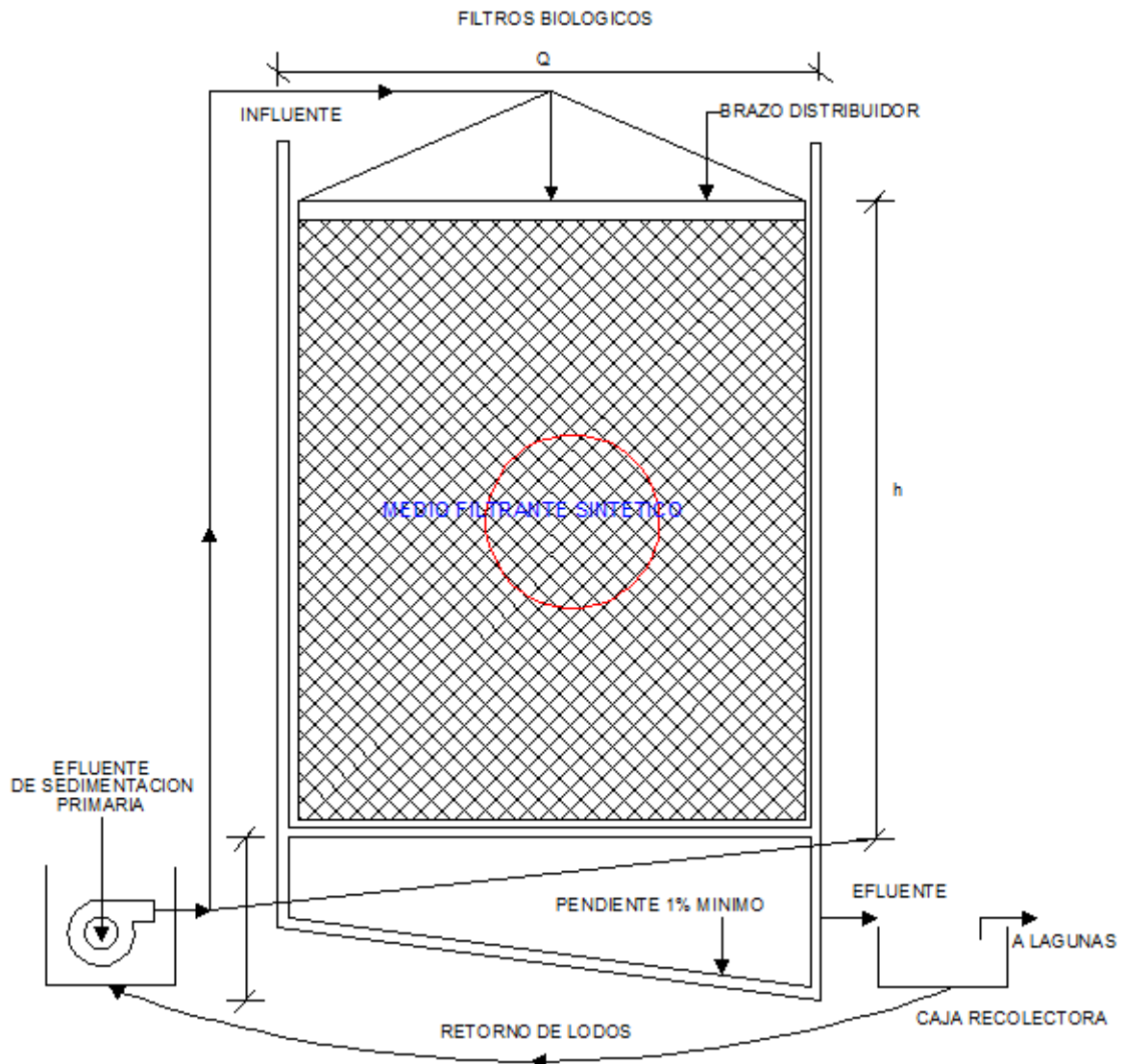
Esquema #3 Proceso de tratamiento por medio de Lagunas Facultativas. Realizado en AutoCAD 2009 Elaborado con datos obtenidos de: CONAGUA. (1994). *Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos*. Pág. 262.



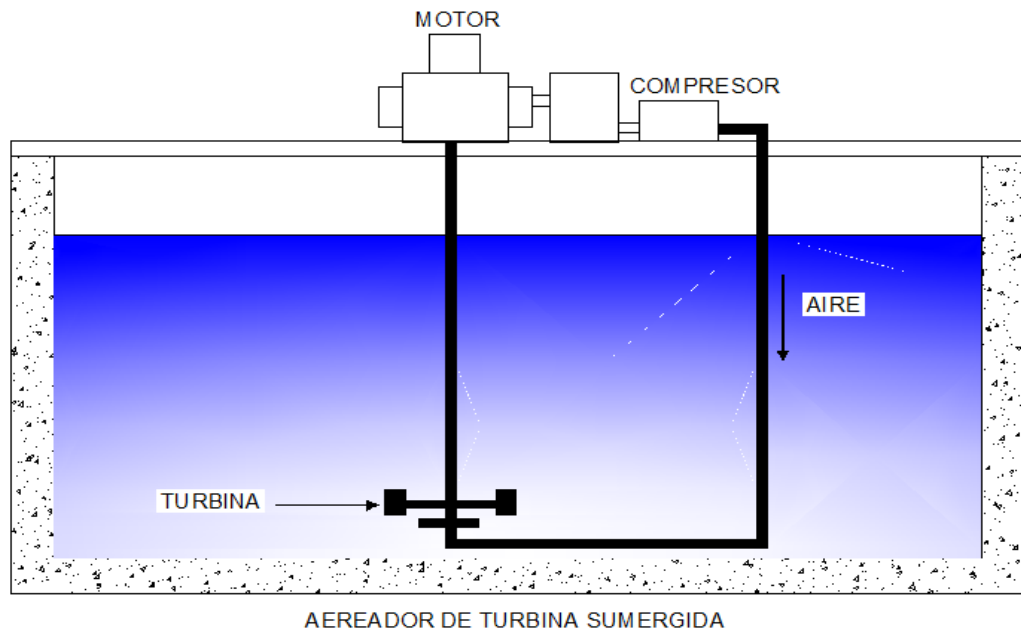
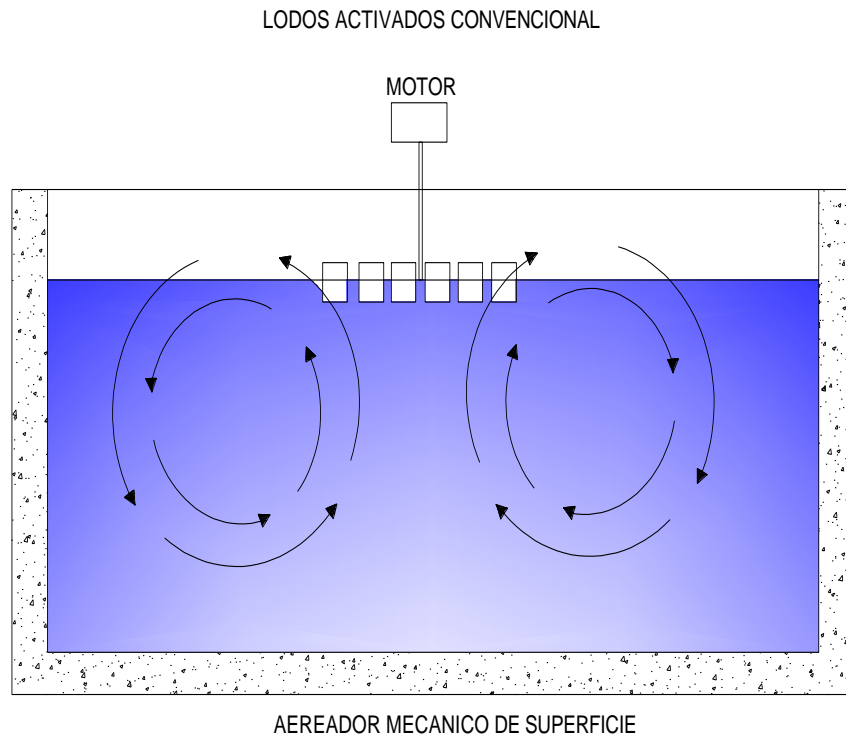
Esquema #4 Proceso de tratamiento por medio de Lagunas Anaeróbicas. Realizado en AutoCAD 2009 Elaborado con datos obtenidos de: CONAGUA. (1994). *Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos*. Pág. 263.



Esquema #5 Proceso de tratamiento por medio de Zanjas de Oxidación. Realizado en AutoCAD 2009 Elaborado con datos obtenidos de: CONAGUA. (1994). *Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos*. Pág. 264.



Esquema #6 Proceso de tratamiento por medio de Filtros Biológicos. Realizado en AutoCAD 2009 Elaborado con datos obtenidos de: CONAGUA. (1994). *Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos*. Pág. 265.



Esquema #7 Proceso de tratamiento por medio de Lodos Activados Convencional con aeradores mecánicos. Realizado en AutoCAD 2009 Elaborado con datos obtenidos de: CONAGUA. (1994). *Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos*. Pág. 258.

2.6.- Límites máximos de descarga para los parámetros de aguas residuales

Para la correcta descarga de aguas residuales, se debe de conocer el tipo de rehusó que se le dará al agua después de la limpieza y remoción de los contaminantes. La NOM-001-SEMARNAT-1996, nos marca los límites permisibles que deben de tener los diferentes parámetros; un parámetro según la NOM-001-SEMARNAT-1996. “Es una variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua”.

Esta norma nos marca que para la descarga de agua en riego agrícola, es permisible un huevo de helminto por cada litro de agua para riego no restringido y de 5 huevos por litro para riego restringido. Así como el límite máximo permisible de descarga en cuanto a coliformes fecales es de 1000 y 2000 como número más probable por cada 100ml para el promedio mensual y diario, para la descarga de vertido en riego agrícola.

Los diferentes tipos de rehusó son clasificados de acuerdo al libro de CONAGUA. (1994). Pág.109. en la cual se muestran los diferentes tipos de rehusó:

Agrícola

Para productos que se consumen crudos: el agua renovada usada para el riego de cultivos destinados al consumo humano de productos que se consumen crudos.

Para productos que se consumen cocidos o procesados: el agua renovada usada para el riego agrícola de comestibles que se consumen cocidos o procesados.

Industrial

Para enfriamiento: el agua renovada usada por plantas generadoras de energía eléctrica y otras industrias, e intercambiadores de calor sobre la base de un solo paso.

Para procesos: el agua renovada incorporada en los procesos producidos.

Para servicios: el agua renovada usada para el riego de pastos y arbustos.

Recreativos

Con contacto directo: el agua renovada en la que el ser humano estará en contacto prolongado con ella.

Sin contacto directo: el agua renovada en la que el ser humano entra en contacto solo ocasionalmente y por periodos de tiempo limitados.

Municipal

Para riego de áreas verdes: el agua renovada usada para el riego de pastos y arbustos.

Para limpieza de calles e hidrantes: el agua renovada usada para el riego de calles y automóviles.

Acuicultura

Para cultivos y especies de interés comercial: el agua no deberá tener tóxicos que afecten a los peces o a otros organismos acuáticos.

Para cultivos de especies de interés ecológico: la calidad del agua deberá poder soportar el crecimiento y la prolongación de peces de agua caliente y fría.

Recarga de acuíferos

Por infiltración superficial: el agua debe ser apta para consumo humano, procesamiento de alimentos y usos domésticos.

Por inyección directa: agua de calidad equiparable al agua subterránea cruda, que es apta para consumo humano, procesamiento de alimentos y uso doméstico.

Intercambio

Sectorial: agua de intercambio sectorial de un uso para otro uso.

Regional: el agua deberá tener la calidad requerida para el uso que se le tenga destinada.

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BASICOS																					
PARAMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RIOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)		
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano(C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)				
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.			P.M.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	
Sólidos Sedimentables (m/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2	
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125	
Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150	
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	

Tabla # 5: Límites máximos permisibles de descarga para contaminantes básicos. Obtención: Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL. (1996). Que establece los límites máximos permisibles de Contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México.pag.10.Instantáneo (2) muestra simple promedio pondera (3) ausente según el método de prueba definido en la NMX-AA-006. P.D.= promedio diario; P.M.= promedio mensual; N.A.= no es aplicable. (A), (B) y (C): Tipo de cuerpo receptor según la Ley Federal de Derechos.

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BASICOS																				
PARAMETROS (*) (miligramos por litro)	RIOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano(C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)			
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.		
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.5	0.1	0.1	0.2
Cianuro	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4.0	6.0
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0,01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.005	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	5	10	0.2	0.2
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

Tabla # 6: Límites máximos permisibles de descarga para metales pesados y cianuros. Obtención: Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL. (1996). Que establece los límites máximos permisibles de Contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México.pag.11.

(*) Medidos de manera total. P.D.= promedio diario; P.M.= promedio mensual; N.A.= no es aplicable. (A), (B) y (C): Tipo de cuerpo receptor según la Ley Federal de Derechos.

CAPITULO III

APLICACIÓN DE LOS

MODELOS

MATEMÁTICOS

APLICACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS

3.1. Alternativas

Se realizó el desarrollo del modelo numérico cada una de las opciones, el lagunaje y la Aereación.

Dicho modelo numérico se llevo a cabo con la resolución de las ecuaciones para los procesos biológicos por el método de la falsa posición (método de falsi) dejando todo en función del tiempo de retención celular (del que dependen todos los parámetros cinéticos de crecimiento biológico y el cual se considera como el tiempo medio que permanece la célula en el proceso), y estableciendo dos condiciones fronteras para el mismo; así como de una herramienta computacional como lo es el lenguaje de programación qbasic, buscando tener con ello una mayor comprensión de los elementos básicos de dicha planta, y con ello presentar una alternativa más para el rescate de nuestros recursos naturales, tal y como los el agua.

El reactor de lodos activados (aerador) se considero como un reactor de mezcla completa con recirculación celular, el cual se puede calcular en función de la carga másica (alta carga, convencional, aereación prolongada).

El modelo se encuentra estructurado por:

Tratamiento primario:

- 1.- Rejas.
- 2.- Desarenador.

Tratamiento secundario:

- 1.- Tratamiento biológico.
- 2.-Sedimentación secundaria
- 3 - Cloración.

Tratamiento biológico:

Alternativa I.

I. Tren de agua.

1. Pretratamiento.
2. Cárcamo de agua residual
3. Tanque de aeración
4. Sedimentador secundario, tipo vertical.
5. Tanque de cloración.

II. Manejo y disposición de lodos

1. Cárcamo de recirculación de lodos secundarios
2. Digestor aerobio - Espesador.
3. Lechos de secado.

Alternativa II.

- 1.- Laguna anaerobia
- 2.- Laguna facultativa
- 3.- Laguna de maduración.

Es muy importante que los datos sean lo más apegado a la realidad, para poder obtener así un resultado más real de los elementos de la planta.

Se obtuvo la topografía, mediante un levantamiento de la zona con estación total, y mediante el procedimiento de coordenadas, utilizando una estación marca Sokkia, modelo 630 RK.

En el presente trabajo se diseña una planta de tratamiento de aguas residuales llevando en consideración lo siguiente:

3.2. Datos Básicos de Proyecto

CÁLCULO DE LA POBLACION DE PROYECTO

LOCALIDAD : HUANIQUEO DE MORALES

MUNICIPIO : HUANIQUEO MICH

CÁLCULO DE LA POBLACION DE PROYECTO

CALCULO DE LA POBLACION ACTUAL (AÑO 2008) DE LA LOCALIDAD DE HUANIQUEO MPIO, DE HUANIQUEO MICH.

POBLACION PROYECTO	=	(TOTAL DE VIVIENDAS)(INDICE DE HACINAMIENTO)
TOTAL DE VIVIENDAS	=	(TOTAL DE ACOMETIDAS DE LA LOCALIDAD + TOTAL DE VIVIENDAS DE LA LOCALIDAD)/2
INDICE DE HACINAMIENTO	=	DATO DE INEGI
INDICE DE HACINAMIENTO	=	3.64 DEL AÑO 2000
TOTAL DE VIVIENDAS	=	638 = 638 VIV.
POBLACION ACTUAL 2003	=	3.64*638 = 2322 HAB.

1.- METODO ARITMETICO

EN ESTE METODO SE CONSIDERA QUE EL INCREMENTO DE POBLACION ES CONSTANTE Y CONSISTE EN OBTENER EL PROMEDIO ANUAL EN AÑOS ANTERIORES Y APLICARLOS AL FUTURO EN BASE A LAS FORMULAS SIGUIENTES :

$$P_f = P_a + I_N$$

DONDE :

P_f = POBLACIÓN FUTURAP_a = POBLACIÓN ACTUALI = INCREMENTO PROMEDIO : $\sum I_D / n_D$

$$I_D = (P_D - P_{(D-1)}) / N$$

DONDE :

I_D = INCREMENTO DECENALP_D = POBLACION DE CADA DECENAP_(D-1) = POBLACION DE LA DECENA ANTERIORN = AÑOS TRANSCURRIDOS DESDE P_D Y P_(D-1)

Tabla # 7: Datos estadísticos

No.	AÑO	POBLACION	INCREMENTO
1	1980	1747	
2	1990	3302	155.50
3	2000	2721	-58.10
4	2005	2320	-80.20
5	2008	2322	0.77
			17.97

$$I = 4.493333333$$

APLICANDO LA FORMULA DE $P_f = P_a + I_N$

AÑO PARA EL CALCULO DE LA POBLACION FUTURA :

	2,008	
	2,009	
	2,010	
	2,015	
	2,029	
P2008 =	2,333	HAB.
P2009 =	2,338	HAB.
P2010 =	2,342	HAB.
P2015 =	2,365	HAB.
P2029 =	2,428	HAB.

2.- METODO GEOMETRICO:

EL PRINCIPIO EN QUE SE BASA ESTE METODO ES EL DE CONSIDERAR QUE LA POBLACION TENDRA UN INCREMENTO ANALOGO, AL QUE SIGUE UN CAPITAL AUMENTADO EN SUS INTERESES, ESTO SIGUIENDO LA FORMULA DE INTERES COMPUESTO EN EL QUE EL REDITO ES EL FACTOR DE CRECIMIENTO.

$$P_f = P_a (1 + r)^n$$

DONDE :

P_f = POBLACION FUTURA

P_a = POBLACION ACTUAL

r = TAZA DE CRECIMIENTO

n = AÑOS TRANSCURRIDOS

$$(1 + r) = (P_D / (P_{(D-1)}))^{(1/n)}$$

DONDE :

P_D = POBLACION DE CADA DECENA

P_(D-1) = POBLACION DE LA DECENA ANTERIOR

n = AÑOS TRANSCURRIDOS DESDE P_D Y P_(D-1)

Tabla # 8: Aplicación del método Geométrico

No.	AÑO	POBLACION	(1 + r)
1	1980	1,747	
2	1990	3,302	1.06573
3	2000	2,721	0.98083
4	2005	2,320	0.96862
5	2008	2,322	1.00033
			4.0155

$$(1 + r)_{\text{PROM}} = 1.00387899$$

APLICANDO LA FORMULA DE $P_f = P_a (1 + r)^n$

AÑO PARA EL CALCULO DE LA POBLACION FUTURA:

2,008

2,009

2,010

2,015

2,029

P2008 = 2,322 HAB.

P2009 = 2,331 HAB.

P2010 = 2,340 HAB.

P2015 = 2,386 HAB.

P2029 = 2,519 HAB.

3.- METODO DEL MINIMO CUADRADO

SUSTITUYENDO EN LA FORMULA DEL METODO ARITMETICO; $P_i = P_a + I_N$, LO SIGUIENTE :

$$\begin{aligned} Y_c &= P_i; \\ a &= I; \\ X &= N; \\ b &= P_a \end{aligned}$$

OBTENEMOS :

$$Y_c = b + ax$$

QUE ES LA FUNCION DE REGRECION LINEAL, PARA LA LINEA RECTA, DONDE TENEMOS LAS SIGUIENTES ECUACIONES NORMALES :

$$\begin{aligned} \sum Y_o &= a \sum X_o + nb \\ \sum X_o Y_o &= a \sum X_o^2 + b \sum X_o \end{aligned}$$

RESOLVIENDO LAS ECUACIONES PARA "a" Y "b" OBTENEMOS LAS SIGUIENTES FORMULAS :

$$a = (n \sum X_o Y_o - \sum X_o \sum Y_o) / (n \sum Y_o^2 - \sum X_o^2)$$

$$b = ((\sum Y_o) / n) - ((\sum X_o) / n) a$$

APLICANDO LO ANTERIOR :

Tabla # 9: Aplicación del Método de Mínimo Cuadrado

No.	AÑO 1960	POBLACION (Yo)	Xo	Xo ²	Xo Yo
1	1980	1,747	20	400	34,940
2	1990	3,302	30	900	99,060
3	2000	2,721	40	1,600	108,840
4	2005	2,320	45	2,025	104,400
5	2008	2,322	48	2,304	111,471
SUMA :		12,412	183	7,229	458,711

SUSTITUYENDO EN LAS ECUACIONES DE "a" Y "b" :

$$\begin{aligned} a &= 8.3216 \\ b &= 2,177.8925 \end{aligned}$$

SUSTITUYENDO EN LA ECUACION $Y_c = b + ax$

DONDE Y_c = NUMERO DE AÑOS A PROYECTAR :

2,008
2,009
2,010
2,015
2,029

P2008 = 2,577 HAB.
P2009 = 2,586 HAB.
P2010 = 2,594 HAB.
P2015 = 2,636 HAB.
P2029 = 2,752 HAB.

4.- METODO DE LA CURVA EXPONENCIAL.

SUSTITUYENDO EN LA FORMULA DEL METODO GEOMETRICO; $P_t = P_a + (1 - r)^{nt}$, LO SIGUIENTE :

$$\begin{aligned} a &= P_a \\ b &= (1 + r) : \\ Y &= P_t; \\ t &= N \end{aligned}$$

OBTENEMOS :

$$Y = a b^t$$

QUE ES LA FORMULA DE REGRESION LINEAL, PARA LA CURVA EXPONENCIAL, DONDE TENEMOS LAS SIGUIENTES ECUACIONES NORMALES :

$$\begin{aligned} \sum \log Y_o &= n \log a + \log \sum b \sum t \\ \sum t \log Y_o &= \log a \sum t + \log b \sum t^2 \end{aligned}$$

RESOLVIENDO LAS ECUACIONES PARA "log a" Y "log b" OBTENEMOS LAS SIGUIENTES FORMULAS :

$$\log b = (n \sum t \log Y_o - \sum t \sum \log Y_o) / (n \sum t^2 - \sum t^2)$$

$$\log a = ((\sum \log Y_o) / n) - ((\sum t) / n) \log b$$

APLICANDO LO ANTERIOR :

Tabla # 10: Aplicación del Método de la Curva Exponencial

No.	AÑO 1960	POBLACION (Yo)	log Yo	t	t ²	t log Yo
1	1980	1,747	3.242293	20	400	64.845858
2	1990	3,302	3.518777	30	900	105.563312
3	2000	2,721	3.434729	40	1,600	137.389142
4	2005	2,320	3.365488	45	2,025	151.446959
5	2008	2,322	3.365922	48	2,304	161.564259
SUMA :		12,412	16.927209	183	7,229	620.809530

SUSTITUYENDO EN LAS ECUACIONES DE "log a" Y "log b" :

$$\begin{aligned} \log a &= 0.002398 & a &= 1.005536 \\ \log b &= 3.297683 & b &= 1,984.64685 \end{aligned}$$

SUSTITUYENDO EN LA ECUACION $Y = a b^t$

DONDE Y = NUMERO DE AÑOS A PROYECTAR :

2,008
2,009
2,010
2,015
2,029

P2008 = 2,587 HAB.
P2009 = 2,601 HAB.
P2010 = 2,616 HAB.
P2015 = 2,689 HAB.
P2029 = 2,905 HAB.

Tabla # 11: Resumen de los métodos aplicados

METODOS UTILIZADOS	A N O S				
	2,008	2,009	2,010	2,015	2,029
1.- METODO ARITMETICO	2,333	2,338	2,342	2,365	2,428
2.- METODO GEOMETRICO:	2,322	2,331	2,340	2,386	2,519
3.- METODO DEL MINIMO CUADRADO	2,577	2,586	2,594	2,636	2,752
4.- METODO DE LA CURVA EXPONENCIAL.	2,587	2,601	2,616	2,689	2,905
SUMA :	9,820	9,856	9,892	10,075	10,604
PROMEDIO :	2,455	2,464	2,473	2,519	2,651
POB. PROY.	2,455	2,464	2,473	2,519	2,651

Tabla # 12: Obtención de la tasa promedio de crecimiento

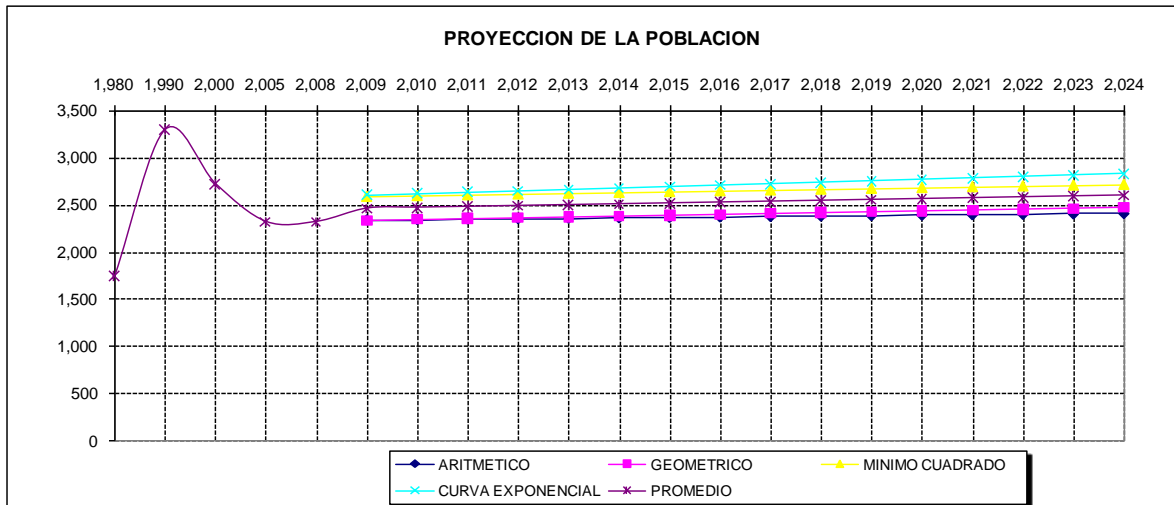
No.	AÑO	NUMERO DE AÑOS CENSALES	POBLACION (HAB)	CRECIMIENTO EN EL PERIODO	TASA DE CRECIMIENTO DE POBLACION (ANUAL)
1	1,980		1,747		
2	1,990	10	3,302	1,555	89%
3	2,000	10	2,721	581	-18%
4	2,005	5	2,320	401	-15%
5	2,008	3	2,322	2	0%
6	2,008	-	2,455	133	6%
7	2,009	1	2,464	9	0%
8	2,010	1	2,473	9	0%
9	2,015	5	2,519	46	2%
10	2,029	14	2,651	132	5%
SUMA :		49			65%

TASA PROMEDIO DE CRECIMIENTO : 1.33% EN 39 AÑOS

Tabla # 13: Proyección de la población

No.	AÑO	METODO				PROMEDIO	
		ARITMETICO	GEOMETRICO	MINIMO CUADRADO	CURVA EXPONENCIAL		
	1,980					1,747	<- INEGI
	1,990					3,302	<- INEGI
	2,000					2,721	<- INEGI
	2,005					2,320	<- INEGI
	2,008					2,322	VER NOTA AL
1	2,009	2,338	2,331	2,586	2,601	2,464	FINAL
2	2,010	2,342	2,340	2,594	2,616	2,473	
3	2,011	2,347	2,349	2,602	2,630	2,482	
4	2,012	2,351	2,359	2,611	2,645	2,491	
5	2,013	2,356	2,368	2,619	2,659	2,500	
6	2,014	2,360	2,377	2,627	2,674	2,510	
7	2,015	2,365	2,386	2,636	2,689	2,519	
8	2,016	2,369	2,395	2,644	2,704	2,528	
9	2,017	2,374	2,405	2,652	2,719	2,537	
10	2,018	2,378	2,414	2,661	2,734	2,547	
11	2,019	2,383	2,423	2,669	2,749	2,556	
12	2,020	2,387	2,433	2,677	2,764	2,565	
13	2,021	2,392	2,442	2,686	2,779	2,575	
14	2,022	2,396	2,452	2,694	2,795	2,584	
15	2,023	2,401	2,461	2,702	2,810	2,594	
16	2,024	2,405	2,471	2,710	2,826	2,603	
17	2,025	2,410	2,480	2,719	2,841	2,613	
18	2,026	2,414	2,490	2,727	2,857	2,622	
19	2,027	2,419	2,500	2,735	2,873	2,632	
20	2,028	2,423	2,509	2,744	2,889	2,641	
21	2,029	2,428	2,519	2,752	2,905	2,651	

POBLACION PROYECTO : 2,651 HABITANTES PARA EL AÑO 2029



Grafica # 2: Proyección de la población

Ref: Elaboración propia del proyecto.

Datos de calidad de agua.

Estos se obtuvieron mediante un muestreo compuesto, tomándose varias muestras a lo largo del día, y mediante la ponderación del gasto, se obtuvieron las concentraciones promedio, para cada uno de las 5 descargas evaluadas.

Estos se encuentran en el área de anexos, para su verificación.

Ref: Elaboración propia del proyecto.

Lagunas

Para el diseño dimensional de las estructuras de los componentes del tren lagunar (lagunas de estabilización) se utilizó el método de Yáñez según las recomendaciones de la CNA.

Para establecer el arreglo dimensional en la distribución de las lagunas, se revisó primeramente las dimensiones de los predios destinados para ello. Como se estila en la práctica normalmente el tren lagunar para este tipo de procesos es lineal, en este caso, se contó con un terreno en forma alargada y se elaboraron varios esquemas de distribución lagunar, para optimizar el terreno y buscar el arreglo más conveniente para las lagunas.

Adicional a la forma de los predios para definir el arreglo final de las lagunas se tomó en cuenta las características del terreno como son; topografía, tipo de terreno y punto de descarga del agua tratada.

Los criterios establecidos para el arreglo dimensional dependieron también

del diseño hidráulico. Como primer paso se hizo el análisis de los tipos de tubería que pueden ser empleados.

Tuberías propuestas para conducción ínter lagunar.

Como parte del análisis técnico y económico de la obra para la tubería que conectará las lagunas, se evaluaron las ventajas y desventajas de colocar tubería de Acero o PVC, en el siguiente cuadro.

La finalidad proponer aquella que garantice el mejor funcionamiento del tren de tratamiento de aguas residuales y con el costo más bajo, ventajas y desventajas se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla # 14 Ventajas y desventajas de tubería de acero y PVC.

Acero		Tubería de (PVC)	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Mayor resistencia a presión externa.	Menor resistencia a la agresividad de suelos con sulfatos.	Mayor resistencia a la agresividad de suelos con sulfatos.	Baja resistencia a presión externa, sin embargo, en los bordos no habrá tránsito continuo.
No requiere de cuidados especiales en la transportación y/o almacenamiento.	Se oxida al contacto con la humedad.	No le afecta la humedad a la intemperie ni enterrado.	Se requiere de equipo especial para unir tubos y piezas especiales. En la transportación se requiere de cuidado de los tubos y en el apilamiento y/o almacenamiento.
Su resistencia en presión interna es mayor que el polietileno.	Su costo por metro lineal es del doble del PVC.	Su costo por metro lineal es la mitad del de acero.	La resistencia a presión interna es menor que el acero aun cuando existen varios calibres de tubos. Para este caso se puede utilizar.
Su vida útil depende de la agresividad del agua y del terreno.	En tramos largos se requiere de equipo especial para manejo, colocación y traslado de tubos.	Su manejo en la instalación se puede hacer con personal (tubos de bajo peso)	Se requiere de mayor cuidado en la transportación de tubos y en el apilamiento y/o almacenamiento.

Acero		Tubería de (PVC)	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Se adhiere al concreto cuando el tubo queda ahogado evitando filtraciones perimetrales.	A la intemperie requiere de protección anticorrosiva para aumentar su vida útil.	A la intemperie no requiere de protección especial.	No es adherible al concreto y se requiere de material adicional para evitar filtraciones entre tubo y concreto.
	Para cambios de dirección mínimos se requiere de piezas especiales.	Tiene mayor flexibilidad para cambios de dirección sin utilización de piezas especiales.	
	El óxido generado al interior del tubo provoca aumento en el coeficiente de fricción y por lo tanto la reducción de área hidráulica.	Se mantiene constante su coeficiente de fricción en tanto no existan azolves en el tubo o incrustaciones.	

3.3. Metodología para arreglo de conjunto de tren lagunar y alturas de lagunas

En este apartado, explicare como se llevara a cabo la metodología, para los dos tipos de arreglo, arreglo Lagunar y lodos activados

3.4 Arreglo lagunar

La distribución de las lagunas en el predio destinado para ello, se realizó tomando en consideración lo siguiente:

La superficie que resulta del diseño y los volúmenes calculados en función al tiempo de retención y la calidad de agua esperada en el efluente.

- La superficie disponible para el emplazamiento de las lagunas.
- La geometría del terreno propuesto.
- La utilización del menor espacio posible.
- La menor distancia de desplazamiento de agua entre lagunas, para cada tren lagunar.
- La llegada del emisor (línea de influente) a la PTAR.
- La salida de la línea de efluente de la PTAR y el punto de descarga.
- La pendiente del terreno.
- La ubicación de las estructuras auxiliares; caseta de vigilancia, edificios

“ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA, ENTRE UN SISTEMA LAGUNAR Y PROCESO DE AERACION”. CASO DE ESTUDIO: HUANIQUEO DE MORALES MICHOACAN.

administrativos, laboratorios, vialidades y andadores.

Tomando en cuenta los puntos antes mencionados se propusieron arreglos distintos para el sembrado de las lagunas, con gasto medio de 7 l/s para cada una.

El tren lagunar incluye dos lagunas anaerobias, una facultativa y cuatro de maduración que no asegura la calidad de agua tratada respecto a coliformes fecales (menos de 1,000 NMP/100 ml) se cumple con la exigencia de la Norma NOM-SEMARNAT-001/96.

Cálculo de los volúmenes de los lodos y periodo de limpieza.

Volumen de los lodos y periodo de limpieza de las lagunas anaerobias.

El volumen de los lodos se calcula en base de la población servida en el final del periodo económico y la tasa de acumulación de lodos, m³/hab/año.

$$W \text{ lodos} = 6,270 * 0.04 = 250.80 \text{ m}^3/\text{año}.$$

Las lagunas anaerobias deben limpiarse (dragarse) cuando un tercio del volumen está ocupado por lodos, el periodo de limpieza N se define por la fórmula.

$$N = V / (3 * P * S), \text{ años}; \quad N = 853 / (3 * 6,270 * 0.04) = 1.13 \text{ años}$$

Donde:

V = volumen de la laguna anaerobia (m³).

P = población servida (hab).

S = tasa de acumulación de lodos (m³/hab/año).

La limpieza de cada laguna anaerobia deberá realizarse después de 1.13 años de su puesta en operación (debido a que funcionan las dos lagunas en paralelo la limpieza debe realizarse aproximadamente en 2.26 años), en la remoción de lodos es recomendable utilizar draga hasta unos centímetros antes del fondo de la laguna, teniendo especial cuidado con los taludes para evitar que se rompa la geomembrana, siendo de vital importancia el cuidado de esta.

Aereación extendida

La planta de tratamiento seleccionada es la de lodos activados del tipo aeración extendida, en este tipo de plantas cuenta con dos trenes de tratamiento, el primero es el de agua que es el tren principal del tratamiento biológico y el segundo y no menos importante es el tren de lodos, los trenes de tratamiento se describen a continuación:

Tren de agua.

El agua a tratar es recibida en el pretratamiento el cual sirve para la eliminación de arenas, plásticos y sólidos de mayor tamaño, posteriormente el agua

entra al cárcamo y bombeada al reactor biológico (tanque de oxidación ó tanque de aeración), posteriormente pasa al sedimentador secundario y finalmente se envía al tanque de cloración, para su desinfección.

Tren de lodos.

El sistema tiene tren de lodos, en este caso los lodos formados en el reactor biológico son enviados al sedimentador secundario donde se separan el agua y los lodos, de este componente los lodos se envían nuevamente al reactor por bombeo (recirculación de lodos) y los lodos de exceso serán enviados al digestor de lodos, una vez digeridos los lodos son enviados al espesador, de esta última estructura los lodos serán recirculados al digestor y luego los lodos de desecho enviados a los lechos de secado para su deshidratado y posteriormente enviados a su disposición final al relleno sanitario.

A continuación se realiza una descripción detallada de la planta de tratamiento de aguas residuales de lodos activados.

3.5. Lodos Activados.

I. Tren de agua.

1. Pretratamiento.

Como se dijo anteriormente la función de esta estructura es la eliminación de materiales gruesos, así como de los materiales inorgánicos (arenas).

Se ubica donde termina el colector sanitario, se compone dos rejillas y dos canales desarenadores, los cuales tienen la capacidad suficiente para recibir el caudal de agua total, ya que mientras se encuentra un canal en operación el segundo se le da mantenimiento ó limpieza del mismo.

Para alternar los desarenadores se contempló la instalación de dos placas de acero, incrustados sobre los canales de llegada del flujo.

Las rejillas se diseñaron para retener sólidos gruesos, con dimensiones mayores de 25 mm y desarenador para sólidos inorgánicos (arena) con diámetros mayores de 0.20 mm, ésta con objeto de evitar su entrada al cárcamo y a los componentes de la planta (tanque de oxidación).

Los desarenadores se diseñaron para acumular la arena de dos días, la cama de arena será hasta de 9 cm..

2. Cárcamo de agua residual

Representa un tanque de concreto con forma rectangular, con dimensiones de 2.00 x 1.00 m (largo-ancho) y profundidad de 2.07 m, el tirante sería de 0.80 m de

los cuales la altura de sumergencia sería de 0.32 m.

El flujo entra al cárcamo después de que haya pasado por el pretratamiento (rejillas y desarenadores).

Están propuestas dos bombas sumergibles, una funcional y otra de reserva de 1 HP, y el flujo se bombeará por tubería de 50.80 mm (2") hacia el tanque de aeración.

3. Tanque de aeración.

Este es el elemento más importante en la planta, en el tanque se realiza la oxidación de la materia orgánica y desarrollo de bacterias con la ayuda de las cuales se obtienen flóculos que pueden ser separados en el sedimentador secundario.

El tanque de oxidación es un elemento construido de concreto reforzado de forma rectangular con dimensiones de 8.80 m de longitud y 4.40 m de ancho con tirante de agua de 3.00 m, en los cuales se lleva a cabo la degradación orgánica, que consiste en colocar en íntimo contacto el lodo floculento que se produce en las aguas residuales por acción del crecimiento de poblaciones heterogéneas de microorganismos, en presencia de oxígeno en el agua a tratar; los flóculos de lodo activado están constituidos por una masa fundamentalmente mucilaginoso sobre la que viven bacterias y protozoarios, las impurezas orgánicas que contiene el agua residual son absorbidas por estos microorganismos y se transforman en masa floculada bioactiva. Dado que el agua residual principalmente contiene materia orgánica en forma coloidal, la transformación mencionada convierte estas sustancias no precipitables en flóculos que pueden sedimentarse.

La unidad se alimentaría por tubo de 50.80 mm (2") de diámetro proveniente del cárcamo. El flujo entra en la caja de llegada del tanque de oxidación ubicada en la parte superior del muro lateral del tanque. El control para el gasto que entra al tanque de oxidación será mediante un vertedor.

A la caja de alimentación, llega también tubería de 50.8 mm (2") por la cual se realizará la recirculación de lodos.

La salida del agua será por medio de una caja de salida ubicada en el lado opuesto de la entrada, el flujo de agua será controlada mediante un vertedor, al fondo de la caja se instalará una tubería de 101.6 mm (4") de diámetro.

El diseño del tanque de aeración se realizó en base de la cinética del agua residual a tratar, utilizando los resultados de la calidad del agua residual elegida, los valores de los coeficientes cinéticos, la concentración de SSV en el reactor y la calidad de agua tratada que se pretende obtener.

Se realizó el diseño que corresponde al de aeración extendida con TRH de 17.52 horas.

Se calculó la cantidad de lodos para el balance de sólidos y se determinaron los parámetros y dimensiones de los componentes de tratamiento de lodos.

Los detalles de la estructura se pueden ver en el plano PTAR-YOR-E-9.

4. Sedimentador secundario, tipo vertical.

La unidad de sedimentación secundaria es una estructura de concreto cuadrada que tendrá largo y ancho de 4.40 m y tirante de 3.70 m, se alimentará por un tubo de acero de 101.6 mm (4") de diámetro que viene del tanque de oxidación y en la zona central se interconecta a un tubo de 304 mm (12") para disminuir la velocidad del flujo y de esta manera no perturbar los lodos que se encuentran en la estructura. En la parte superior se tendrá un canal que es por donde saldrá el flujo hacia el tanque de cloración, se tendrá un vertedor para el paso del agua y una mampara de natas. Las natas se recolectaran y retiraran manualmente. La tubería de salida del flujo de agua será de acero de 101.6 mm (4") de diámetro que va al tanque de cloración.

Los criterios de diseño del sedimentador secundario fueron: carga hidráulica superficial de 12.05 m³/m²/día a gasto medio más recirculación y una carga de 32.00 m³/m²/d para gasto máximo más recirculación, tomando en cuenta que el sedimentador secundario recibe la carga del tanque de aereación en el presente caso con aereación extendida. Con las dimensiones obtenidas se revisaron las cargas de sólidos y las cargas hidráulicas de los vertedores y se comprobó que están dentro de los rangos, las dimensiones del sedimentador secundario se determinaron con base en las cargas hidráulicas superficiales.

El fondo del Sedimentador es de forma cónica (cono truncado) para permitir la concentración de lodos en el fondo, dichos lodos se extraerán por medio de bombeo con una tubería de 101.6 mm (4"). La descripción del cárcamo de lodos se da más adelante.

5. Tanque de cloración.

En esta estructura con forma rectangular se desinfecta el agua, su propósito es el de recibir el agua tratada del sedimentador secundario y del cloro, para ponerlos en contacto y de esta manera desinfectar el agua. El tanque tiene dimensiones de 1.60 x 1.50 m y tirante de agua de 1.50 m, este volumen permitirá dar el tiempo necesario al cloro para que reaccione. La entrada del flujo de agua sedimentada es por medio de la tubería de acero el cual vierte el agua al equipo de cloración, que funciona con pastillas sólidas con 63% de concentración de cloro, para dirigirse a la salida del tanque una tubería de PVC de 6"; el flujo pasará por gravedad hacia el

tanque de bombeo de riego de áreas verdes.

II. Manejo y disposición de lodos

1. Cárcamo de recirculación de lodos secundarios.

Su función es la extracción de lodos del sedimentador y enviarlo al siguiente proceso, recirculación ó desecho.

En este caso se diseñó un cárcamo seco, esto significa que la succión de los equipos de bombeo, se realiza directamente del fondo del sedimentador por medio de una tubería de 101.6 mm (4") de diámetro y se bombea como recirculación al tanque de oxidación o el excedente se envía al digestor de lodos, en ambos casos por tubería de 50.8 mm (2").

2. Digestor aerobio - Espesador.

Su función es la de estabilizar los lodos en condiciones aeróbicas, en presencia de oxígeno, su suministro sería por medio de un aerador sumergible de 2 HP.

Este tanque está dividido en dos secciones, la primera es el digestor y la segunda es el espesador, las unidades están separadas únicamente por un muro.

El tanque es rectangular con una longitud total a muros interiores de 4.30 m de largo por 2.15 m de ancho con una profundidad total de 3.40 m y tirante de 2.40 m, la zona correspondiente al digestor tiene una longitud de 2.15 m de largo por 2.15 m de ancho, la zona de espesamiento esta dividida en dos compartimentos cuadrados de 1.00 por 1.00 m, en el interior la división entre el digestor y los espesadores, así como de los espesadores es por medio de un muro de concreto de 15 cm ancho.

La alimentación de los digestores se haría por bombeo por tubería de acero de 50.8 mm (2") con entrada arriba del espejo de los lodos y la salida se realizaría por medio de dos orificios de 20 x 20 cm ubicados en el fondo del digestor.

Una vez digerido el lodo este será enviado a los espesadores a través de estos orificios controlados con una compuerta (una para cada espesador) instalada

en el fondo del digestor.

El lodo se extraerá por medio de una bomba horizontal de 0.75 HP que se interconectara al fondo de cada uno de los espesadores, y el lodo será enviado a los lechos de secado para su deshidratado.

El sobrenadante se recogerá por medio de una canaleta interconectada en ambos espesadores en la cual se tiene una tubería de 152.4 mm (6") de diámetro y se enviará al pretratamiento, pasando por los lechos de secado. Los lodos que se dirigen a deshidratación se envía por medio de una tubería de 101.6 mm (4") de diámetro, controla con válvulas a los lechos de secado.

El digestor cuenta con un aireador sumergible de 2HP, montado sobre el fondo del tanque.

Los detalles de la estructura se pueden ver en el plano PTAR-YOR-E-9.

3. Lechos de secado.

El propósito de los lechos de secado es la deshidratación de los lodos.

Son dos estructuras rectangulares de 5.00 m de largo por 2.00 m de ancho con una profundidad de 1.15 m, las cuales están construidas con mantos de arena soportados por un manto de grava el cual se instala en el fondo de la estructura, en donde se recolecta el agua de la deshidratación de los lodos.

Se diseñaron tres lechos de secado, de los cuales uno recibe los lodos frescos que se envían para su deshidratación, en el momento que este lecho se encuentre a toda su capacidad (altura de lodos hasta 0.30 m), la alimentación se cambia al segundo elemento; en el momento que se han deshidratado los lodos en el primer elemento se procede a su eliminación y el lecho que en espera de su alimentación, lo cual ocurrirá cuando el segundo elemento se encuentre a toda su capacidad.

El flujo de agua filtrada regresa al pretratamiento por medio de una tubería de PVC-6".

Sistema de bombeo de lodos espesados y digeridos.

Se instalarán dos bombas horizontales en el sitio donde se ubican también las bombas de recirculación de lodos secundarios.

Recibe los lodos del espesador; y los retorna al digestor aerobio ó en caso de que se tengan lodos de desecho los mismos se envían a los lechos de secado.

Los detalles de la estructura se pueden ver en el plano PTAR-YOR-E-9.

Diseño funcional

Utilizando los criterios de diseño se determinaron las dimensiones físicas de cada uno de los componentes de la planta.

Se anexan los dos modelos numéricos para su análisis y revisión en Excel.

Primeramente se analizaran **las lagunas**:

MEMORIA DE CALCULO

DISEÑO

DISEÑO DEFINITIVO DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION POR EL METODO DE YAÑEZ
 PARA DE LA LOCALIDAD DE HUANIQUEO, MPIO HUANIQUEO, MICH
 (UN MODULO DE 6.50 l/seg)

DATOS DE DISEÑO - DIMENSIONES NECESARIAS PARA UN MODULO

DATOS DE PROYECTO:

TERMINOS	NOMENCLATURA	VALORES	UNIDADES
GASTO MEDIO	Q med.	6.50	561.60 (m3/d)
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO		220.00 (mg/l)
COLIFORMES FECALES	No,Ni		1.00E+07 NMP/100 ml
TEMPERATURA DE DISEÑO	T _d		12.8 (oC)
TEMP. AMBIENTE DURANTE P. TRATABILIDAD	T		20.00 ° C
TASA DE EVAPORACION NETA	e		3 (mm/d)
COLIFORMES FECALES EN EL EFLUENTE <1000	Ne		1000 (NMP/100 ml)
PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA ANAEROBIA	Z1		4.5 (m)
PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA FACULTATIVA	Z2		1.8 (m)
PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA DE MADURACION	Z3		1.5 (m)
ANCHO DE LA LAGUNA FACULTATIVA	W		36.38 (m)
LARGO DE LA LAGUNA FACULTATIVA	L		134.43 (m)
ANCHO DE LA LAGUNA MADURACION 1	Wm1		17.30 (m)
LARGO DE LA LAGUNA MADURACION 1	Lm1		79.75 (m)
ANCHO DE LA LAGUNA MADURACION 2	Wm2		17.30 (m)
LARGO DE LA LAGUNA MADURACION 2	Lm2		79.75 (m)
ANCHO DE LA LAGUNA MADURACION 3	Wm3		17.30 (m)
LARGO DE LA LAGUNA MADURACION 3	Lm3		79.75 (m)
ANCHO DE LA LAGUNA MADURACION 4	Wm4		17.30 (m)
LARGO DE LA LAGUNA MADURACION 4	Lm4		79.75 (m)
TIEMPO DE RESIDENCIA MADURACION 1	TRHm1		3.1 dias
TIEMPO DE RESIDENCIA MADURACION 2	TRHm2		3.1 dias
TIEMPO DE RESIDENCIA MADURACION 3	TRHm3		3.1 dias
TIEMPO DE RESIDENCIA MADURACION 4	TRHm4		3.1 dias

a) LAGUNAS ANAEROBIAS

FORMULAS	VALORES	UNIDADES
CARGA VOLUMETRICA	CV = 20T-100	156 g/m3d
VOLUMEN	Va = ((DBO x Qmed)/Cv)	792 m3
TIEMPO DE RESIDENCIA HIDRAULICO	TRHa = Va/Qmed	1.41 d
AREA	Aan = Va/Z1	176.00 m2
ANCHO	W	10.28 m
LARGO	L	20.55 m
RELACION LARGO/ANCHO	X1	2.0000
% DE REMOCION DE DBO PARA LA EST. MAS FRIA	R=2T+20	46 %
PARA LA ESTACION CALIDA DE 20 ° C		60 %
DBO EN EL EFLUENTE PARA LA ESTACION MAS FRIA	R DBO = (%R*DBO)	121 mg/l
DBO EN EL EFLUENTE PARA LA ESTACION MAS CALIDA	R DBO = (%R*DBO)	88 mg/l

DIMENSIONES PARA CONSTRUCCION CON BORDO LIBRE

DE 0.50 m Y TALUDES DE 2:1 PARA LADO LARGO Y 1:1 PARA EL ANCHO.

LARGO ENTRE LAS CORONAS	22.60 m
ANCHO ENTRE LAS CORONAS	10.30 m

b) LAGUNAS FACULTATIVAS

CARGA SUPERFICIAL	$C_{sf}=250(1.085)^{(T-20)}$	138.95 Kg/(Ha-d)
CARGA ORGANICA	$C.O.=Q \cdot RDBO$	67.95 kg/d
AREA DE LA LAGUNA	$A_f=((C.O.)/CS) \cdot 10000$	4890.65 m ²
ANCHO DE LA LAGUNA	$W =$	36.38 m.
LARGO DE LA LAGUNA	$L =$	134.43 m.
RELACION LARGO / ANCHO	$X = L / W$	3.6950
DISPERSION	$d = X / (-0.26118 + 0.25392X + 1.0135X^2)$	0.2546
COEFICIENTE DE DECAIMIENTO (C.F.)	$K_b = 0.841(1.075)^{T_d-20}$	0.50
VOLUMEN	$V_f = W \cdot L \cdot Z^2$	8803 m ³ .
TIEMPO DE RESIDENCIA HIDRAULICA	$TRH_f = V / Q_{med}$	15.68 d.
COEFICIENTE a ₁ (C.F.)	$a_1 = \text{SQRT}(1+4K_bTRH_d)$	2.996
COLIF. FEC. EN EL EFLUENTE	$N_f/N_o = (4a_1e^{-(1-a_1)/2d}) / (1+a_1)^2$	0.0148911
COLIF. FEC. EN EL TIEMPO i DEL EXPERIMENTO	$N_f = N_o \cdot N_f N_o$	1.49E+05 NMP/100 ml
COEFICIENTE DE REMOCION DE DBO		0.44
DBO EN EL INFLUENTE DE L. ANAEROBIA		121
DBO EN EL EFLUENTE DE LA LAGUNA FACULTATIVA		54 mg/l

DIMENSIONES PARA CONSTRUCCIÓN CON BORDO LIBRE

DE 0.60 m Y TALUDES DE 2:1		
LARGO ENTRE LAS CORONAS		142.10 m
ANCHO ENTRE LAS CORONAS		40.10 m

c) LAGUNA DE MADURACION 1

ANCHO DE LA LAGUNA	$W_{m1} =$	17.30 m.
LARGO DE LA LAGUNA	$L_{m1} =$	79.75 m.
RELACION LARGO / ANCHO	$X = L_{m1} / W_{m1}$	4.55
VOLUMEN	$V = TRH_{m1} \times Q_{med}$	1740.96 m ³ .
AREA	$A = V / Z^3$	1160.64 m ²
DISPERSION	$d = X / (-0.26118 + 0.25392X + 1.0135X^2)$	0.2080
COEFICIENTE DE DECAIMIENTO	$K_b = 0.841(1.075)^{T_d-20}$	0.50
COEFICIENTE "a ₂ " PARA LA LAGUNA	$a_2 = \text{SQRT}(1+4K_bTRH_d)$	1.513
COLIFORMES FECALIS EN EL EFLUENTE	$N_f/N_o = (4a_2e^{-(1-a_2)/2d}) / (1+a_2)^2$	0.279340
COLIF. FEC. EN EL TIEMPO i DEL EXPERIMENTO	$N_f = N_o \cdot N_f N_o \quad *1$	41596.82 NMP/100 ml
COEFICIENTE DE REMOCION DE DBO		0.0824
COEFICIENTE a PARA DBO	$a = \text{SQRT}(1+4K_dTRH_d)$	1.101
DBO EN EL INFLUENTE DE L. MADURACION 1		54
DBO EN EL EFLUENTE EN L. MADURACION 1	$N_f = N_o \cdot 0.75$	40 mg/l

DIMENSIONES PARA CONSTRUCCIÓN CON BORDO LIBRE

DE 0.60 m Y TALUDES DE 2:1		
LARGO ENTRE LAS CORONAS		82.35 m
ANCHO ENTRE LAS CORONAS		20.10 m

d) LAGUNA DE MADURACION 2

ANCHO DE LA LAGUNA	$W_{m2} =$	17.30 m.
LARGO DE LA LAGUNA	$L_{m2} =$	79.75 m.
RELACION LARGO / ANCHO	$X = L_{m2} / W_{m2}$	4.55
VOLUMEN	$V = TRH_{m2} \cdot Q_{med}$	1740.96 m ³ .
AREA	$A = V / Z^3$	1160.64 m ²
DISPERSION	$d = X / (-0.26118 + 0.25392X + 1.0135X^2)$	0.2080
COEFICIENTE DE DECAIMIENTO	$K_b = 0.841(1.075)^{T_d-20}$	0.50
COEFICIENTE "a ₃ " PARA LA LAGUNA	$a_3 = \text{SQRT}(1+4K_bTRH_d)$	1.513
COLIFORMES FECALIS EN EL EFLUENTE	$N_f/N_o = (4a_3e^{-(1-a_3)/2d}) / (1+a_3)^2$	0.2793405
COLIF. FEC. EN EL TIEMPO i DEL EXPERIMENTO	$N_f = N_o \cdot N_f N_o \quad *1$	11620 NMP/100 ml
DBO EN EL INFLUENTE DE L. MADURACION 2		40
DBO EN EL EFLUENTE EN L. MADURACION 2	$N_f = 0.75 \cdot N_f N_o$	30 mg/l

DIMENSIONES PARA CONSTRUCCIÓN CON BORDO LIBRE

DE 0.60 m Y TALUDES DE 2:1		
LARGO ENTRE LAS CORONAS		82.35 m
ANCHO ENTRE LAS CORONAS		20.10 m

e) LAGUNA DE MADURACION 3

ANCHO DE LA LAGUNA	$Wm3 =$	17.30 m.
LARGO DE LA LAGUNA	$Lm3 =$	79.75 m.
RELACION LARGO / ANCHO	$X = Lm3 / Wm3$	4.5500
VOLUMEN	$V = TRHm3 * Qmed$	1740.96 m3.
AREA	$A = V * Z3$	1160.64 m2
DISPERSION	$d = X / (-0.26118 + 0.25392X + 1.0135X^2)$	0.2080
COEFICIENTE DE DECAIMIENTO	$Kb = 0.841(1.075)^{Td-20}$	0.50
COEFICIENTE "a4" PARA LA LAGUNA	$a4 = \text{SQRT}(1+4KbTRHd)$	1.513
COLIFORMES FECALES EN EL EFLUENTE	$Nf/No = (4a4e^{-(1-a4)/2d}) / (1+a4)^2$	0.2793405
COLIF. FEC. EN EL TIEMPO i DEL EXPERIMENTO	$Nf = No * NfNo * 1$	3246 NMP/100 ml
DBO EN EL INFLUENTE DE L. MADURACION 3		30
DBO EN EL EFLUENTE DE L. MADURACION 3	$Nf = 0.75 * NfNo$	23 mg/l

DIMENSIONES PARA CONSTRUCCIÓN CON BORDO LIBRE

DE 0.60 m Y TALUDES DE 2:1		
LARGO ENTRE LAS CORONAS		82.35 m
ANCHO ENTRE LAS CORONAS		20.10 m

e) LAGUNA DE MADURACION 4

ANCHO DE LA LAGUNA	$Wm3 =$	17.30 m.
LARGO DE LA LAGUNA	$Lm3 =$	79.75 m.
RELACION LARGO / ANCHO	$X = Lm3 / Wm3$	4.5500
VOLUMEN	$V = TRHm4 * Qmed$	1740.96 m3.
AREA	$A = V * Z3$	1160.64 m2
DISPERSION	$d = X / (-0.26118 + 0.25392X + 1.0135X^2)$	0.2080
COEFICIENTE DE DECAIMIENTO	$Kb = 0.841(1.075)^{Td-20}$	0.50
COEFICIENTE "a5" PARA LA LAGUNA	$a5 = \text{SQRT}(1+4KbTRHd)$	1.513
COLIFORMES FECALES EN EL EFLUENTE	$Nf/No = (4a4e^{-(1-a4)/2d}) / (1+a4)^2$	0.2793405
COLIF. FEC. EN EL TIEMPO i DEL EXPERIMENTO	$Nf = No * NfNo * 1$	907 NMP/100 ml
COEFICIENTE DE REMOCION DE DBO	$Kd = Ko(1.085)^{(T-T1)}$	0.0824
COEFICIENTE a PARA DBO	$a = \text{SQRT}(1+4KdTRHd)$	2.651
DBO EN EL INFLUENTE DE L. MADURACION 4		23
DBO EN EL EFLUENTE DE L. MADURACION 4	$Nf = 0.75 * NfNo$	17 mg/l

DIMENSIONES PARA CONSTRUCCIÓN CON BORDO LIBRE

DE 0.60 m Y TALUDES DE 2:1		
LARGO ENTRE LAS CORONAS		82.35 m
ANCHO ENTRE LAS CORONAS		20.10 m

	(m3)	(m2)	(d)
LAGUNA ANAEROBIA	792	352	1.41
LAGUNA FACULTATIVA	8803	4891	15.68
PRIMER LAGUNA DE MADURACION	1741	1161	3.10
SEGUNDA LAGUNA DE MADURACION	1741	1161	3.10
TERCERA LAGUNA DE MADURACION	1741	1161	3.10
CUARTA LAGUNA DE MADURACION	1741	1161	3.10
TOTAL		9885	29.49

ÁREA DE CONSTRUCCIÓN DE LA PRIMERA LAGUNA

ÁREA DE CONSTRUCCIÓN DE LA PRIMERA LAGUNA	9,885	m2
AREA TOTAL (AREA NETA*1.35)	13,345	m2
	1.33 hectareas	

REQUERIMIENTOS:

SITIO	DBO (mg/l)	COLIFORMES NMP/100 ml
AGUA RESIDUAL CRUDA	220	1.00E+07
EFLUENTE LAGUNA ANAEROBIA	121	1.00E+07
EFLUENTE LAGUNA FACULTATIVA	54	1.49E+05
EFLUENTE DE LA ULTIMA LAGUNA DE MADURACION	17	9.1E+02

*1 VA INTERACTUANDO CON EL NUMERO DE COLIFORMES DEL EFLUENTE ANTERIOR.

"ANALISIS COMPARATIVO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA, ENTRE UN SISTEMA LAGUNAR Y PROCESO DE AEREACION". CASO DE ESTUDIO: HUANIQUEO DE MORALES MICHOACAN.

A continuación se presenta el análisis de **Lodos activados**.

CALCULO DE DIMENSIONES PARA TANQUE DE AERACION (LODOS ACTIVADOS AERACION EXTENDIDA)

I MODULO DE 6.5 L/s

Dimensionamiento del tanque de aireación (Bioreactor)

Calculo del volumen del reactor considerando la cinética de los procesos.

Datos:

Gasto, Q	=	6.5 L/s	587.52	m ³ /d =	24.48	m ³ /h
DBO sol	=	145 mg/L				
DBO ₅	=	220 mg/L				
SST	=	220 mg/L				
DBO _{5eflu}	=	121 mg/L		por NOM-003-SEMARNAT-1997		
SST _{eflu}	=	20 mg/L		por NOM-003-SEMARNAT-1997		

El volumen del tanque de aireación se elige en base a dos principales criterios:

- Proveer suficiente tiempo de retención para remover DBO₅ y mantener la actividad de la biomasa de acuerdo a la respiración de los microorganismos (el consumo de oxígeno)
- Mantener el lodo en suspensión y con buenas características.

Para obtener el volumen del reactor se usa la ecuación de LAWZRENCE Y Mc CARTY:

$$V = \text{Oc} * Q * Y * (\text{So} - S) / (X * (1 + (\text{Kd} * \text{Oc})))$$

DONDE .

- So = Sustrato soluble y biodegradable en el influente, mg/L
- S = Sustrato soluble en el efluente, mg/L
- Oc = Tiempo de retención celular, días
- Q = Flujo del influente, m³/d
- Y = Crecimiento, producción de células kg SSV/kg. DBO₅ removida
- Kd = Coeficiente de decaimiento endógeno. d⁻¹
- X = Concentración de células SSV en el reactor, mg/L

1.- Definición de la DBO₅ debida a los sólidos suspendidos en el efluente

- Determinación de la porción de los biosólidos de toda la masa de sólidos suspendidos.

Se considera, que 80 % de los SST en el efluente son volátiles (orgánicos), estos son los biosólidos. Metcalf pagina 673

$$\text{SSV}_{\text{ef}} = 0.8 * \text{SST}_{\text{ef}} = 16.00 \text{ mg/L}$$

Determinación de la porción biodegradable de los biosólidos.

Tomando en cuenta que 65% de los biosólidos son biodegradables se determina la porción biodegradables de los biosólidos

Metcalf pagina 173

$$\text{SSV}_{\text{ef.biod.}} = 0.65 * \text{SSV}_{\text{ef}} = 10.4 \text{ mg/L}$$

Determinación de la DBO última de los sólidos biodegradables en el efluente (DBO_L, Sólidos biodegradables_{ef})

$$\text{DBO}_{L \text{ S}_{\text{ef}}} = 1.42 \text{ SSV}_{\text{ef.biod.}} = 14.77 \text{ mg/L}$$

(1.42 mg O₂ consumidos por 1 mg de células oxidadas)

Determinación de la DBO₅ de los sólidos biodegradables en el efluente.

$$DBO_5 = \text{de } 0.45 \text{ hasta } 0.68 \text{ de la } BDO_L$$

donde 0.68 el factor de conversión

$$DBO_5 \text{ SS}_{ef} = 0.68 * BDO_{L \text{ SS}_{ef}} = 10.04 \text{ mg/L}$$

Determinación de la DBO soluble en el efluente del sistema de lodos activados.

$$\begin{aligned} \text{Donde: } DBO_{5 \text{ sol. ef}} &= DBO_{5e} - DBO_5 \text{ SS}_{ef} \\ S &= DBO_{5 \text{ sol. ef}} = 9.96 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Con esto se determinó el parámetro S en la fórmula de LAWRENCE Y Mc CARTY

$$121 \text{ mg/L} = S + DBO_{5 \text{ SS}_{ef}} = \text{donde : } S = 9.96 \text{ mg/L}$$

b).- Cálculo de la eficiencia:

$$E = (S_o - S) / S_o \times 100 \%$$

La eficiencia basada en DBO₅ total es :

$$E_s = (S_o - S) / S_o = 95.47 \%$$

La eficiencia total del sistema biológico

$$E_t = 90.91 \%$$

c).- Determinación de Oc (tiempo de retención celular)

Este es el parámetro que une el tiempo de residencia con la cinética y estequiometría de proceso. Para estimarlo es necesaria la información de la literatura o experimentos a nivel pilotos para los propósitos prácticos "Oc" no se basa en consideraciones cinéticas, si no que en experiencias en base de objeto que se producen lodos con buenas características de sedimentación.

Oc = 20 - 30 d los valores típicos de la aereación extendida.

El tiempo de retención celular también depende de la temperatura, los valores altos corresponden a climas fríos.

Se elige Oc = 24 d (ver fig. 11.4, pág 528 de DESIGN OF MUNICIPAL TREATMENT PLANTS, 192 DE DMWTP) para temperatura de aguas residuales de 16° C.

$$O_c = 28 \text{ d}$$

d).- Se requiere estimación de " X " y de los coeficientes " Y " y " Kd ".

Y varía entre 0.4 y 0.8 Kd varía entre 0.025 y 0.075

$$Y = 0.5 \qquad K_d = 0.03$$

d⁻¹, valores típicos de la literatura nacional y extranjera

(Ver tabla 8-7, pág. 394 de METCALF - EDDY. WASTEWATER ENGINEERING, 1991)

Selección de " X " (concentración de las células SSV en el reactor).

El valor de " X " depende de la transferencia de oxígeno y las propiedades de mezclado que tiene el sistema de aireación y de la carga de sólidos aceptables para los sedimentadores secundarios.

Para sistemas de tratamiento de lodos activados aereación extendida la concentración es de 3000 - 6000 MLSS (ver tabla 11.22, pág. 627 de DESING OF MUNICIPAL TREATMENT PLANTS, 1992; de DMWTP), considerando un 80% de SSVLM.

$$X = 2400 \text{ mg/L}$$

Las propiedades de los sedimentación de lodo frecuentemente dictan los valores de " X ", elegida en el presente caso con $l = 150$ (índice de sedimentación), $X = 2400$ mg/L. Las graficas y los valores se pueden ver en la figura 11.5, pág 529 del mismo libro (DMWTP), donde se dan las recomendaciones dependiendo del índice de sedimentación escogida y de la temperatura " T " (figura 11.6, pág 530, DMWTP)

Generalmente los cálculos de diseño se realizaran con temperatura de agua de 20°C , pero deben tenerse en cuenta las bajas temperatura del aire y del flujo del agua residual, en este caso se considera de 16°C , de acuerdo con datos de la zona en donde la temperatura del agua en invierno es de 16°C .

La corrección de los cálculos dependiendo de la temperatura se hará por la fórmula (pág. 710, DMWTP)

$$K_t = K_{20} 1.04^{(t-20)}$$

$$K_t = K_{20} 1.04^{(16-20)} = K_{20} (1.04^{-4}) = K_{20} (1/1.04^4) = K_{20}/1.17$$

El coeficiente de la corrección de la temperatura de 16°C es de

1.17

Para el coeficiente de Kd se obtiene :

$$K_d = 0.035 \text{ d}^{-1} = 0.030$$

El volumen del tanque :

$$V = Q_c * Q * Y * (S_o - S) / (X * (1 + (K_d * Q_c)))$$

$$V \text{ tanque} = 373.01 \text{ m}^3$$

Cálculo de tiempo de residencia hidráulica.

$$TRH = V / Q_h =$$

Donde:

V = Volumen del tanque

$$Q_h = 24.48 \text{ m}^3/\text{h}$$

El intervalo del TRH es entre 18 y 36 horas para aereación extendida

$$TRH = \text{volumen del tanque} / Q_h = 15.24 \text{ h} \quad \text{Teórica}$$

(ver tabla 11.22, pág. 627, DMWTP, 1992, dentro del rango para el sistema de lodos activados aereación extendida de 18 a 36 hrs.). Debido a que las autoridades municipales tienen previsto tratar un gasto adicional de agua residual de la población (un 17% del gasto de diseño) se propuso un aumento de la capacidad del tanque 216 m^3 con el cual el TRH actual será de 20 horas, esto ayudará a la estabilización de los lodos.

Resumen del reactor biológico:

No. de unidades	1	
Area superficial	364.5	m^2
Ancho	27.00	m ajustado
Largo	13.50	m ajustado
Profundidad útil	3.00	m ajustado
Volumen real	1093.50	m^3
Bordo libre	0.5	m
Profundidad total	3.50	m
TRH	44.67	h Real

Masa de lodos residual generados por día

Cálculo de crecimiento de los microorganismos.

$$Y_{\text{obs}} = Y / (1 + K_d * O_c)$$

El crecimiento de la masa de los SSVLM:

$$P = Y_{\text{obs}} * Q * (S_o - S), \text{ Kg/d}$$

De la literatura se obtiene la relación de SSVLM / SSLM.

Se considera SSVLM / SSLM = 0.80

$$P_{(\text{ss})} = P / 0.80, \text{ kg/día} = \text{crecimiento en la masa total del licor mezclado como SS}$$

Masa del lodo residual (M)

$$M = P_{(\text{ss})} - \text{SS perdidos con el efluente}$$

$$M = P_{(\text{ss})} - Q * 20 \text{ mg/l (según condiciones de la NOM-SEMARNAT-003-1997)}$$

Y = de la tabla 8.7, pág. 394 Metcalt-Eddy, se escoge valor de 0.52, que corregido para la diferencia de la temperatura da

$$Y_{\text{obs}} = Y / (1 + K_d * O_c) = 0.27$$

Crecimiento de la masa de los SSVLM

$$P = Y_{\text{obs}} * Q * (S_o - S) \text{ kg/d}$$

$$P = 33.58 \text{ kg/d}$$

$$P_{(\text{ss})} = P/0.80 \text{ kg/d} = \text{crecimiento en la masa total del licor mezclado como SS}$$

$$P_{(\text{ss})} = 41.97 \text{ kg/d}$$

Masa de lodos residual :

$$M = P_{(\text{ss})} - \text{SS perdidos con el efluente}$$

$$\text{SS efl.per} = Q * \text{SS} = 11.75 \text{ kg/d}$$

$$M = 30.22 \text{ kg/d}$$

$$Q_{\text{lodo residual}} = M / \text{SST I sed}$$

SST I sed = Sólidos suspendidos totales del lodo del sedimentador, estos varían entre 8,000 y 15,000 mg/L, lo recomendado es 8,000 mg/L

$$Q_{\text{lodo residual}} = 3.78 \text{ m}^3/\text{d}$$

Cálculo del flujo de agua con lodo biológico que se debe purgar

$$Q_w = \text{Flujo de agua con lodo biológico}$$

$$O_c = (V_r * X) / (Q_w * X + Q_e * X_e)$$

Despejando Q_w nos queda

$$Q_w = (V_r * X - Q_e * X_e * O_c) / (X * O_c)$$

$$Q_w = 38.88 \text{ m}^3/\text{d}$$

Recirculación de lodos

Condiciones de lodos:

SSVLM	=	2,400 mg/L	en el tanque
SSV	=	8,000 mg/L	en el flujo recirculado, lodo extraído del sedimentador
Rango	=	50 a 150 %	porcentaje de recirculación de lodos según la literatura. Tabla 11.12, pág 627 de DMWTP

$$SSVLM * (Q + Q_r) = SSV * Q_r$$

$$Q_r = (SSVLM * Q) / (SSV - SSVLM)$$

$$Q_r = 2.91 \text{ L/s}$$

R = Porcentaje de recirculación

$$R = Q_r / Q = (SSVLM) / (SSV - SSVLM)$$

$$R = Q_r / Q = 43\% \text{ Calculado}$$

Considerado Q_r de 50% $Q_r = 0.90 \text{ L/s}$

Demanda de Oxígeno (O_2)

Se determina la masa total de DBQ_{total} del influente que se oxida en el proceso, asumiendo que $DBQ = 0.68 \text{ DBO}_{\text{total}}$ (Metcalf; pág 594)

$$\text{Masa DBO total Utilizada} = Q * (S_o - S) / 0.68 =$$

$$\text{Masa DBO total utilizada} = 181.48 \text{ kg}$$

Determinación del requerimiento del oxígeno $\text{Kg } O_2 / \text{d} = Q(S_o - S) / 0.68 \times 10^3 \text{ g/kg} - 1.42 (P)$

$1.42 P$ = Representa la masa de materia orgánica utilizada en la síntesis de células nuevas o masa de materia orgánica que no requiere de oxígeno para su remoción

Es decir : $\text{Kg } O_2 / \text{d} = (\text{la masa de DBO total utilizada, Kg / d}) - 1.42 (\text{masa de las células nuevas, Kg/d})$

$$\text{Kg } O_2 / \text{día} = 133.80 \text{ kg/d}$$

Cantidad de Oxígeno :

$$\text{Kg } O_2 / \text{día} = 133.80 \text{ kg/d}$$

El requerimiento en $\text{kg } O_2 / \text{día}$, para la remoción es de 133.80 $\text{kg DBO}_5 / \text{d}$

Según recomendación para diseño de sistemas de aireación superficial el consumo de O_2 es del 1.0 - 1.2 $\text{kg } O_2 / \text{kg DBO}_5$ removida
pag. 611 Metcalf

$$\text{DBO}_5 \text{ removida} = Q (S_o - S) / 1000 \text{ kg/d}$$

$$\text{DBO}_5 \text{ removida} = 123.40 \text{ kg/d}$$

$$133.80 \times 1.00 = 123.40 \text{ kg O}_2 / \text{d}$$

$$133.80 \times 1.20 = 148.08 \text{ kg O}_2 / \text{d}$$

Se considera un consumo de 148.08 kg O₂ / d

Oxígeno para remoción de Nitrógeno.

$$Q = 587.52 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$N = 50 \text{ mg/L}$$

$$\text{Por Norma} = 15 \text{ mg/L}$$

$$20.56 \text{ kg N/d}$$

Requirimientos de oxígeno para nitrificación y oxígeno producido por desnitrificación
pag. 491 Metcalf. 1998

$$\text{- Para nitrificación} = 4.3 \text{ kg O}_2/\text{d N}$$

$$\text{- Para desnitrificación} = 2.45 \text{ kg O}_2/\text{d N}$$

$$\text{Diferencia} = 1.85 \text{ kg O}_2/\text{d N}$$

$$\text{Necesaria} = 38.04 \text{ kg O}_2/\text{d}$$

$$\text{Total consumo de oxígeno} = 186.13 \text{ kg O}_2/\text{d}$$

Determinación de F/M (alimento / microorganismos)

F = Masa de DBO en el influente

M = Masa de lodos en el reactor

$$F / M = S_0 \cdot Q / V \cdot X = (145 \times 155.52) / 116.16 \times 2400 = 0.03 \text{ d}^{-1}$$

El valor de F/M esta dentro del rango de F/M, para lodos aeración extendida es de entre 0.05 a 0.15 kg DBO/ kg SSVLM-d ver tabla, pág 626, Metacalf, 1998

Determinación de la carga volumétrica

$$\text{carga volumétrica (kg DBO}_5 / \text{m}^3 \cdot \text{día)} = S_0 \cdot Q / V$$

$$\text{Carga volumétrica } (0.145 \times 112.52) / 116.16 = 0.08 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 \cdot \text{d}$$

Esta dentro del rango recomendado de 0.1 a 0.4 kg DBO/m³ día

Aeración

La eficiencia de aereación depende de la altura topográfica del sitio de la planta y de la temperatura del agua residual.

Para convertir el oxígeno requerido en el campo a condiciones estándar se utiliza la siguiente ecuación:

$$N = N_0 (\text{Beta} \times C_{\text{walt}} - C_L) / C_{\text{S}20} \times 1.024^{(t - 20^\circ\text{C})} \times \text{Alfa}(a)$$

Donde :

N = Tranferencia de oxígeno en condiciones del campo

N₀ = Tranferencia del oxígeno en agua con 20° C y oxígeno disuelto = 0

Beta (b) = Coeficiente de corrección por tensión de salinidad (usualmente = 1.0)

C_{walt} = Corrección de saturación de oxígeno para agua limpia a la temperatura y altitud dada, (0.78 x 9.86 = 7.69)

C_L = Concentración de oxígeno disuelto en el tanque de aireación (2 mg / l)

C_{s20} = Saturación de oxígeno a temperatura 20°C, mg/l (0.78 x 9.08 = 7.08)

t = Temperatura menor del agua en °C (16°C)

Alfa (a) = Factor de corrección para el tipo del agua (0.82)

(tabla 10.10, pág 573 Metcalt, 1991)

Aplicando los datos anteriormente obtenidos:

$$\begin{aligned} N/N_0 &= (1.0 \times 7.69^{-2.0}) / 7.08 \times 1.024^{(16 - 20^\circ\text{C})} \times 0.82 \\ N/N_0 &= (5.69/7.08) \times (1/1.024^4) \times 0.82 = 0.50 \end{aligned}$$

Cantidad de Oxígeno requerida por hora:

Si se considera que para kg DBO_{req} son necesarios 1.2 kg O₂ se obtiene:

$$\begin{aligned} O_{2re} &= (\text{kg DBO}_{ev} \text{ d}) * (1.20 \text{ kg O}_2 / \text{kg DBO}) \\ O_{2re} &= 148.08 \text{ kg O}_2 / \text{d} \\ \text{Nitrificación} &= 38.04 \text{ kg O}_2 / \text{d} \\ \text{TOTAL} &= 186.13 \text{ kg O}_2 / \text{d} \quad 7.76 \text{ kg O}_2 / \text{h} \end{aligned}$$

DETERMINACION DE LA POTENCIA DE LOS AEREADORES MECANICOS

1.- Datos de los proveedores, los aereadores tienen la siguiente capacidad de suministro de oxígeno.

Potencia de Motor	HP Transferencia de Oxígeno
	kg O ₂ /h
2	1.67
5	8.40

Cálculo de la cantidad de oxígeno, que pueden dar los aereadores

2 HP	1.65 kg O ₂ / hora x 2 aereador x 24 horas =	80.16 kg O ₂ / d
	con transferencia de 50% =	40.08 kg O ₂ / d
5 HP	8.40 kg O ₂ / hora x 1 aereador x 24 horas =	201.60 kg O ₂ / d
	con transferencia de 50% =	100.80 kg O ₂ / d

La capacidad de oxígeno necesaria calculada para remoción de la materia orgánica es ~~56.87~~ 100.88 kg O₂ / d, que se cubre con 2 aereadores de 5 HP c/u, los aereadores pueden transferir 100.88 kg O₂ / d, en condiciones de campo.

Cálculos de la capacidad de los aereadores de mezclado

Para este tipo de aereadores se recomienda un factor de entre 0.5 y 0.75 HP por cada 1000 ft³ de volumen de aereación para mezcla completa (en promedio 0.65 HP / 1000 ft³)

Volumen del tanque =	2,531.02 ft ³
Potencia necesaria, N = 2531.02/(1000 x 0.65) =	3.89 HP
Potencia instalada, N = 2 x 2 =	4 HP

Conclusiones. Con los dos aereadores de 5 HP (c/u) se cubren las exigencias de suministro la cantidad necesaria de oxígeno y de mezcla completa del volumen del tanque de oxidación, la potencia de los aereadores se determina de acuerdo a los requerimientos

Tabla # 15

RESUMEN DE DIMENSIONES PARA TANQUE DE AERACION (LODOS ACTIVADOS AERACION EXTENDIDA)

Datos básicos de diseño :

Gasto, Q	=	6.5 L/s
DBO ₅	=	220 mg/L
SST	=	220 mg/L

Condiciones de la NOM-003/97

DBO _{5eflu}	=	121 mg/L
SST _{eflu}	=	20 mg/L

Datos obtenidos

DBO _{5sol ef}	=	14.77 mg/L
SSVLM	=	3,000 mg/L
SSLM	=	2,400 mg/L
Oc	=	28 d
V tanque	=	1093.50 m ³
TRH	=	44.67 h
F / M	=	0.03 d ⁻¹
Qr	=	0.90 L/s
Carga volumétrica	=	0.08 kg DBO ₅ / m ³ - d
Demanda de oxígeno	=	186.13 kg O ₂ / d

CAPITULO IV

ANÁLISIS E

INTERPRETACIÓN DE

RESULTADOS

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Son muchos factores que deben tenerse en cuenta cuando se plantean las alternativas del sistema de tratamiento, lo más relevante son los siguientes:

- Calidad de agua residual cruda.
- Calidad necesaria de agua tratada y las eficiencias de tratamiento a obtener y uso de agua tratada.
- Normas NOM-001 en el presente proyecto ó Condiciones Particulares de Descarga que deben ser cumplidas y la seguridad que con su funcionamiento la planta puede cubrirlos en las estaciones del año.
- Las exigencias del cuerpo receptor donde se descargan los caudales tratados.
- La disponibilidad del terreno para la construcción de la planta y su cercanía a la mancha urbana.
- Las posibilidades económicas y financieras del Ayuntamiento de la Localidad
- Aspectos sociales, económicos y ambientales de la ciudad y de la experiencia en manejo de agua y lodos.

Evaluación de Alternativas

La localidad de Huaniqueo dispone de una superficie de 03-24-61.78 Has para la construcción de la futura PTAR, y conjuntamente con la autoridades de la localidad se han elegido los siguientes sistemas de tratamiento para un gasto de diseño de 6.50 l/s.

1. Lagunas de Estabilización.
2. Lodos Activados Aeración Extendida.

Los esquemas de cada alternativa se muestran a detalle en el Anexo E del presente proyecto.

De los procesos de tratamiento elegidos para la localidad de Huaniqueo se realizó un análisis técnico-económico de las diferentes alternativas propuestas en base a las ventajas y desventajas de los mismos, tal y como se muestran a continuación.

Tabla # 16 Alternativa de Lagunas de Estabilización

Alternativa	Proceso de Tratamiento	Ventajas	Desventajas
1	Lagunas de estabilización	* Funciona naturalmente. Tiene versatilidad para soportar variaciones futuras del influente en cantidad y calidad del flujo de agua residual.	* Ocupa un área grande. Grandes volúmenes y TRH.
		* Buen nivel en remoción de los contaminantes, se tiene agua tratada de alta calidad.	* Depende de los factores climatológicos, cambios en la eficiencia de remoción de los contaminantes.
		* No requiere reactivos químicos.	* Poca flexibilidad.
		* Bajo costo de operación y mantenimiento.	* Es difícil controlar la calidad del efluente respecto de los coliformes fecales.
		* Remoción de la DBO del 80 al 95 % y SST de 80 al 90 %.	
		* Fácil operación y mantenimiento, se tiene buena experiencia en el país en operación del sistema.	
		* Es el mejor sistema natural más utilizado en la práctica mundial.	

Ref: Elaboración propia para el proyecto

Tabla # 17 Alternativa de Laguna Facultativa como Primaria

Alternativas	Proceso de Tratamiento	Ventajas	Desventajas
1 ^a	Laguna facultativa como primaria	* Se evitan los olores que pueden formarse en las lagunas anaerobias.	* Necesita aún mayor área que la alternativa No. 1.
		* Proceso de tratamiento más flexible y más controlado en los trenes lagunares.	* Los lodos entran en las lagunas facultativas y su retiro es difícil.
			* Menor eficiencia en remoción de la materia orgánica.

Ref: Elaboración propia para el proyecto

Tabla # 18 Alternativa de Lodos Activados Aeración Extendida

Alternativas	Proceso de Tratamiento	Ventajas	Desventajas
2	Lodos activados - aeración extendida (LAAE)	* Puede proponerse sin sedimentador primario en el caso de bajas y medianas cargas de los contaminantes, en el presente caso se consideró carga media del agua residual.	* El tiempo de residencia es alto (12 a 36 hrs.), los tanques tienen dimensiones mas grandes.
		* Puede manejar cargas pico, no se afecta por cambios en cantidad de gasto y calidad del agua	* Alta concentración de SSVLM de 3000 a 6000 mg/l y la recirculación de lodos es alta (de 50 a 150 %)
		* Altas eficiencias de remoción de DBO de 75 al 95 % y SST del 80 al 95 %	* Los gastos de operación y mantenimiento son mayores para el tratamiento de agua y menores para el tratamiento de lodos.
		* El sistema es simple, de fácil operación y mantenimiento.	
		* Produce menos lodos y son estabilizados.	

Tabla # 18 Alternativa de Lodos Activados Aeración Extendida
Ref: Elaboración propia para el proyecto

Tabla # 19. Ventajas y desventajas de la alternativa Lodos Activados-Aeración Extendida

Proceso de Tratamiento	Ventajas	Desventajas
Lodos activados - aereación extendida (LAAE)	* Puede proponerse sin sedimentador primario en el caso de bajas y medianas cargas de los contaminantes, en el presente caso se consideró carga media del agua residual.	* El tiempo de residencia es alto (12 a 36 hrs.), los tanques tienen dimensiones mas grandes.
	* Puede manejar cargas pico, no se afecta por cambios en cantidad de gasto y calidad del agua	* Alta concentración de SSVLM de 3000 a 6000 mg/l y la recirculación de lodos es alta (de 50 a 150 %)
	* Altas eficiencias de remoción de DBO de 75 al 95 % y SST del 80 al 95 %	* Los gastos de operación y mantenimiento son mayores para el tratamiento de agua y menores para el tratamiento de lodos.
	* El sistema es simple, de fácil operación y mantenimiento.	
	* Produce menos lodos y son estabilizados.	

Ref: Elaboración propia para el proyecto

Costo de inversión.

Otro aspecto importante a considerar es el costo de inversión. El costo de

inversión de un sistema de tratamiento de aguas residuales, es de gran influencia en la toma de decisión al momento de escoger la mejor alternativa de tratamiento, ya que en varias ocasiones no se dispone más que de un cierto presupuesto para la construcción total, así como para el mantenimiento de la planta y del personal calificado para la correcta operación de la planta. Por este motivo es se deben de comparar los diferentes costos de inversión aproximados que puedan tener los diferentes sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales.

Ecuaciones paramétricas para estimar el costo de inversión en miles de pesos de 2002, en función del gasto de diseño

Tabla # 20. Costos de Inversión.

TRATAMIENTO	CURVA	CORRELACION	ECUACION DE LA CURVA
PRIMARIO AVANZADO	Potencial	0.9246	$INV = 1,272 Q^{0.6943}$
LODOS ACTIVADOS	Potencial	0.9269	$INV = 1,032.4 Q^{0.7633}$
FILTROS BIOLÓGICOS	Potencial	0.9489	$INV = 319.6 Q^{0.964}$
LAGUNAS AERADAS	logarítmica	0.8244	$INV = -184,430 + 3453.2 \ln Q$
LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	Potencial	0.9088	$INV = 740 Q^{0.6928}$
WETLAND	Logarítmica	0.9146	$INV = -1,722.7 + 3453.2 \ln Q$

Obtención: Morales, G. Servín, C. Montesillo, J. Escalante V. Rivas A. (2002). *Aplicación de Costos Índice de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. IMTA. México. Pág. 9.

Donde:

INV: es el costo de inversión expresado en miles de pesos corrientes de 2002.

Q: es el gasto de diseño expresado en litros por segundo de aguas por tratar.

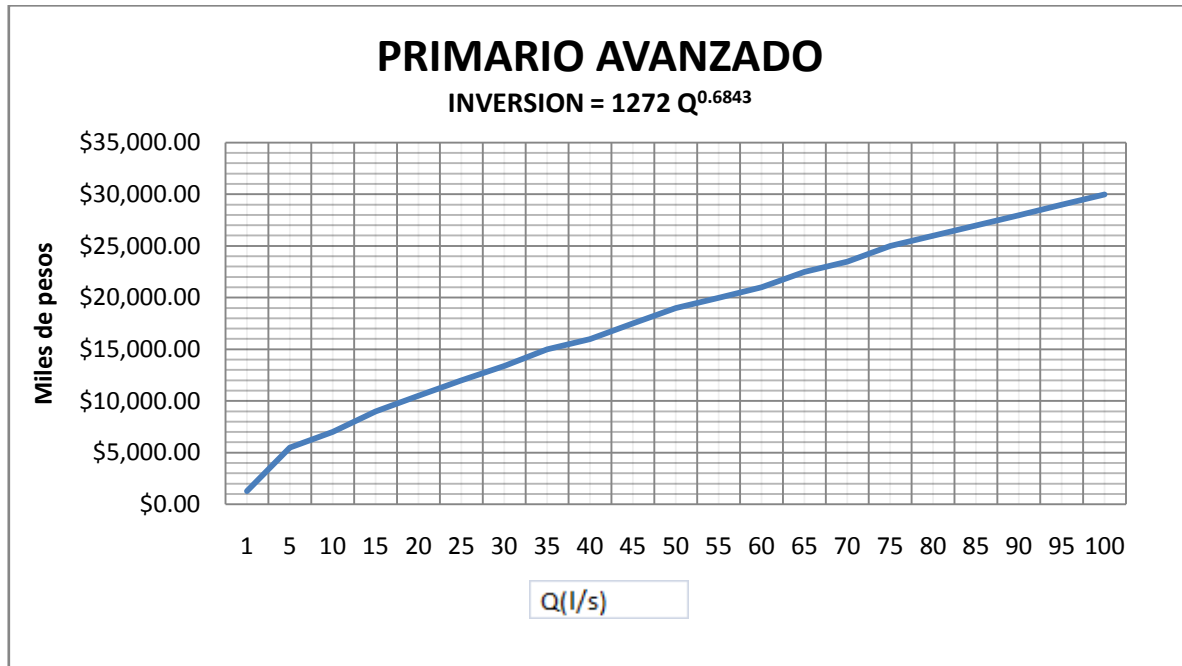
In: es el logaritmo natural.

Hay que tener en cuenta que los costos varían dependiendo del lugar, de la topografía, el tipo de suelo, el área a utilizar, la geología del sitio, las características del agua residual, las limitaciones, entre otros.

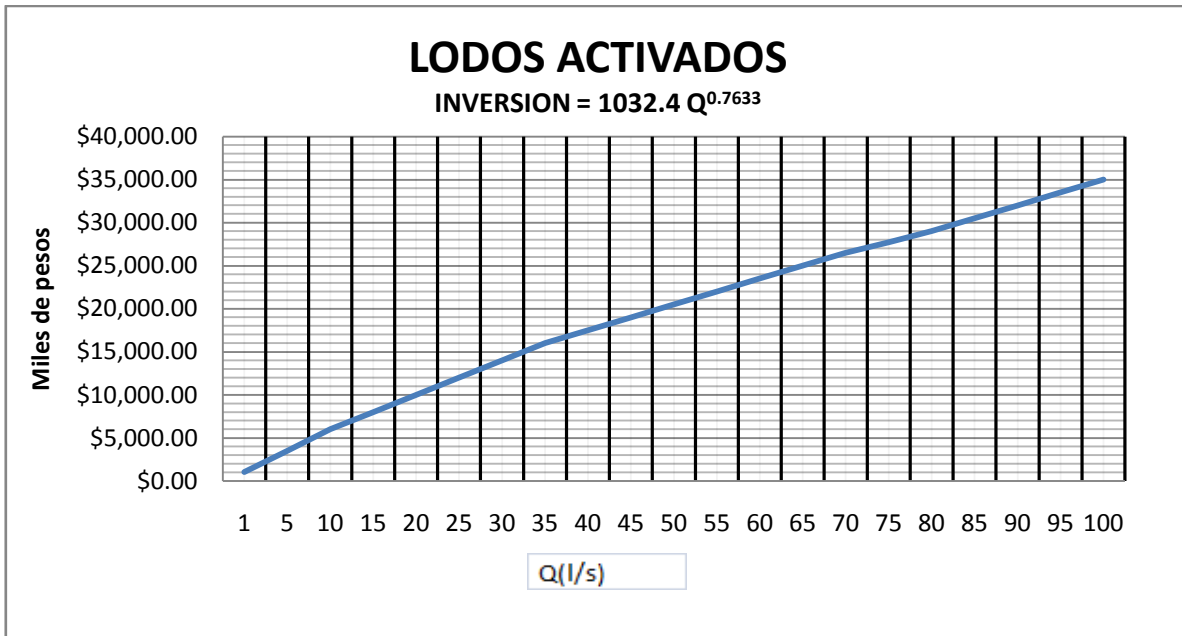
Para una mejor comprensión de los costos de inversión de los diferentes sistemas

de tratamiento se realizan las siguientes graficas que derivan de las ecuaciones parametricas para estimar los costos de inversión. Para lo cual el eje de las abscisas corresponde con los valores del caudal expresado en l/s y al eje de las ordenadas corresponde la inversión expresada en miles de pesos corrientes de 2002.

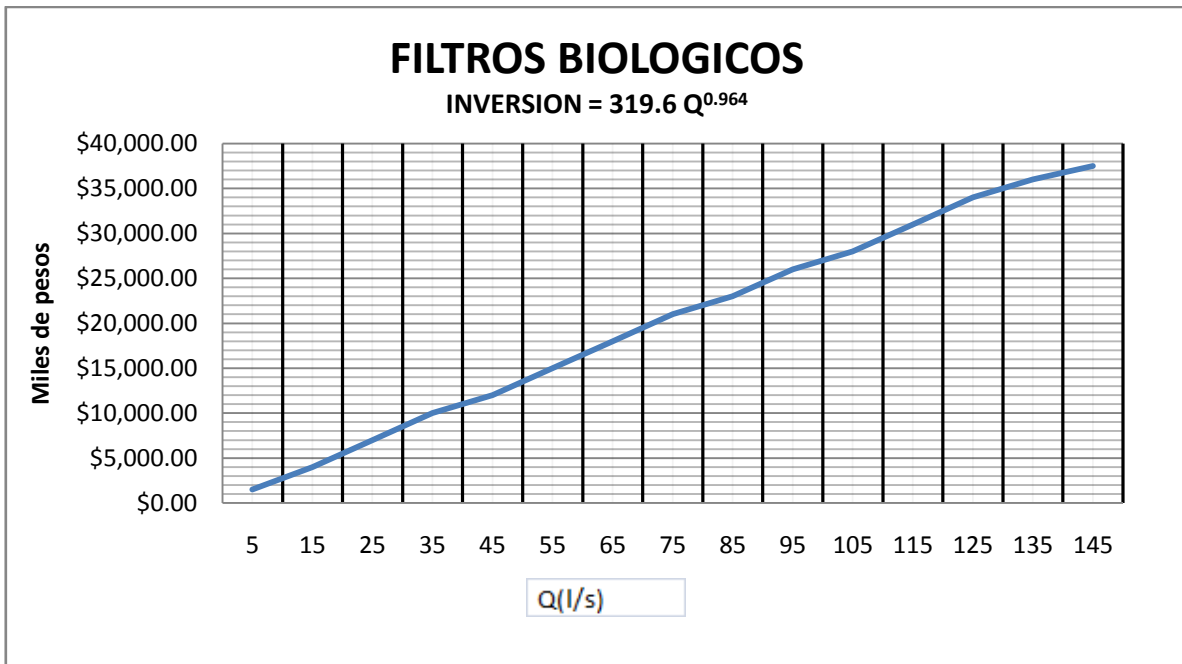
A continuación se presenta la comparación del costo de inversión en base al gasto en l/s de algunas de las plantas de tratamiento más comunes realizadas en nuestro país.



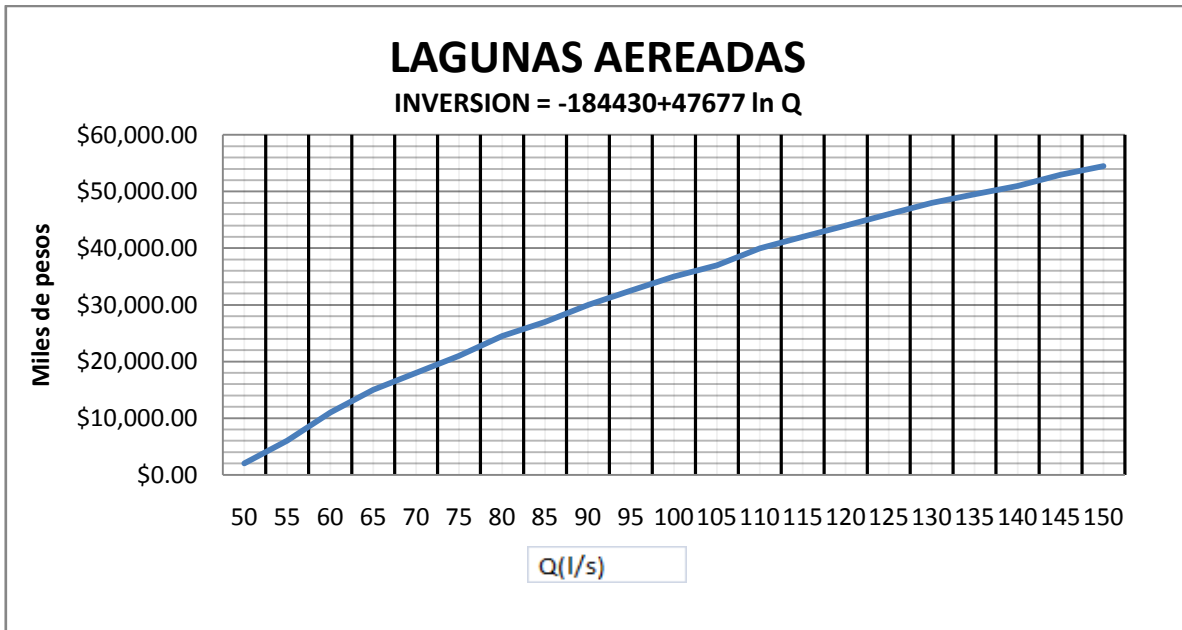
Grafica # 3.- Grafica de costo de inversión de tratamiento Primario Avanzado. Obtención: Morales, G. Servín, C. Montesillo, J. Escalante V. Rivas A. (2002). *Aplicación de Costos Índice de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. IMTA. México. Pág. 12.



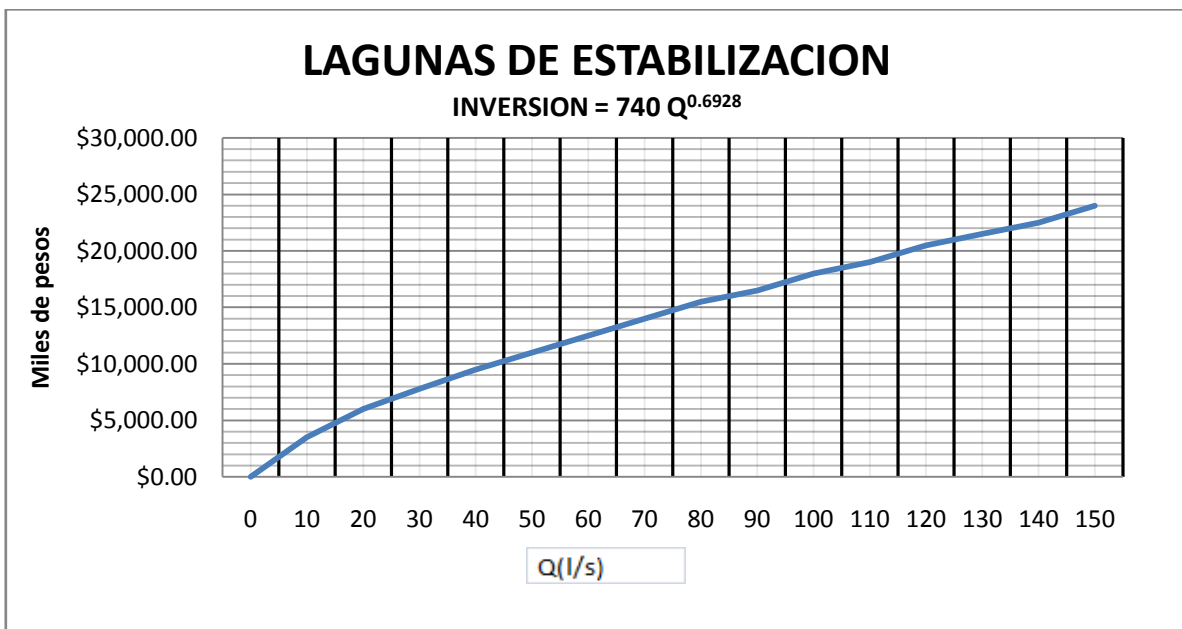
Grafica # 4.- Grafica de costo de inversión de tratamiento de Lodos Activados. Obtención: Morales, G. Servín, C. Montesillo, J. Escalante V. Rivas A. (2002). *Aplicación de Costos Índice de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. IMTA. México. Pág. 14.



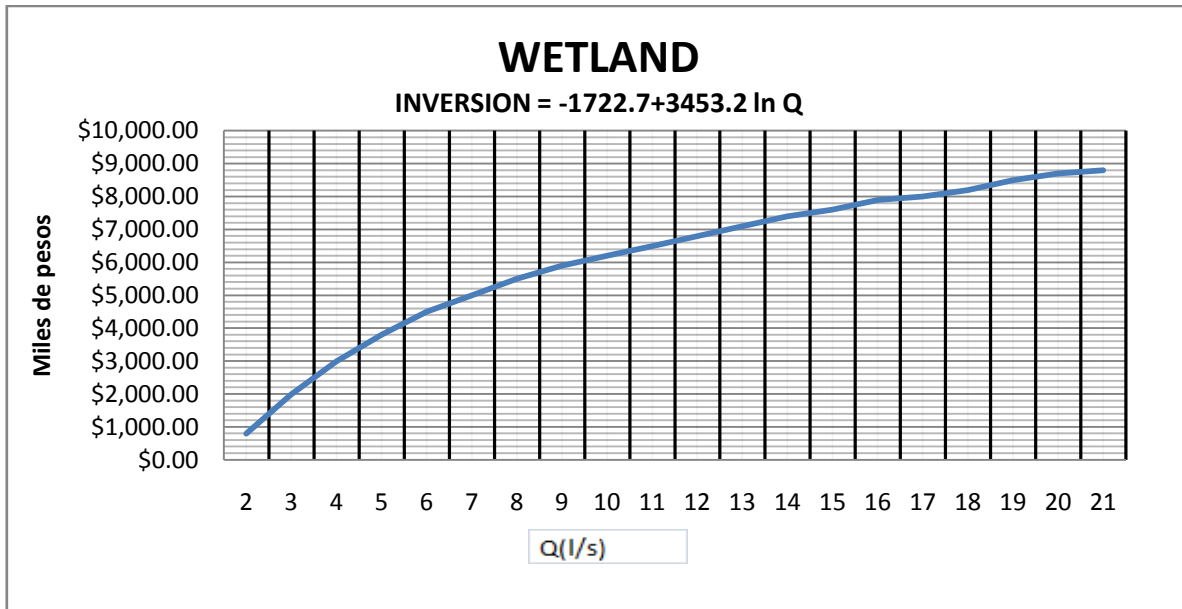
Grafica # 5.- Grafica de costo de inversión de tratamiento de Filtros Biológicos. Obtención: Morales, G. Servín, C. Montesillo, J. Escalante V. Rivas A. (2002). *Aplicación de Costos Índice de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. IMTA. México. Pág. 16.



Grafica # 6.- Grafica de costo de inversión de tratamiento Lagunas Aereadas. Obtención: Morales, G. Servín, C. Montesillo, J. Escalante V. Rivas A. (2002). *Aplicación de Costos Índice de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. IMTA. México. Pág. 18.



Grafica # 7.- Grafica de costo de inversión de tratamiento Lagunas de Estabilización. Obtención: Morales, G. Servín, C. Montesillo, J. Escalante V. Rivas A. (2002). *Aplicación de Costos Índice de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. IMTA. México. Pág. 20.



Grafica # 8.- Grafica de costo de inversión de tratamiento Wetland. Obtención: Morales, G. Servín, C. Montesillo, J. Escalante V. Rivas A. (2002). *Aplicación de Costos Índice de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. IMTA. México. Pág. 22.

Para la correcta elección de un sistema de tratamiento de agua a utilizar en un influente de agua residual se deben de tomar en cuenta varios factores como son:

- a) El costo de inversión de la obra y su costo de mantenimiento.
- b) El espacio que se tiene para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- c) La cercanía con las instalaciones de la comunidad.
- d) El tipo de influente es decir: si es industrial, agrícola, comercial o domestico.
- e) Las características del influente de agua residual, es decir: DBO requerido, pH, sólidos en suspensión, etc.

Las condiciones climatológicas y la ubicación de la localidad, también son un factor importante para la selección del proceso de tratamiento, ya que Huaniqueo se encuentra en una ciénega, por lo que se presta más el tratamiento lagunar, para la descarga.

La opción de Aereación extendida, es un tratamiento que puede aplicarse a este tipo de clima, pero representa un mayor costo de operación y mantenimiento, además de que requiere de más personal capacitado, por lo que se descarto.

ALTERNATIVA No. 1
LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

CÁLCULOS DE LOS COSTOS

I. Costo de construcción	= 4,117,529 pesos
II. Costo de operación y mantenimiento	= 55,930 pesos/año
III. Amortización, 12% y 20 años	551,337 pesos/año
IV. Costo de 1 m ³ de Agua Tratada	

- A) Sin amortización = 0.25 pesos
B) Con amortización = 2.75 pesos

Notas:

1. El costo de construcción fue obtenido con los costos estimados para proyectos de Infraestructura Hidráulica C1 EDICIÓN 2001, y adecuados para el año 2006.
2. El Costo de Operación incluye el salario del personal y operación de un total de \$4,660 p/mes compuesto por: salarios (2,750 p/mes), gastos de energía (1,065 p/mes), y de la calidad de agua y transporte (845 p/mes).
3. La amortización se calculó con el 12% de tasa de interés y un periodo de 20 años utilizando las fórmulas:

$$A = fa \times C, \quad \text{donde:} \quad \begin{array}{l} fa = \text{factor} = 0.1339 \\ C = \text{capital (pesos)} \end{array}$$

$$fa = i + (i / (i + 1)^{n-1}); \quad i = 12\%; \quad n = 20 \text{ años}$$

4. Volumen de agua tratada anual

$$W = 0.007 \times 86,400 \times 365 = 220,752 \text{ m}^3/\text{año}$$

ALTERNATIVA No. 2

REACTOR ANAEROBIO Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

CÁLCULOS DE LOS COSTOS

- I. Costo de construcción = 4,693,300 pesos
 II. Costo de operación y mantenimiento = 73,800 pesos/año
 III. Amortización, 12% y 20 años = 628,433 pesos/año
 IV. Costo de 1 m³ de Agua Tratada

- A) Sin amortización = 0.33 pesos
 B) Con amortización = 3.18 pesos

Notas:

1. El costo de construcción fue obtenido con los costos estimados para proyectos de Infraestructura Hidráulica (edición 2001, y adecuados para el año 2006.

2. El Costo de Operación incluye el salario del personal y operación de un total de \$ 6,150 p /mes, compuesto por salarios (3,330 p/mes), gastos de energía (8,500 p/mes), y calidad de agua y transporte (1,050 p/mes).

3. La amortización se calculó con el 12% de tasa de interés y un periodo de 20 años utilizando las fórmulas:

$$A = fa \times C \quad \text{donde:} \quad \begin{array}{l} fa = \text{factor} \\ C = \text{capital (pesos)} \end{array}$$

$$fa = i + (i / (i + 1)^{n-1}), \quad i = 12\%; \quad n = 20 \text{ años}$$

4. Volumen de agua tratada anual

$$W = 0.007 \times 86,400 \times 365 = 220,752 \text{ m}^3/\text{año}$$

ALTERNATIVA 3.- LODOS ACTIVADOS AERACIÓN EXTENDIDA**OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO****Bombeo de agua residual cruda :**

3 HP=	2.22 Kw	24 horas de funcionamiento	1 año
		13,157 Kwh/año	1 Kwh = 0.95 pesos
		12,500 Pesos/año	

Tanque de Oxidación :

20 HP =	14.8 Kw	24 horas de funcionamiento	1 año
	=	129,648 Kwh/año	
	=	123,165 Pesos / año	

Sedimentador Primario y Secundario

2 x 0.5 HP =	0.74 Kw	24 horas de funcionamiento	1 año
	=	6,482 Kwh/año	
	=	6,158 Pesos / año	

Espesador

0.75 HP =	0.55 Kw	24 horas de funcionamiento	1 año
	=	4,862 Kwh/año	
	=	4,618 Pesos / año	

Cloro.- bomba de ayuda

0.5 HP =	0.37 Kw	24 horas de funcionamiento	1 año
	=	3,241 Kwh/año	
	=	3,078 Pesos / año	

Bombeo de lodos(recirculación y de desecho)

1 + 1	2 HP =	1.48 Kw	12 horas de funcionamiento	1 año
		=	6,428 Kwh/año	
		=	6,158 Pesos / año	

Digestor aerobio

10 HP =	7.4 Kw	12 horas de funcionamiento	1 año
	=	32,412 Kwh/año	
	=	30,791 Pesos / año	

Alumbrado

=	12,632 Kwh/año
=	12,000 Pesos / año

Total de Energía 198,468.00 Pesos / año

MATERIALES E INSUMOS

Cloro	605 m ³ /día =	220,752 m ³ /año	
	=	1,766 Kg/cl ₂	1 kg cloro= \$ 10.00
	=	17,660 Pesos / año	
Manejo de lodos	=	16,833 Pesos / año	

PERSONAL

	No.	salario	plaza	sueldo
Encargado	1	6,000	0.5	3,000
Operador	1	2,500	1.0	2,500
Ayudante Op.	1	2,000	1.0	2,000
Chofer	1	2,000	0.5	1,000
Electro-mecánico	1	3,500	0.5	1,750
Peones	1	1,500	1.0	1,500
Vigilantes	1	1,000	1.0	1,000
		Salario por mes	= \$	12,750
		Meses	=	12
		Salario por año	= \$	153,000

Resumen

Energía	=	198,468 Pesos / año
Cloro	=	17,660 Pesos / año
Manejo de lodo	=	16,833 Pesos / año
Cal. agua	=	6,000 Pesos / año
Transporte	=	12,800 Pesos / año
SUBTOTAL		251,761 Pesos / año
Personal	=	153,000 Pesos / año
SUBTOTAL		404,761 Pesos / año

Costo de agua tratada sin amortización

Costo 1 = 1.83 Pesos/m³

Costo de agua tratada tomando en cuenta la amortización

$$A = f * C$$

$$f = i + i / (i+1)^n (n-1)$$

Se considera:

i = tasa de interés = 12 % anual

n = años pago de amortización = 20 años

$$f = 0.1339$$

$$C = 7,989,482$$

$$A = f * C = 1,069,792$$

Costo de agua tratada con amortización

Costo 2 = 6.68 Pesos/m³

Tabla # 21 Analisis financiero de las alternativas propuestas

ALTERNATIVAS PROPUESTAS									
No.	ALTERNATIVA	COSTO DE CONSTRUCCIÓN	AMORTIZACIÓN ANUAL	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ANUAL	COSTO ANUALIZADO	VOLUMEN DE AGUA TRATADA	COSTO 1 M3 DE AGUA TRATADA	COSTO DE 1 M3 DE A.T. O Y M	ÁREA TOTAL
				\$	\$	(M3/AÑO)	\$	\$	ha
1	Lagunas de Estabilización	4,117,529	551,337	55,930	607,267	220,752	2.75	0.25	1.98
1A	Laguna Facultativa Como Primaria	4,494,258	601,781	58,440	660,221	220,752	2.99	0.26	2.69
2	Tratamiento Anaeróbico RAFA y Lagunas	4,693,300	628,433	73,800	702,233	220,752	3.18	0.33	2.10
2A	Tratamiento Anaeróbico Tanque Imhoff y Lagunas	4,860,780	650,858	70,000	720,858	220,752	3.27	0.32	2.10
3	Lodos Activados Aeración Extendida	7,989,482	1,069,792	404,761	1,474,553	220,752	6.68	1.83	0.50
4	Filtros Rociadores	6,232,424	834,522	244,729	1,079,251	220,752	4.89	1.11	0.60

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Después del análisis del funcionamiento, características topográficas, costos, y eficiencia, entre los diversos sistemas de tratamiento de agua, se determinó que para la localidad de Huaniqueo de Morales Michoacán, la alternativa que mejor desempeño puede tener, es el sistema lagunar, debido principalmente a que se cuenta con área suficiente de terreno, y a que la inversión inicial será de parte de la federación, con lo cual, los costos asociados a la operación para este tipos de sistemas serian mínimos, y serian los únicos que erogaría el municipio, principal beneficiario, ya que con esto, da cumplimiento cabal a las fechas impuestas por la Comisión Nacional del Agua, en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

En cuanto a la hipótesis, pudimos encontrar mediante este análisis, su validez, sin embargo el rango solo aplicaría en la localidad en estudio, debido a que intervienen para su cumplimiento factores de índole social y cultural, lo que no permite estandarizar y generalizar en la toma de decisiones.

Por otro lado, con este trabajo se pretendió, que esta metodología permita dar una claridad en la toma de decisiones, pero deberá realizarse de manera específica para cada una de las localidades.

Se concluye también, que además de los elementos técnicos, en los cuales se puede empatar la calidad del agua de salida, se deben de considerar también, los factores sociales y culturales de la localidad, ya que en este estudio en particular, no tuvieron la misma ponderación que se requiere en otras localidades, sobre todo por la cuestión del arraigo y migración, para la adquisición del predio donde se llevara a cabo la construcción de la planta

Los costos índice de inversión obtenidos, son de mucha utilidad para la toma de decisión, por lo que son parte de la herramienta propuesta en un inicio, pero es importante recalcar que solo sirven de manera ilustrativa, ya que los costos de construcción, operación y mantenimiento, deberán evaluarse de manera particular para cada localidad, de acuerdo con los precios de mercado

Recomendaciones.

Se recomienda realizar este estudio, para cada localidad, considerando de igual manera los análisis de los costos índice, y considerando esquemas de tratamiento que obtengan los mismos resultados, pero sin perder de vista la posibilidad de contar con terreno disponible y personal especializado para la operación de la planta.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía

- CONAGUA. (2007). "Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos". México. 264 Pags.
- León Díaz F. (2005). "AGUA", Edición especial la Jornada; México.
- Ramalho, R.S., (1996), "Tratamiento de aguas residuales", Editorial Reverté, s.a. 2da edición (versión en español) España.
- Water Environment Federation and the Environmental and Water Resources Institute of ASCE. (2010) Design of Municipal Wastewater Treatment Plants, Fifth Edition. McGraw-Hill. 3034 pags.
- Morales, G. Servín, C. Montesillo, J. Escalante V. Rivas A. (2002). *Aplicación de Costos Índice de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. IMTA. México.
- Metcalf & Eddy, Inc. 2004, Wastewater Engineering. Treatment and reuse. Fourth Edition. Mc. Graw Hill, 1819 Págs.
- www.municipiosmichoacan.gob.mx.
- 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. México. Abril 2003.

GLOSARIO

GLOSARIO.**De la NOM-001-SEMARNAT-1996****Aguas costeras**

Son las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fija el derecho internacional; así como las aguas marinas interiores, las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar.

Aguas nacionales

Las aguas propiedad de la Nación, en los términos del párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

Aguas pluviales.

Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.

Bienes nacionales

Son los bienes cuya administración está a cargo de la Comisión Nacional del Agua en términos del artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales.

Carga contaminante

Cantidad de un contaminante expresada en unidades de masa por unidad de tiempo, aportada en una descarga de aguas residuales.

Condiciones particulares de descarga

El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por la Comisión Nacional del Agua para el responsable o grupo de responsables de la descarga o para un cuerpo receptor específico, con el fin de preservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

Contaminantes básicos

Son aquellos compuestos y parámetros que se presentan en las descargas de aguas residuales y que pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de Oxígeno₅, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl de nitritos y de nitratos, expresadas como mg/litro de nitrógeno), fósforo total, temperatura y pH.

Contaminantes patógenos y parasitarios

Son aquellos microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a la NOM-001-SEMARNAT-1996 sólo se consideran los coliformes fecales y los huevos de helminto.

Cuerpo receptor

Son las corrientes, depósitos naturales de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos.

Descarga

Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

Embalse artificial

Vaso de formación artificial que se origina por la construcción de un bordo o cortina y que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

Embalse natural

Vaso de formación natural que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

Estuario

Es el tramo del curso de agua bajo la influencia de las mareas que se extiende desde la línea de costa hasta el punto donde la concentración de cloruros en el agua es de 250 mg/l.

Humedales naturales

Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos, originadas por la descarga natural de acuíferos.

Límite máximo permisible

Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales.

Metales pesados y cianuros

Son aquéllos que, en concentraciones por encima de determinados límites, pueden producir efectos negativos en la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc y cianuros.

Muestra compuesta

La que resulta de mezclar el número de muestras simples, según lo indicado en la Tabla 1. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

Muestra simple

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

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

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

Donde:

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

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

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

Q_t = Q_i hasta Q_n , litros por segundo.

Parámetro

Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.

Promedio diario (P.D.)

Es el valor que resulta del análisis de una muestra compuesta. En el caso del parámetro grasas y aceites, es el promedio ponderado en función del caudal, y la media geométrica para los coliformes fecales, de los valores que resulten del análisis de cada una de las muestras simples tomadas para formar la muestra compuesta. Las unidades de pH no deberán estar fuera del rango permisible, en ninguna de las muestras simples.

Promedio mensual (P.M.)

Es el valor que resulte de calcular el promedio ponderado en función del caudal, de los valores que resulten del análisis de al menos dos muestras compuestas (Promedio diario).

Riego no restringido

La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y

cosecha de productos agrícolas en forma ilimitada como forrajes, granos, frutas, legumbres y verduras.

Riego restringido

La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, excepto legumbres y verduras que se consumen crudas.

Río

Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar.

Suelo

Cuerpo receptor de descargas de aguas residuales que se utiliza para actividades agrícolas.

Tratamiento convencional

Son los procesos de tratamiento mediante los cuales se remueven o estabilizan los contaminantes básicos presentes en las aguas residuales.

Uso en riego agrícola

La utilización del agua destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.

Uso público urbano

La utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización.

ANEXOS



CENTRO DE ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE, S.C.

INFORME DE ENSAYO

GERARDO PANTOJA GUZMAN PEÑA Y PEÑA.

Poniente # 714 Chapultepec Sur.
Morelia, Mich.

I.E. No. 651
MUESTRA No. 617

MONITOREO: La muestra fue tomada por el Cliente el día 2 y 3 de Diciembre del 2008, en la Descarga # 1 Arostaro.

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual.

FECHA DE RECEPCIÓN: 3 de Diciembre del 2008

PERIODO DE PRUEBA: 3 al 16 de Diciembre del 2008.

REPORTE DE CAMPO

PARÁMETROS	UNIDAD	HORA MUESTREO						PROM.	MIN.	MAX.
		13:00	17:00	21:00	01:00	05:00	09:00			
POTENCIAL DE HIDROGENO	UNIDAD	7	7	7	7	7	7	7.00	7.00	7.000
MATERIA FLOTANTE	-	A	P	P	A	P	P	-	-	-
TEMPERATURA AMBIENTE	°C	20.3	18.5	10	6	0	9	10.63	0	20.3
TEMPERATURA DEL AGUA	°C	19	18	18	18	18	18	18.17	18.0	19.0
GASTO	l/s	0.74	0.46	0.31	0.12	0.14	0.91	0.45	0.12	0.91

REPORTE DE MUESTRAS INDIVIDUALES

PARÁMETROS	UNIDAD	HORA MUESTREO						PROM.	MIN.	MAX.
		13:00	17:00	21:00	01:00	05:00	09:00			
GASTO	l/s	0.74	0.46	0.31	0.12	0.14	0.91	0.45	0.12	0.91
GRASAS Y ACEITES	mg/l	56.02	107.53	45.10	10.37	83.55	73.01	68.76	10.37	107.53
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	46000000	46000000	2400000	46000000	46000000	110000000	47727924	2400000	110000000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	110000000	110000000	46000000	110000000	110000000	240000000	108331969	46000000	240000000



Acreditación No. AG-141-044/02. Vigencia de acreditación del 16/05/07 al 16/05/11. NMX-EC-17025-IMNC-2006. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir sin la aprobación escrita del laboratorio

Página 1 de 2

W. A. Mozart N° 639 Fracc. La Loma C.P. 58290 Tels. 01 (443) 314-08-31 y 324-41-72
Fax (443) 315-77-84 E-mail: cemasc@hotmail.com Morelia, Mich.

"ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA, ENTRE UN SISTEMA LAGUNAR Y PROCESO DE AERACIÓN". CASO DE ESTUDIO: HUANIQUEO DE MORALES MICHOACAN.



CENTRO DE ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE, S.C.

INFORME DE ENSAYO

GERARDO PANTOJA GUZMAN PEÑA Y PEÑA.

Poniente # 714 Chapultepec Sur.
Morelia, Mich.I.E. No. 651
MUESTRA No. 617

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO

PARAMETRO	UNIDADES	CONCENTRACION	METODOLOGIA
POTENCIAL DE HIDROGENO	U	7.00	NMX-AA-008-SCFI-00
CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA	µs/cm	1154	NMX-AA-093-SCFI-00
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	658.4	NMX-AA-034-SCFI-01
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	20	NMX-AA-004-SCFI-00
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	730	NMX-AA-034-SCFI-01
SOLIDOS TOTALES	mg/l	1388.4	NMX-AA-034-SCFI-01
CLORUROS	mg/l	67.9	NMX-AA-073-SCFI-01
DUREZA TOTAL	mg/l	190	NMX-AA-072-SCFI-01
SULFATOS	mg/l	43.41	NMX-AA-074-81
SAAM	mg/l	8.66	NMX-AA-039-SCFI-01
ALCALINIDAD TOTAL	mg/l	498	NMX-AA-036-SCFI-01
NITROGENO TOTAL K	mg/l	95.20	NMX-AA-026-SCFI-01
NITROGENO AMONIAICAL	mg/l	70.28	NMX-AA-026-SCFI-01
FOSFORO TOTAL	mg/l	1.63	NMX-AA-029-SCFI-01
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/l	746	NMX-AA-028-SCFI-01
DBO SOLUBLE	mg/l	736	NMX-AA-028-SCFI-01
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/l	1089	NMX-AA-030-SCFI-01
DQO SOLUBLE	mg/l	871.2	NMX-AA-030-SCFI-01
CADMIO	mg/l	< 0.026	NMX-AA-051-SCFI-01
CROMO HEXAVALENTE	mg/l	< 0.046	NMX-AA-044-SCFI-01
NIQUEL	mg/l	< 0.161	NMX-AA-051-SCFI-01
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	108331969	NMX-AA-042-1987
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	47727924	NMX-AA-042-1987
GRASAS Y ACEITES	mg/l	68.76	NMX-AA-005-SCFI-2000
ARSENICO*	mg/l	< 0.001	NMX-AA-051-SCFI-01
BARIO*	mg/l	< 0.070	NMX-AA-051-SCFI-01
MERCURIO*	mg/l	0.037	NMX-AA-051-SCFI-01

*Parámetros Subcontratados

AUTORIZA



Q.F.B. LUZ DE LA E. TORRES ROSAS
COORDINADOR DE LABORATORIO
CED. PROF. 1033929



Acreditación No. AG-141-044/02. Vigencia de acreditación del 16/05/07 al 16/05/11. NMX-EC-17025-IMNC-2006. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir sin la aprobación escrita del laboratorio

Página 2 de 2

W. A. Mozart N° 639 Fracc. La Loma C.P. 58290 Tels. 01 (443) 314-08-31 y 324-41-72
Fax (443) 315-77-84 E-mail: cemasc@hotmail.com Morelia, Mich.



CENTRO DE ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE, S.C.

INFORME DE ENSAYO

GERARDO PANTOJA GUZMAN PEÑA.

Poniente # 714 Chapultepec Sur.

Morelia, Mich.

I.E. No. 652
MUESTRA No. 618

MONITOREO: La muestra fue tomada por el Cliente el día 2 y 3 de Diciembre del 2008, en la Descarga # 2 Calle Lázaro Cárdenas.

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual.

FECHA DE RECEPCIÓN: 3 de Diciembre del 2008

PERIODO DE PRUEBA: 3 al 16 de Diciembre del 2008.

REPORTE DE CAMPO

PARÁMETROS	UNIDAD	HORA MUESTREO						PROM.	MIN.	MAX.
		13:10	17:10	21:10	01:10	05:10	09:10			
POTENCIAL DE HIDROGENO	UNIDAD	7	7	7	7	7	7	7.00	7.00	7.000
MATERIA FLOTANTE	-	P	P	P	A	P	P	-	-	-
TEMPERATURA AMBIENTE	°C	20.3	17.5	9	6	0	9	10.30	0	20.3
TEMPERATURA DEL AGUA	°C	19	20	16	19	18	17	18.17	16.0	20.0
GASTO	l/s	0.99	0.64	0.42	0.18	0.28	0.96	0.58	0.18	0.99

REPORTE DE MUESTRAS INDIVIDUALES

PARÁMETROS	UNIDAD	HORA MUESTREO						PROM.	MIN.	MAX.
		13:10	17:10	21:10	01:10	05:10	09:10			
GASTO	l/s	0.99	0.64	0.42	0.18	0.28	0.96	0.58	0.18	0.99
GRASAS Y ACEITES	mg/l	35.5	185.19	56.42	15.37	8.76	15.38	56.87	8.76	185.19
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	1500000	9300000	24000000	2300000	4300000	9300000	8217583	2300000	24000000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	24000000	15000000	46000000	4300000	9300000	24000000	15856372	4300000	46000000



Acreditación No. AG-141-044/02. Vigencia de acreditación del 16/05/07 al 16/05/11. NMX-EC-17025-IMNC-2006. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir sin la aprobación escrita del laboratorio

Página 1 de 2

W. A. Mozart N° 639 Fracc. La Loma C.P. 58290 Tels. 01 (443) 314-08-31 y 324-41-72
Fax (443) 315-77-84 E-mail: cemas@hotmai.com Morelia, Mich.



CENTRO DE ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE, S.C.

INFORME DE ENSAYO

GERARDO PANTOJA GUZMAN PEÑA.

Poniente # 714 Chapultepec Sur.
Morelia, Mich.I.E. No. 652
MUESTRA No. 618

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO

PARAMETRO	UNIDADES	CONCENTRACION	METODOLOGIA
POTENCIAL DE HIDROGENO	U	7	NMX-AA-008-SCFI-00
CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA	Ms/cm	537	NMX-AA-093-SCFI-00
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	490.82	NMX-AA-034-SCFI-01
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	1.2	NMX-AA-004-SCFI-00
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	160	NMX-AA-034-SCFI-01
SOLIDOS TOTALES	mg/l	506.82	NMX-AA-034-SCFI-01
CLORUROS	mg/l	23.9	NMX-AA-073-SCFI-01
DUREZA TOTAL	mg/l	104	NMX-AA-072-SCFI-01
SULFATOS	mg/l	32.95	NMX-AA-074-81
SAAM	mg/l	12.27	NMX-AA-039-SCFI-01
ALCALINIDAD TOTAL	mg/l	228	NMX-AA-036-SCFI-01
NITROGENO TOTAL K	mg/l	68.04	NMX-AA-026-SCFI-01
NITROGENO AMONICAL	mg/l	33.32	NMX-AA-026-SCFI-01
FOSFORO TOTAL	mg/l	2.55	NMX-AA-029-SCFI-01
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/l	247	NMX-AA-028-SCFI-01
DBO SOLUBLE	mg/l	175.3	NMX-AA-028-SCFI-01
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/l	356.4	NMX-AA-030-SCFI-01
DQO SOLUBLE	mg/l	277.2	NMX-AA-030-SCFI-01
CADMIO	mg/l	< 0.26	NMX-AA-051-SCFI-01
CROMO HEXAVALENTE	mg/l	< 0.046	NMX-AA-044-SCFI-01
NIQUEL	mg/l	< 0.161	NMX-AA-051-SCFI-01
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	15856372	NMX-AA-042-1987
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	8217583	NMX-AA-042-1987
GRASAS Y ACEITES	mg/l	56.87	NMX-AA-005-SCFI-2000
ARSENICO*	mg/l	< 0.001	NMX-AA-051-SCFI-01
BARIO*	mg/l	< 0.070	NMX-AA-051-SCFI-01
MERCURIO*	mg/l	0.005	NMX-AA-051-SCFI-01

*Parámetros Subcontratados

AUTORIZA



Q.F.B. LUZ DE LA E. TORRES ROSAS
COORDINADOR DE LABORATORIO
CED. PROF. 1033929



Acreditación No. AG-141-044/02. Vigencia de acreditación del 16/05/07 al 16/05/11. NMX-EC-17025-IMNC-2006. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir sin la aprobación escrita del laboratorio

Página 2 de 2

W. A. Mozart N° 639 Fracc. La Loma C.P. 58290 Tels. 01 (443) 314-08-31 y 324-41-72
Fax (443) 315-77-84 E-mail: cemas@hotmail.com Morelia, Mich.



CENTRO DE ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE, S.C.

INFORME DE ENSAYO

GERARDO PANTOJA GUZMAN PEÑA.Poniente # 714 Chapultepec Sur.
Morelia, Mich.I.E. No. 653
MUESTRA No. 619

MONITOREO: La muestra fue tomada por el Cliente el día 2 y 3 de Diciembre del 2008, en la Descarga # 3 Boulevard Huaniqueo.
TIPO DE MUESTRA: Agua Residual.
FECHA DE RECEPCIÓN: 3 de Diciembre del 2008
PERIODO DE PRUEBA: 3 al 16 de Diciembre del 2008.

REPORTE DE CAMPO

PARÁMETROS	UNIDAD	HORA MUESTREO						PROM.	MIN.	MAX.
		13:30	17:30	21:30	01:30	05:30	09:30			
POTENCIAL DE HIDROGENO	UNIDAD	7	7	7	7	7	7	7.00	7.00	7.00
MATERIA FLOTANTE	-	P	P	P	A	P	P	-	-	-
TEMPERATURA AMBIENTE	°C	20	16	8	6	1	12	10.50	1	20
TEMPERATURA DEL AGUA	°C	19	19	18	17	19	19	18.50	17.0	19.0
GASTO	l/s	1.03	0.84	0.68	0.28	0.81	0.94	0.76	0.28	1.03

REPORTE DE MUESTRAS INDIVIDUALES

PARÁMETROS	UNIDAD	HORA MUESTREO						PROM.	MIN.	MAX.
		13:30	17:30	21:30	01:30	05:30	09:30			
GASTO	l/s	1.03	0.84	0.68	0.28	0.81	0.94	0.76	0.28	1.03
GRASAS Y ACEITES	mg/l	42.16	43.53	10.76	10.92	7.9	27.68	26.81	7.90	43.53
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	2400000	2400000	2400000	930000	460000	1100000	930846	240000	2400000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	4600000	2400000	1100000	4600000	1100000	2400000	2298550	1100000	4600000



Acreditación No. AG-141-044/02. Vigencia de acreditación del 16/05/07 al 16/05/11. NMX-EC-17025-IMNC-2006. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir sin la aprobación escrita del laboratorio

Página 1 de 2

W. A. Mozart N° 639 Fracc. La Loma C.P. 58290 Tels. 01 (443) 314-08-31 y 324-41-72
 Fax (443) 315-77-84 E-mail: cemasc@hotmail.com Morelia, Mich.

"ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA, ENTRE UN SISTEMA LAGUNAR Y PROCESO DE AERACIÓN". CASO DE ESTUDIO: HUANIQUEO DE MORALES MICHOACAN.



CENTRO DE ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE, S.C.

INFORME DE ENSAYO

GERARDO PANTOJA GUZMAN PEÑA.Poniente # 714 Chapultepec Sur.
Morelia, Mich.I.E. No. 653
MUESTRA No. 619

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO

PARAMETRO	UNIDADES	CONCENTRACION	METODOLOGIA
POTENCIAL DE HIDROGENO	U	7	NMX-AA-008-SCFI-00
CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA	Ms/cm	544	NMX-AA-093-SCFI-00
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	323.44	NMX-AA-034-SCFI-01
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	1.0	NMX-AA-004-SCFI-00
SOLIDOS SUPENDIDOS TOTALES	mg/l	74.35	NMX-AA-034-SCFI-01
SOLIDOS TOTALES	mg/l	397.78	NMX-AA-034-SCFI-01
CLORUROS	mg/l	26.9	NMX-AA-073-SCFI-01
DUREZA TOTAL	mg/l	116	NMX-AA-072-SCFI-01
SULFATOS	mg/l	42.19	NMX-AA-074-81
SAAM	mg/l	8.21	NMX-AA-039-SCFI-01
ALCALINIDAD TOTAL	mg/l	221.6	NMX-AA-036-SCFI-01
NITROGENO TOTAL K	mg/l	74.78	NMX-AA-026-SCFI-01
NITROGENO AMONIACAL	mg/l	29.96	NMX-AA-026-SCFI-01
FOSFORO TOTAL	mg/l	1.08	NMX-AA-029-SCFI-01
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/l	175.7	NMX-AA-028-SCFI-01
DBO SOLUBLE	mg/l	143	NMX-AA-028-SCFI-01
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/l	237.6	NMX-AA-030-SCFI-01
DQO SOLUBLE	mg/l	148	NMX-AA-030-SCFI-01
CADMIO	mg/l	< 0.026	NMX-AA-051-SCFI-01
CROMO HEXAVALENTE	mg/l	< 0.046	NMX-AA-044-SCFI-01
NIQUEL	mg/l	< 0.161	NMX-AA-051-SCFI-01
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	2298550	NMX-AA-042-1987
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	930846	NMX-AA-042-1987
GRASAS Y ACEITES	mg/l	26.81	NMX-AA-005-SCFI-2000
ARSENICO*	mg/l	< 0.001	NMX-AA-051-SCFI-01
BARIO*	mg/l	< 0.070	NMX-AA-051-SCFI-01
MERCURIO*	mg/l	0.003	NMX-AA-051-SCFI-01

*Parametros Subcontratados.

AUTORIZA



Q.F.B. LUZ DE LA E. TORRES ROSAS
COORDINADOR DE LABORATORIO
CED. PROF. 1033929



Acreditación No. AG-141-044/02. Vigencia de acreditación del 16/05/07 al 16/05/11. NMX-EC-17025-IMNC-2006. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir sin la aprobación escrita del laboratorio

Página 2 de 2

W. A. Mozart N° 639 Fracc. La Loma C.P. 58290 Tels. 01 (443) 314-08-31 y 324-41-72
Fax (443) 315-77-84 E-mail: cemas@hotmai.com Morelia, Mich.



CENTRO DE ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE, S.C.

INFORME DE ENSAYO

GERARDO PANTOJA GUZMAN PEÑA.

Poniente # 714 Chapultepec Sur.

Morelia, Mich.

I.E. No. 650
MUESTRA No. 620

MONITOREO: La muestra fue tomada por el Cliente el día 2 y 3 de Diciembre del 2008, en la Descarga # 4 Calle Ejercito Nacional, (Mi Arroyo Santa Martha).

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual.

FECHA DE RECEPCIÓN: 3 de Diciembre del 2008

PERIODO DE PRUEBA: Del 3 al 16 de Diciembre del 2008.

REPORTE DE CAMPO

PARÁMETROS	UNIDAD	HORA MUESTREO						PROM.	MIN.	MAX.
		13:45	17:45	21:45	01:45	05:45	09:45			
POTENCIAL DE HIDROGENO	UNIDAD	7	7	7	7	7	7	7.00	7.00	7.000
MATERIA FLOTANTE	-	P	P	P	P	P	P	-	-	-
TEMPERATURA AMBIENTE	°C	21.0	14.0	8	6	1	10	10.00	1	21
TEMPERATURA DEL AGUA	°C	19	19	19	19	19	18	18.83	18.0	19.0
GASTO	l/s	6.16	4.18	2.79	1.93	2.97	5.28	3.89	1.93	6.16

REPORTE DE MUESTRAS INDIVIDUALES

PARÁMETROS	UNIDAD	HORA MUESTREO						PROM.	MIN.	MAX.
		13:45	17:45	21:45	01:45	05:45	09:45			
GASTO	l/s	6.16	4.18	2.79	1.93	2.97	5.28	3.89	1.93	6.16
GRASAS Y ACEITES	mg/l	45.4	103.02	42.80	70.49	77.7	86.7	71.02	42.80	103.02
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	2400000	4600000	1100000	750000	2400000	1100000	16989131	7500000	46000000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	46000000	110000000	24000000	15000000	46000000	24000000	35527967	15000000	110000000



Acreditación No. AG-141-044/02. Vigencia de acreditación del 16/05/07 al 16/05/11. NMX-EC-17025-IMNC-2006. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir sin la aprobación escrita del laboratorio

Página 1 de 2

W. A. Mozart N° 639 Fracc. La Loma C.P. 58290 Tels. 01 (443) 314-08-31 y 324-41-72
Fax (443) 315-77-84 E-mail: cemas@hotmai.com Morelia, Mich.

"ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA, ENTRE UN SISTEMA LAGUNAR Y PROCESO DE AERACION". CASO DE ESTUDIO: HUANIQUEO DE MORALES MICHOACAN.



CENTRO DE ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE, S.C.

INFORME DE ENSAYO

GERARDO PANTOJA GUZMAN PEÑA.

Poniente # 714 Chapultepec Sur.

Morelia, Mich.

I.E. No. 650

MUESTRA No. 620

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO

PARAMETRO	UNIDADES	CONCENTRACION	METODOLOGIA
POTENCIAL DE HIDROGENO	U	7	NMX-AA-008-SCFI-00
CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA	µs/cm	939	NMX-AA-093-SCFI-00
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	867.5	NMX-AA-034-SCFI-01
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	12.0	NMX-AA-004-SCFI-00
SOLIDOS SUPENDIDOS TOTALES	mg/l	400	NMX-AA-034-SCFI-01
SOLIDOS TOTALES	mg/l	1267.5	NMX-AA-034-SCFI-01
CLORUROS	mg/l	58.9	NMX-AA-073-SCFI-01
DUREZA TOTAL	mg/l	226	NMX-AA-072-SCFI-01
SULFATOS	mg/l	37.31	NMX-AA-074-81
SAAM	mg/l	11.19	NMX-AA-039-SCFI-01
ALCALINIDAD TOTAL	mg/l	374	NMX-AA-036-SCFI-01
NITROGENO TOTAL K	mg/l	68.32	NMX-AA-026-SCFI-01
NITROGENO AMONIAICAL	mg/l	50.12	NMX-AA-026-SCFI-01
FOSFORO TOTAL	mg/l	5.41	NMX-AA-029-SCFI-01
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/l	470	NMX-AA-028-SCFI-01
DBO SOLUBLE	mg/l	449	NMX-AA-028-SCFI-01
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/l	673.2	NMX-AA-030-SCFI-01
DQO SOLUBLE	mg/l	554.4	NMX-AA-030-SCFI-01
CADMIO	mg/l	< 0.026	NMX-AA-051-SCFI-01
CROMO HEXAVALENTE	mg/l	< 0.046	NMX-AA-044-SCFI-01
NIQUEL	mg/l	< 0.161	NMX-AA-051-SCFI-01
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	35527967	NMX-AA-042-1987
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	16989131	NMX-AA-042-1987
GRASAS Y ACEITES	mg/l	71.02	NMX-AA-005-SCFI-2000
ARSENICO*	mg/l	< 0.001	NMX-AA-051-SCFI-01
BARIO*	mg/l	< 0.070	NMX-AA-051-SCFI-01
MERCURIO*	mg/l	< 0.008	NMX-AA-051-SCFI-01

*Parámetros Subcontratados

AUTORIZA

Q.F.B. LUZ DE LA E. TORRES ROSAS
COORDINADOR DE LABORATORIO
CED. PROF. 1033929



Acreditación No. AG-141-044/02. Vigencia de acreditación del 16/05/07 al 16/05/11. NMX-EC-17025-IMNC-2006. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir sin la aprobación escrita del laboratorio

Página 2 de 2

W. A. Mozart N° 639 Fracc. La Loma C.P. 58290 Tels. 01 (443) 314-08-31 y 324-41-72
Fax (443) 315-77-84 E-mail: cemas@hotmai.com Morelia, Mich.



CENTRO DE ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE, S.C.

INFORME DE ENSAYO

GERARDO PANTOJA GUZMAN PEÑA.Poniente # 714 Chapultepec Sur.
Morelia, Mich.I.E. No. 654
MUESTRA No. 621

MONITOREO: La muestra fue tomada por el Cliente el día 2 y 3 de Diciembre del 2008, en la Descarga # 5 Predio el Sobrado.

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual.

FECHA DE RECEPCIÓN: 3 de Diciembre del 2008

PERIODO DE PRUEBA: 3 al 16 de Diciembre del 2008.

REPORTE DE CAMPO

PARÁMETROS	UNIDAD	HORA MUESTREO						PROM.	MIN.	MAX.
		14:00	18:00	22:00	02:00	06:00	10:00			
POTENCIAL DE HIDROGENO	UNIDAD	7	7	7	7	7	7	7.00	7.00	7.00
MATERIA FLOTANTE	-	A	A	A	P	P	P	-	-	-
TEMPERATURA AMBIENTE	°C	20.3	13	7	4	0	15	9.88	0	20.3
TEMPERATURA DEL AGUA	°C	16.4	16	15	15	16	16	15.73	15.0	16.4
GASTO	l/s	0.42	0.61	0.48	0.07	1.74	2.35	0.95	0.07	2.35

REPORTE DE MUESTRAS INDIVIDUALES

PARÁMETROS	UNIDAD	HORA MUESTREO						PROM.	MIN.	MAX.
		14:00	18:00	22:00	02:00	06:00	10:00			
GASTO	l/s	0.42	0.61	0.48	0.07	1.74	2.35	0.95	0.07	2.35
GRASAS Y ACEITES	mg/l	4.72	4.05	1.03	8.35	2.07	0.98	2.02	0.98	8.35
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	240000	230000	150000	2400000	1500000	460000	489232	150000	2400000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	460000	460000	240000	4600000	2400000	1100000	922603	240000	4600000



Acreditación No. AG-141-044/02. Vigencia de acreditación del 16/05/07 al 16/05/11. NMX-EC-17025-IMNC-2006. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir sin la aprobación escrita del laboratorio

Página 1 de 2

W. A. Mozart N° 639 Fracc. La Loma C.P. 58290 Tels. 01 (443) 314-08-31 y 324-41-72
Fax (443) 315-77-84 E-mail: cemasc@hotmail.com Morelia, Mich.



CENTRO DE ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE, S.C.

INFORME DE ENSAYO

GERARDO PANTOJA GUZMAN PEÑA.Poniente # 714 Chapultepec Sur.
Morelia, Mich.I.E. No. 654
MUESTRA No. 621

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO

PARAMETRO	UNIDADES	CONCENTRACION	METODOLOGIA
POTENCIAL DE HIDROGENO	U	7	NMX-AA-008-SCFI-00
CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA	Ms/cm	388	NMX-AA-093-SCFI-00
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	311.7	NMX-AA-034-SCFI-01
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	3.5	NMX-AA-004-SCFI-00
SOLIDOS SUPENDIDOS TOTALES	mg/l	120	NMX-AA-034-SCFI-01
SOLIDOS TOTALES	mg/l	431.7	NMX-AA-034-SCFI-01
CLORUROS	mg/l	17.9	NMX-AA-073-SCFI-01
DUREZA TOTAL	mg/l	138	NMX-AA-072-SCFI-01
SULFATOS	mg/l	31.29	NMX-AA-074-81
SAAM	mg/l	3.61	NMX-AA-039-SCFI-01
ALCALINIDAD TOTAL	mg/l	142.2	NMX-AA-036-SCFI-01
NITROGENO TOTAL K	mg/l	21.48	NMX-AA-026-SCFI-01
NITROGENO AMONIAICAL	mg/l	12.18	NMX-AA-026-SCFI-01
FOSFORO TOTAL	mg/l	0.30	NMX-AA-029-SCFI-01
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/l	193.3	NMX-AA-028-SCFI-01
DBO SOLUBLE	mg/l	173.6	NMX-AA-028-SCFI-01
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/l	257.4	NMX-AA-030-SCFI-01
DQO SOLUBLE	mg/l	217.8	NMX-AA-030-SCFI-01
CADMIO	mg/l	<0.026	NMX-AA-051-SCFI-01
CROMO HEXAVALENTE	mg/l	<0.046	NMX-AA-044-SCFI-01
NIQUEL	mg/l	<0.161	NMX-AA-051-SCFI-01
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	922603	NMX-AA-042-1987
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	489232	NMX-AA-042-1987
GRASAS Y ACEITES	mg/l	2.02	NMX-AA-005-SCFI-2000
ARSENICO*	mg/l	<0.001	NMX-AA-051-SCFI-01
BARIO*	mg/l	<0.070	NMX-AA-051-SCFI-01
MERCURIO*	mg/l	0.003	NMX-AA-051-SCFI-01

* Parametros Subcontratados

AUTORIZA



Q.F.B. LUZ DE LA E. TORRES ROSAS
COORDINADOR DE LABORATORIO
CED. PROF. 1033929



Acreditación No. AG-141-044/02. Vigencia de acreditación del 16/05/07 al 16/05/11. NMX-EC-17025-IMNC-2006. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir sin la aprobación escrita del laboratorio

Página 2 de 2

W. A. Mozart N° 639 Fracc. La Loma C.P. 58290 Tels. 01 (443) 314-08-31 y 324-41-72
Fax (443) 315-77-84 E-mail: cemas@hotmai.com Morelia, Mich.