



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA
LOCALIDAD DE BELLAS FUENTES, MUNICIPIO DE COENEO,
MICHOACÁN.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA EL:

PASANTE DE INGENIERÍA CIVIL ERICK ALEJANDRO GUZMÁN MEJIA

ASESOR:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL AMIR RAMIRO GUZMÁN CHÁVEZ

Morelia Michoacán, Diciembre 2013

DEDICATORIAS

Este trabajo que con gran esfuerzo y mucho apoyo de mis maestros asesores, es sin duda el reflejo de muchos años de estudio, que aunque algunas veces hubo tropiezos, con el apoyo de mis seres queridos tuve las fuerzas para ponerme de pie y seguir adelante.

Sin duda alguna mis padres, hermanos y mi novia, que son las personas más importantes que tengo en mi corazón, les dedico este trabajo de tesis, que a base de desvelos y horas de trabajo he realizado.

A mi abuelo persona muy importante en mi vida le dedico este trabajo que con esfuerzo he realizado.

También dedico esta tesis a mis amigos y amigas que estuvieron siempre al pendiente de mi desempeño como amigo y compañero de clases.

A mis amigos Ingenieros Civiles con mucho cariño les dedico mi tesis por que sin ellos mi estancia en la Facultad de Ingeniería Civil hubiera sido muy rutinaria.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios, la dicha que me ha dado de vivir y que hasta en los peores momentos se ha encargado de sacarme adelante. También le agradezco por la vida de mis padres, hermanos de mi familia entera, de mi novia, de todos mis amigos, de mis profesores, de todas las personas con las que he convivido en este periodo de mi vida y por ultimo de las personas con las que me relacionare en un futuro, GRACIAS MI DIOS.

A mi mamá Cecilia Mejía gracias, por su sensibilidad, por su apoyo, su inmenso amor, porque es el motor de mi vida quien se encargo de enseñarme cada uno de los valores para ser un hombre de bien en esta vida, “gracias mamita te amo”.

A mi papá Donaciano Guzmán, quien me ha enseñado la importancia de saber trabajar, quien me llena de orgullo por que siempre cuida mis pasos a donde quiera que voy.

A mis hermanas Jessica Guzmán, Yuliana Guzmán y mi hermano Edgar Guzmán: por su compañerismo, su confianza, apoyo para poder llegar a mi objetivo tan importante en mi vida, que a pesar de mis regaños y llamadas de atención siempre nos hemos mantenido unidos.

A mis abuelos María Nieves, Soledad Vázquez y en especial al pilar de la familia Guzmán, mi abuelo Donaciano Guzmán, que orgullosamente fue el motivo para que yo eligiera esta carrera de Ingeniero Civil, que quien sin un estudio escolar, realizo grandes obras, quien a mis 8 años de vida ya me enseñaba como hacer concreto, quien en mi vida como estudiante en la Facultad me ha dado los mejores consejos en mi vida personal y en mi vida laboral, que hoy en día se encarga de corregir mis errores, gracias abuelito te adoro mi viejito precioso.

A mi novia Elizabeth Ríos, quien en los peores momentos de mi vida no ha dejado de alentarme a seguir, por darme su paciencia su comprensión y sobre todo su amor, gracias Eli te amo.

A mis tíos y primos, por sus consejos que he recibido en los momentos de convivencia, les doy las gracias.

A mis amigos y futuros colegas: Marco, Gabi, Erick, Lidia, Toño Rubio, Omar Lucas, Amayrani, Rogelio, Chelis, Toñito, Pati, Ernesto, Omar Ubaldo, Germán, Julio, David, Mario, Anthony, Abraham, Jackelin, Samanta, Omar Quijano, Víctor y el resto de mis compañeros gracias por sus consejos, apoyos y sobre todo por su compañerismo en clase y su amistad.

A la empresa Bio3tech, quien además de facilitar sus instalaciones para que yo pudiera desarrollar mí trabajo, también compartieron información que utilice para la realización de mi tesis.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo que orgullosamente me dio la oportunidad para la realización de mis estudios.

A la Facultad de Ingeniería Civil. Que por su prestigio y su misión me han formado para poner en alto el nombre de la institución.

A mis profesores, quienes se encargaron de formarme en el ámbito laboral, quienes día a día me dotaron de las herramientas que necesitare para enfrentarme en la escuela de la vida.

Al departamento y laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, quien de la misma manera se ha encargado de mi formación laboral, y facilitar sus instalaciones también para la elaboración de mi trabajo de tesis.

Le agradezco al Ingeniero Ramiro Guzmán Rodríguez, que aunque nunca tuve el honor de recibir una clase de su parte, cuando tuve dudas, él con gusto me oriento para poder resolverlas.

Al M.C. Adrián Ixcoatl Cervantes Servín, por su amistad y apoyo para la realización de este trabajo.

Al M.C. Juan Alonso Villalón Cueto, por su amistad y herramientas para poder llegar al objetivo propuesto.

Al M.C. Roberto García Acevedo, por su aportación a mi formación académica y laboral, sobre todo por su amistad incondicional, sabiduría y consejos.

Gracias a mi amigo, profesor y asesor para la realización de este trabajo M.C. Amir Ramiro Guzmán Chávez, por sus conocimientos impartidos, su apoyo incondicional, su amistad y apoyo para salir adelante cada día, sobre todo me siento muy agradecido por la confianza que ha depositado en mí, gracias.

Gracias por todo a aquellas personas que me apoyaron incondicionalmente y sobre todo por confiar en mí para poder llegar a este momento tan especial de mi vida profesional.

CONTENIDO

RESUMEN.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	10
2. ANTECEDENTES.....	11
2.1. EL AGUA Y SUS CONTAMINANTES.....	11
2.1.1. El agua en el planeta tierra.....	11
2.1.2. La contaminación en el agua.....	13
2.1.3. Composición y estudio del agua.....	14
2.1.3.1. Composición del agua.....	14
2.1.3.2. La hidrología.....	15
2.1.3.3. El Ciclo hidrológico.....	15
2.2. NORMATIVA EN MATERIA DEL AGUA.....	16
2.2.1. Ley de aguas nacionales y su reglamento.....	17
2.2.2. Normas Oficiales Mexicanas.....	18
2.2.2.1. Normas Oficiales Mexicanas en materia de aguas residuales.....	18
2.2.2.2. Normas Oficiales Mexicanas en materia de sólidos y biosólidos.....	24
2.2.3. Normas Mexicanas.....	24
2.3. PARÁMETROS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	25
2.3.1. Parámetros organolépticos y físicos.....	25
2.3.2. Parámetros químicos.....	30
2.3.3. Parámetros biológicos.....	35
2.4. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN MÉXICO.....	36
2.4.1. Procesos de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en México.....	44
2.4.2. Necesidades de tratamiento de aguas residuales municipales de México.....	40
2.5. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES Y PROCESOS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.....	45

2.5.1. Necesidades de tratamiento de aguas residuales municipales en el estado de Michoacán.....	46
3. OBJETIVO.....	49
4. ESTUDIOS PRELIMINARES.....	50
4.1. MARCO FÍSICO.....	50
4.1.1. Localización geográfica.....	50
4.1.2. Clima.....	53
4.1.3. Infraestructura hidráulica.....	54
a) Agua potable.....	55
b) Alcantarillado.....	55
4.2. ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS.....	55
4.2.1. Demografía.....	55
4.2.2. Nivel de vida.....	56
4.3. MECÁNICA DE SUELOS.....	58
4.4. COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE BELLAS FUENTES, MUNICIPIO DE COENEO MICHOACÁN.....	62
4.4.1. Aforo y muestreo.....	63
4.4.2. Estudios de calidad del agua.....	66
4.4.3. Población proyecto.....	67
4.5. GASTOS DE DISEÑO.....	71
4.6. TOPOGRAFÍA.....	75
5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO.....	77
5.1. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	84
6. DISEÑO DE INGENIERÍA BÁSICA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO.....	85
6.1 TREN DE TRATAMIENTO.....	85
6.2. PRETRATAMIENTO.....	86
6.2.1. Dimensionamiento del pretratamiento.....	86

6.2.1.1 Cribado.....	86
6.2.1.2. Canal desarenador.....	89
6.2.1.3. Vertedor proporcional.....	92
6.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	95
6.3.1. Dimensionamiento del tratamiento secundario.....	95
6.3.1.1. Humedal artificial (Método analítico de Kadlec y Knight, 1996).....	95
6.4. TRATAMIENTO TERCARIO.....	101
6.4.1. Dimensionamiento del tratamiento terciario.....	101
6.4.1.1. Desinfección.....	101
6.4.1.2. Vertedor triangular.....	107
6.5. RESUMEN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA PROPUESTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	109
6.6. ESQUEMAS DEL TRATAMIENTO PROPUESTO.....	111
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN.....	117
8. BIBLIOGRAFÍA.....	119

RESUMEN

Debido a la necesidad de reducir la contaminación del agua en la localidad de Bellas Fuentes, municipio de Coeeneo, Michoacán, fue necesario analizar la problemática, recopilando información respecto a los factores que la generan. Teniendo en cuenta la magnitud del problema, es necesario establecer un proceso de tratamiento de aguas residuales que sea eficiente tanto económicamente como funcionalmente. El proceso que cumple con estas características es el de humedales con flujo subsuperficial horizontal, que además de cumplir con la remoción de contaminantes, su operación es simple y sencilla. El diseño de la planta de tratamiento está conformado por un proceso de cribado, el cual se encarga de remover la materia de grandes dimensiones, un canal desarenador, el cual removerá partículas de material arenoso, un humedal con flujo subsuperficial horizontal que sirve para remover materia orgánica e inorgánica, y finalmente por un tanque de contacto de cloro para reducir la cantidad de microorganismos patógenos en el agua residual. El efluente de la propuesta de tratamiento de aguas residuales cuenta con las características de descarga de la NOM-003-SEMARNAT-1997 para reúso en servicios al público con contacto directo.

Palabras clave: contaminación del agua, tratamiento de aguas residuales y humedal con flujo subsuperficial horizontal.

ABSTRACT

Due to the need to reduce water pollution in the town of Bellas Fuentes, Coeeneo municipality, Michoacán, was necessary to analyze the problem, gathering information regarding the factors that generate it. Given the magnitude of the problem, it is necessary to establish a process for wastewater treatment that is efficient both economically and functionally. The process that meets these characteristics is the horizontal subsurface flow wetlands, further to meet pollutant removal, operation is simple and straightforward. The design of the treatment plant is comprised of a screening process , which is responsible for removing the floating matter, a sand channel, which remove particles of sandy material , wetland horizontal subsurface flow that serves to remove material organic and inorganic , and finally by a chlorine contact tank to reduce the amount of pathogenic microorganisms in the wastewater. The effluent from the proposed wastewater treatment has discharge characteristics of the NOM-003-SEMARNAT-1997 for services reuse in direct contact with the public.

Keywords: water pollution, wastewater treatment and horizontal subsurface flow wetland.

1. INTRODUCCION

El trabajo que se realizó tiene como propósito, aportar una alternativa lógica y eficiente de tratamiento de aguas residuales municipales, para posteriormente utilizarla en actividades agrícolas, tomando en cuenta los lineamientos de las Instituciones a fines a esta área. La propuesta de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se elaborará para la localidad de Bellas Fuentes, que se encuentra en el municipio de Coeneo, en el estado de Michoacán.

El presente trabajo que se llevara a cabo, es necesaria para mejorar la calidad de aguas y bienes nacionales, pero sobre todo la calidad de vida de la población. De lo contrario si estas aguas residuales no tienen un manejo adecuado, generan importantes impactos al medio ambiente pero además problemas importantes en cuestión de salud para la sociedad, sobre todo para los habitantes de la población.

Conforme a la problemática que se tiene en el país y en el mundo entero respecto al recurso hídrico, es necesario hacer un conjunto de análisis de los aspectos generales de la problemática del agua en el país, el cual engloba lo que es en primer instancia los componentes, funciones y contaminantes del agua, prosiguiendo con los reglamentos y normas en materia de agua, así también como una recopilación de los sistemas y procesos con los que cuenta el país, para el tratamiento de aguas residuales.

Para poder establecer una metodología eficiente en la propuesta, es necesario realizar una serie de estudios preliminares, de esta manera en base a los resultados que se obtengan de los estudio poder determinar una alternativa que sea capaz de mitigar esta problemática.

Con una alternativa bien definida para la propuesta de tratamiento se puede proceder a un diseño básico de Ingeniería, en el cual se incluirán los procesos que se encargaran de la degradación de los contaminantes de las aguas residuales, además de incluir las dimensiones más recomendables, hacer eficiente el desarrollo del proceso.

La alternativa de la planta de tratamiento, propuesta es poco utilizada en el país, pero es de uso regular en el estado, no fueron estas causas factor alguno para su uso, en cambio su eficiencia, sus costos accesibles en cuestión de operación y mantenimiento en comparación con otros procesos propuestos, es incomparable. Así que satisface necesidades con las que cuenta la localidad sin problema alguno.

1.1. JUSTIFICACIÓN

En el país existe una gran cantidad de comunidades rurales que tienen un bajo índice poblacional que por su gran dispersión geográfica dificulta grandemente el dotarlas de servicios básicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento. En la parte en la que la propuesta estará enfocada, es la de saneamiento de las descargas de aguas residuales originadas por estas poblaciones mediante los sistemas de tratamiento más utilizados, los cuales en ocasiones al tener un mal diseño, provocan fuertes presiones económicas y dificultad en la operación y mantenimiento de tales sistemas, debido a los altos costos que requieren los equipos electromecánicos con que se equipan para su operación, lo que dificultaría la operación de estos sistemas a largo plazo. Una buena opción sería el utilizar procesos naturales, que con la adecuada tecnología aplicada en su diseño podrían proporcionar tratamientos eficientes de bajo costo.

El agua es el sustento del ser humano, además de apuntalar el desarrollo económico y social de la localidad, es un elemento fundamental para la evolución del medio ambiente. El ser humano al experimentar la carencia de este recurso vital que hoy en día aun se vive, es entonces que surge la necesidad para realizar actividades en cuestión de la reutilización de este recurso pero considerando previo a esto la eliminación de toda aquella materia que contamina el recurso hídrico.

El buen desarrollo de las localidades, inicia con los servicios básicos e indispensables para sus habitantes, dentro de ellos se encuentra el precario abastecimiento de agua potable, es tanto la importancia que se le da a este servicio que la parte de su tratamiento pocas veces es tomado en cuenta, el problema no se refleja al poco tiempo, si no al transcurso de los años, en ayuda del desarrollo de la localidad es cuando este servicio, (referido al del tratamiento de las aguas residuales) ahora si es necesario para un buen desarrollo de la comunidad.

2. ANTECEDENTES

2.1. EL AGUA Y SUS CONTAMINANTES

El agua tiene una infinidad de usos, por tal motivo su exposición a ser utilizada y posteriormente desechada, es un proceso diario que todo ser humano realiza, siendo esta una de las principales razones por las que este elemento pierde sus propiedades naturales, presentándose así la contaminación del agua.

2.1.1. El agua en el planeta tierra.

De todos los planetas que compone el sistema solar, el planeta tierra, es conocido como “planeta azul” ya que el 70% de su superficie terrestre está cubierta por agua.

La falta de agua, al paso de los días se presenta con más frecuencia, por tal motivo el bienestar de todos los que habitan el planeta se ve afectado. Como ya se tiene conocimiento en lugares poco civilizados la escases de este elemento ya no es cosa nueva, ni se diga la calidad con la que cuenta el poco líquido; esto conlleva a una serie de enfermedades y además estancar parte de la supervivencia de muchas sociedades. Suena razonable mencionar que la carencia del agua no es un tema nuevo para el ser humano, ciertamente escritos históricos tal como son la Biblia, el Corán y otras escrituras sagradas abundan respecto al agua y a los conflictos causados por el agua.

De acuerdo a estudios y datos estadísticos, La ONU afirma que a nivel mundial son 900 millones de personas que viven sin acceso al agua potable y 2,600 millones no cuentan con los servicios mínimos de saneamiento, nos referimos a saneamiento con el manejo adecuado del agua potable, aguas residuales, como también el manejo de los residuos sólidos. Dichas estadísticas son focos muy alarmantes ya que para darse una idea y basándose tan solo en el país de México, que cuenta con un territorio de 198 millones de hectáreas de las cuales 145 millones se dedican a la actividad agropecuaria que es la base tanto económica como alimenticia del país, por lo que esto conlleva al inicio de este apartado que si no es por este recurso hídrico vital, el desarrollo de la vida cotidiana del país como también del mundo no sería el adecuado.

Se considera que un país carece de agua cuando dicho lugar cuenta con menos de 1000 metros cúbicos disponibles por habitante por año. Los países con 1000 a 1700 metros cúbicos de agua por año es porque presentan dificultades hídricas (Figura 1).

De la totalidad de agua que hay en el mundo menos del 1% se puede ocupar para el uso y consumo humano; ya que el 2.3% está congelada y 97% es salada (Ghislain de Marsily, 2001).

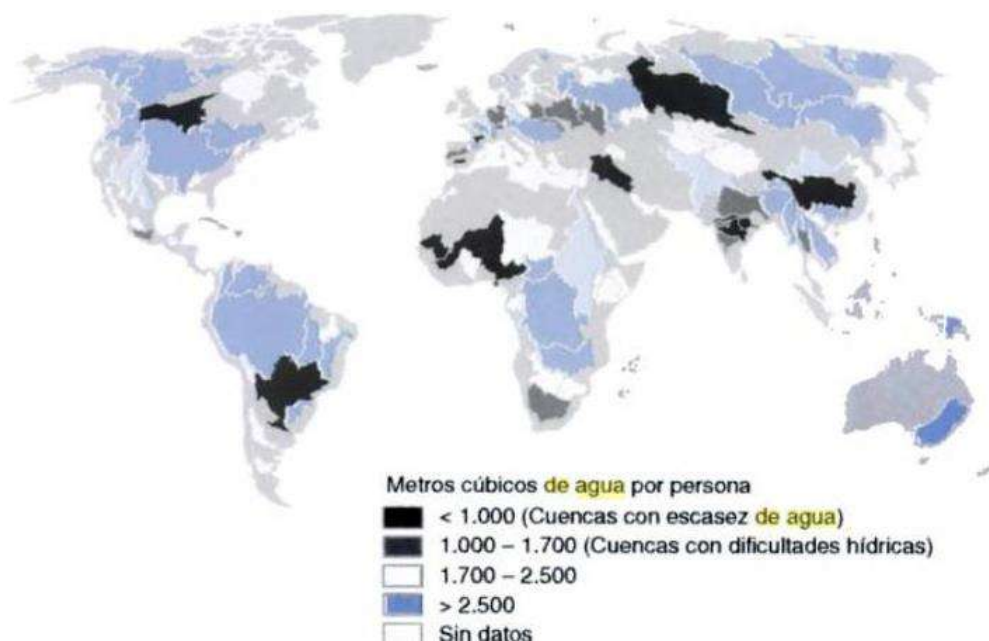


Figura 2.1 Existencia de agua dulce en el mundo.

México se encuentra inmerso en una realidad hidrológica compleja derivada de la degradación sostenida y hasta el momento incontenible, de los ríos, acuíferos, cuencas, humedales y en sí de todos los ecosistemas lacustres, realidad que comparte con la mayoría de los países del orbe, al grado que este tema ya es considerado como un fenómeno de magnitud planetaria.

El reto del país es proveer de agua de calidad y en cantidad suficiente a la población, de la que se calcula que 12 millones de personas sufren de alguna manera escasez y que 24 millones de la falta de servicios de drenaje. El reto no es fácil considerando los graves signos de agotamiento que los cuerpos lacustres muestran a causa de la sobreexplotación y la contaminación, o por las políticas hidráulicas que no han incorporado una visión sustentable para garantizar el abastecimiento al 100 por ciento de la población.

Según cifras de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), un 89 por ciento de la población cuenta con servicios de agua potable y un 77 por ciento tiene servicio de alcantarillado. Lo cierto es que en las poblaciones más pobres de México se carecen

de fuentes confiables de agua potable para sus requerimientos domésticos básicos y aún persiste la necesidad de acarrear agua de zonas lejanas para los hogares (OOAPAS, 2013).

2.1.2. La contaminación en el agua.

La contaminación del agua es la presencia o introducción de elementos o sustancias tanto tóxicas como no tóxicas, que origina efectos nocivos a la salud, así como también al medio ambiente. Por esta razón es uno de los problemas que hoy en día no puede ser controlado, ya que a decir verdad las instituciones encargadas de esta área, aun no encuentran la solución óptima, para poder crear conciencia en cada uno de los habitantes de este planeta y de esta manera la problemática tuviera fin. Con el paso de los años, al estar en un uso constante, el agua se ha vuelto un elemento indispensable para las actividades que el ser humano realiza día con día, por tal motivo los índices de contaminación aumentan, es por esto de la importancia de la determinación de la calidad del agua, lo que ha permitido dar a conocer los factores causantes de la contaminación; como agentes patógenos, desechos que requieren de oxígeno para su existencia, sustancias químicas orgánicas así también como inorgánicas, nutrientes vegetales, material sedimentado y en suspensión, así también como las sustancias radioactivas. En términos generales se considera, que cuando el agua cambia sus características de su estado natural a propiedades físico-químicas distintas, es un elemento contaminado.

Las concentraciones de población, el desarrollo de industrias e infraestructura urbana sin planificación son el principal factor que contribuye a la contaminación antropogénica del agua, afectando los océanos y ríos ya que de mala manera son utilizados como depósitos finales de las descargas urbanas e industriales sin tratamiento alguno de depuración.

La carencia del agua cada día aumenta en el mundo, por tanto es necesaria la creación de procesos de tratamiento para mitigar este suceso ya que el agua se encuentra relacionada con la transmisión de enfermedades, que se producen por toma directa, o mediante el uso para la higiene de los alimentos. Este es un amplio panorama de lo que sucede en los países desarrollados de igual manera que en los países no desarrollados.

En México, los problemas de contaminación del agua son severos, al grado que la infraestructura para reducir la contaminación, así como los programas que implementan el cuidado y protección del agua, son ineficientes. Los recursos hídricos del país tienen graves problemas de contaminación, como es el conocimiento de esta problemática, es porque su calidad en algunas zonas rebasan los límites máximos permisibles de contaminantes.

La contaminación del agua, de acuerdo a la forma de producirse puede ser puntual o difusa; la puntual se puede controlar mediante acciones específicas, ya que el origen está bien definido, en cambio la difusa a diferencia de la puntual proviene de una gran área indefinida, además de no conocer el origen con exactitud de contaminantes (SEMARNAT, 2013).

2.1.3 Composición y estudio del agua.

2.1.3.1 Composición del agua.

El agua es un compuesto inodoro, incoloro e insípido formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O) unidos por un enlace covalente, mejor dicho los dos átomos de hidrógeno y el átomo de oxígeno están unidos compartiendo electrones. Además de estas propiedades el agua cuenta con tres características químicas excepcionales, nos referimos a sus tres estados (líquido, sólido y gaseoso), ya que estos cambios ocurren parcialmente de acuerdo a su temperatura, de sólido a líquido y de líquido a gas, asimismo también resaltando como característica su capacidad calorífica. Las últimas propiedades mencionadas le asignan un papel importante en cuanto a la estabilidad de la temperatura del planeta como también a los fenómenos climáticos. El agua también cuenta con una característica de ser uno de los mejores compuestos solventes que se disponen, son muchísimos los elementos o sustancias solubles en el agua. Desempeña un papel de suma importancia en la disolución, el transporte y la redistribución de los minerales en la superficie terrestre. Una de las pruebas muy claras es el gran contenido de salinidad en los océanos, donde se vuelven a encontrar disueltos todos estos compuestos (Ghislain de Marsily 2001).

Con respecto al punto de fusión del agua, se han formado infinidad de teorías, una de ellas y muy conocida es la formulada por el filósofo Griego Tales de Mileto, quien afirma "Que el agua era la sustancia original de la cual, la tierra, el aire y el fuego están formadas". Por lo que se menciona, podría sonar como una total falacia, pero

observándolo desde el punto de vista real, suena lógico que de ese líquido vital, como el significado de este término dado dice; “vital” que es indispensable para la vida, ya que todo lo que existe sobre la faz de la tierra depende del agua. El hombre la requiere para necesidades básicas, usos recreativos, transformación de la energía y como también para la producción de sus alimentos (David B. Brooks, 2004).

2.1.3.2. La hidrología.

De acuerdo a datos históricos el agua se formó hace aproximadamente 75 millones de años, en base a una serie de procesos que son de reciclaje por medios naturales, relacionándolo a los estados en los que se presentan por el ciclo hidrológico, como ya se conocen; estado líquido, sólido y gaseoso. La Hidrología es la ciencia que se encarga del estudio del agua, su circulación, su distribución y de sus propiedades tanto físicas como químicas. Su significado de “hidros” que es agua y “logos” que se traduce a tratado o ciencia. Un estudio Hidrológico para una obra de sistema de alcantarillado es necesario ya que todo tipo de obras hidráulicas, a pesar que están diseñados para tener un funcionamiento óptimo, es necesario analizar eventos inesperados, como son los eventos hidrológicos, de esta manera el diseño cuenta con una estructura hidráulica eficiente y sobre todo segura. Para la propuesta de este proyecto no se debe de tomar en cuenta este tipo de estudios, ya que dicho estudio se realiza para la parte del diseño de la estructura del sistema de alcantarillado, de tal forma que la estructura debe soportar tanto el caudal de diseño, de acuerdo a la población proyecto, como también avenidas inesperadas que pudieran afectar los procesos de la planta de tratamiento. Al involucrar estas variables al diseño, se observa que esta ciencia no es exacta por lo que los datos que arroja son datos estadísticos que posiblemente, jamás podrían llegar a presentarse, pero de antemano se tiene una prevención. Las demás ciencias con las que interactúa la hidrología son la hidráulica, la geografía física, la geología, las matemáticas, la estadística entre otras derivadas de las ya mencionadas (Francisco J. Aparicio, 1989).

2.1.3.3. El ciclo hidrológico.

El conocer el proceso del ciclo hidrológico sirve para entender los fenómenos del agua con la naturaleza, como también el control y desarrollo de los recursos hídricos. El procedimiento donde el agua circula por la atmósfera y posteriormente al subsuelo es una etapa cíclica en donde la parte fundamental que es el agua de acuerdo a los

cambios de temperatura suele variar sus estados, de esta manera da paso a los componentes del ciclo hidrológico que son la precipitación, la evaporación, transpiración y la escorrentía (Figura 2), (Francisco J. Aparicio, 1989).

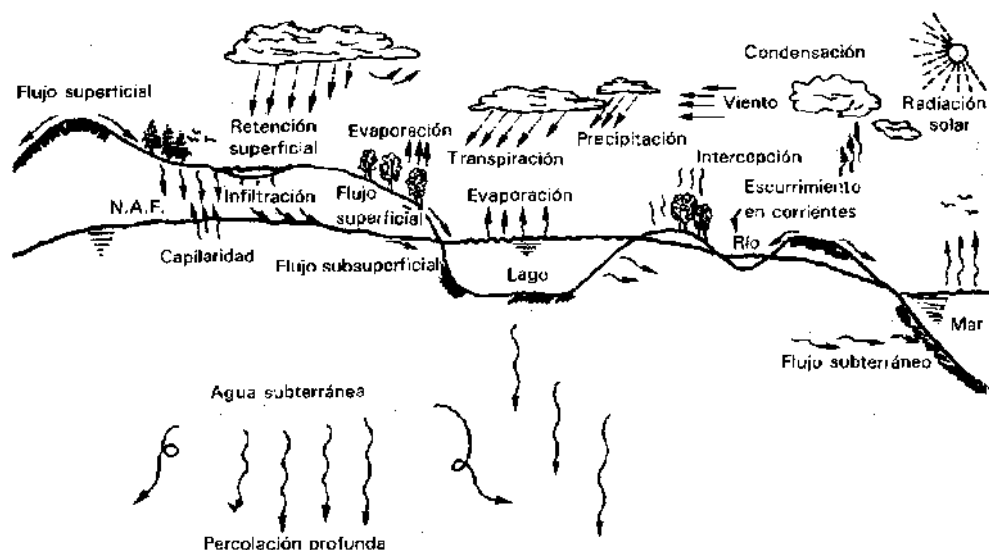


Figura 2.2 Ciclo Hidrológico (Francisco J. Aparicio, 1989).

La sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmósfera a la tierra en esta fase puede interrumpir su trayectoria debido a que cae en las construcciones posteriormente escurre para que se incorpore a glaciares, lagos, lagunas, mar o aguas continentales, así como también parte del agua que escurre se infiltra y es absorbida por las plantas del medio ambiente para que se produzca el fenómeno de transpiración, de esta manera así como también la que se evapora, pasan nuevamente a la atmósfera formando cuerpos gaseosos conocidos como nubes.

2.2. NORMATIVA EN MATERIA DE AGUA

El objetivo de contar con la normativa, es para tener un control, así como también una organización en materia del agua, donde se establezcan derechos y deberes para los usuarios, así como también pasos a seguir para el uso del agua. Esto con la finalidad de tener una buena administración del recurso y de igual manera evitar conflictos para que los usuarios tengan un desarrollo pleno y satisfactorio.

2.2.1. Ley de aguas nacionales y su reglamento

La Ley de Aguas Nacionales es la encargada de la administración, donde da referencia al Ejecutivo Federal quien se encarga de aplicar y que se cumplan con lo establecido en cada uno de los títulos de la Ley. Las organizaciones que participan para la aportación y enriquecimiento de la ley son; La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, La Comisión Nacional del Agua, Consejos de Cuenca, Consejo Consultivo del Agua, Servicio Meteorológico Nacional, El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua también forma parte importante de este grupo, La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, quienes tienen como objetivo, dar y mejorar las atribuciones para que todo se lleve a cabo a lo establecido y como esta puntualizado con disposición de los usuarios.

La Creación de Políticas y Programas Hídricos, marca que el recurso hídrico es un bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito con un determinado valor social económico y sobre todo ambiental; cuya preservación es parte fundamental tanto del Estado como de la Sociedad en general.

Los Derechos de Explotación, Uso o Aprovechamiento de Aguas Nacionales, en este título hacen referencia a las reglas y condiciones para el otorgamiento de las concesiones de explotación uso o aprovechamiento de aguas nacionales. Como también el aprovechamiento, donde se refiere a los trámites necesarios para que sean entregadas concesiones o asignaciones para derecho de explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales. Decidir las zonas donde se puede o no hacer uso del recurso, la prevención, el control. Los usos que se le pueden dar a este elemento; uso agrícola, uso en generación de energía eléctrica, uso en otras actividades productivas.

La responsabilidad de los daños al medio ambiente, para fines correspondientes, la ley en su Título séptimo que hace referencia a la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas, hace mención sobre la responsabilidad por daño ambiental, donde la Autoridad del Agua intervendrá en el cumplimiento, de que los responsables reparen el daño ambiental, además de la aplicación de las sanciones administrativas, penales o civiles que procedan.

La ley se rige por el Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales (CONAGUA, 2002).

2.2.2. Normas oficiales mexicanas

Son métodos o reglas, que se utilizan para asegurar que los servicios que se llevan a cabo , cumplan con las características para satisfacer una necesidad, así como sean seguros y ante todo sin afectar el medio ambiente, teniendo en cuenta que el proceso de elaboración debe de tomar en cuenta dichos estándares.

Para la realización de dichas normas es necesario coordinar las dependencias de cada área, para que de esta manera considerando una serie de factores distintos de tal forma el resultado al que se llegue sea el adecuado. Posteriormente se publicara en el Diario Oficial de la Federación (DOF) dependencia que se encargara de determinar un tiempo para su estudio y de esta manera fijar su fecha de entrada en vigor.

La mayoría de las veces, este tipo de normas se mantiene vigente por un periodo de cinco años, puntualizando de que un año antes de que termine su vigencia, se señalara en la DOF que la norma entrara en proceso de revisión, remplazo, o cancelación de la misma. El uso y observación de las normas son de carácter obligatorio (SEMARNAT, 2013).

2.2.2.1. Normas oficiales mexicanas en materia de aguas residuales

A) Norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

La finalidad de esta norma es preservar la calidad, de igual manera buscar la forma de que sea útil para alguna actividad, cumpliendo con lo establecido para los responsables de las descargas. Esta norma no se aplica para las descargas de aguas provenientes de sistemas de drenaje por separado, o para aguas pluviales.

La norma establece algunos de los usos que puede tener el agua tratada: como son uso de riego agrícola; para este caso 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. La norma también delimita a grandes rasgos la utilización de los efluentes tratados.

- Riego no restringido; La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo o de cosecha de productos agrícolas en forma ilimitada como forrajes, granos, frutas, verduras y legumbres.
- 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 en crudas.

Muestreo

Las muestras compuestas, resulta de la combinación del número de muestras simples, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 2.1. 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.

Tabla 2.1 Frecuencia de muestreo. (NOM-001-SEMARNAT-1996).

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

Los muestreos simples se toman en el punto de la descarga, de manera continua, en día normal que refleja cuantitativamente y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga.

Especificaciones.

Es necesario sobresaltar puntos específicos que hace mención la norma, en las concentraciones de contaminantes tales como son; metales pesados y cianuros, donde las descargas a aguas y bienes nacionales no excederá el valor indicado de límites máximos permisibles en las Tablas 2.2 y 2.3 de esta Norma Oficial Mexicana. El rango permisible del potencial de hidrogeno (pH) es de 5 a 10 unidades.

Tabla 2.2 Límites máximos permisibles. (NOM-001-SEMARNAT-1996).

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																				
PARÁMETRO	RÍOS				EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES						AGUAS COSTERAS				SUELO					
	Uso en riego		Uso público		Protección de vida acuática		Uso en riego		Uso público		Explotación pesquera, navegación y otros usos		Recreación		ESTUARIOS		Uso en riego		HUMEDALES NATURALES	
OS	agrícola (A)		urbano (B)		(C)		agrícola (B)		urbano (C)		(A)		(B)		(B)		agrícola (A)		(B)	
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	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.	P.D.
Temperatura a °C (1)	N.A.	N.A.	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 (ml/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	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.

- (1) Instantáneo
 - (2) Muestra Simple Promedio Ponderado
 - (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.

Tabla 2.3 Límites máximos permisibles. (NOM-001-SEMARNAT-1996).

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS																				
PARÁMETRO	RÍOS				EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES						AGUAS COSTERAS				SUELO					
	Uso en riego		Uso público		Protección de vida acuática		Uso en riego		Uso público		Explotación pesquera, navegación y otros usos		Recreación		ESTUARIOS		Uso en riego		HUMEDALES NATURALES	
OS (*)	agrícola (A)		urbano (B)		(C)		agrícola (B)		urbano (C)		(A)		(B)		(B)		agrícola (A)		(B)	
(miligramos por litro)	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.	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	0.05	0.1	0.1	0.2
Cianuros	1.0	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	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	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	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

- (*) 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.

La norma establece que para determinar la contaminación por patógenos se tomara como indicador de coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas en aguas y bienes nacionales, de igual manera para descargas vertidas a suelo (uso de riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100ml para el promedio mensual y promedio diario.

Como también determinar la contaminación por parásitos se tomara como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelos (uso de riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego no restringido, y de cinco huevos por litro para riego restringido.

Los responsables de las descargas de aguas residuales, deberán cumplir con los plazos límite así también como las fechas establecidas en la norma, de la misma manera que van de acuerdo al rango de población que publica el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información. Si los responsables de las descargas rebasan los límites máximos permisibles señalados por la norma, quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de calidad del agua de sus descargas, a la Comisión Nacional del Agua, en un plazo no mayor de 180 días naturales.

Es necesario realizar un análisis de alguno o varios parámetros que se señalan en la presente Norma Oficial Mexicana, con la finalidad de demostrar que cuenta con las características debidas para ser utilizada dentro de los usos en los que acuerda dicha norma.

B) Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

El objetivo de esta norma ante todo es la prevención y el control de la contaminación de las aguas y bienes nacionales. Pero enfocados en lo que abarca esta norma, es proteger la infraestructura de sistemas de alcantarillado. Esta norma no se aplica a la descarga de las aguas residuales domesticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas de las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.

Para fines de la elaboración de esta Propuesta de Tratamiento de las Aguas Residuales de la Localidad de Bellas Fuentes, Municipio de Coeneo, Michoacán, los trabajos a realizar no se enfocaran en gran parte en esta norma ya que la descarga del efluente tratado no será a un sistema de alcantarillado.

Especificaciones

Dentro de las especificaciones para los límites máximos permisibles para las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, no deben de ser superiores a los indicados en la tabla 2.2 especificaciones en la columna instantánea, son valores de referencia, Para el rango permisible de pH (potencial hidrógeno) en las descargas de aguas residuales es de 10 y 5.5 unidades, determinando para cada una de las muestras simples.

Una de las variantes respecto al desalojo de aguas y bienes nacionales es que en esta norma marca el parámetro de la temperatura, el límite máximo permisible es de 40 °C, se podrán realizar descargas a mayores temperaturas, siempre y cuando se demuestre a la autoridad competente por medio de estudios sustentando que no dañan las instalaciones o los sistemas que conducirán el efluente con dichas características.

Tabla 2.4 Límites máximos permisibles para descarga de aguas residuales en sistemas de alcantarillado urbano y municipal. (NOM-002-SEMARNAT-1996).

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES			
PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Promedio Mensual	Promedio Diario	Instantáneo
Grasas y Aceites	50	75	100
Sólidos Sedimentables (mililitros por litro)	5	7.5	10
Arsénico total	0.5	0.75	1
Cadmio total	0.5	0.75	1
Cianuro total	1	1.5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0.5	0.75	1
Mercurio total	0.01	0.015	0.02
Níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1.5	2
Zinc total	6	9	12

La autoridad competente podrá regular condiciones particulares de descarga a los responsables de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado.

Estas condiciones deben estar justificadas por medio de un estudio técnicamente sustentado.

C) Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

La aplicación de esta norma es un requisito obligatorio para la propuesta que se llevara a cabo en la localidad ya que posteriormente el influente tratado, será utilizado para riego en la localidad, de igual manera si el tratamiento es realizado por terceros, éstos serán responsables del cumplimiento de la presente norma.

Es necesario fijar atención en las especificaciones a esta norma, ya que para la propuesta se considera que el efluente tratado se descargara a un cuerpo de agua cercano utilizado para riego, por lo que tendrá algún tipo de uso específico.

Dentro de las especificaciones a cumplir en esta norma, se tienen los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales establecidos en la Tabla 2.5

Tabla 2.5 Límites máximos permisibles de contaminantes. (NOM-003-SEMARNAT-1997).

TIPO DE REUSO	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES				
	PROMEDIO MENSUAL				
	Coliformes Fecales NPM/100 ml	Huevos de Helminto (h/l)	Grasas y aceites mg/l	DBO ₅ mg/l	SST mg/l
SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	≤ 1	15	20	20
SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U	1,000	≤ 5	15	30	30

El agua residual tratada reusada en servicios al público no deberá contener concentraciones de metales pesados cianuros mayores a los límites máximos permisibles establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con un uso en riego agrícola de la tabla que se encuentra en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

Por último las entidades públicas responsables del tratamiento de las aguas residuales que reúsen en servicios al público, tiene por obligación realizar monitores para constatar que las características de las aguas tratadas cumplan con lo establecido.

2.2.2.3. Normas oficiales mexicanas en materia de lodos y biosólidos

A) Norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental- lodos y biosólidos - especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

En las actividades realizadas de desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, operación de plantas potabilizadoras y de plantas de tratamiento de aguas residuales, se generan volúmenes de partículas de distintas composiciones tanto orgánicas como inorgánicas, conocidos como lodos, de tal forma que es necesario darles un manejo o tratamiento especial, de lo contrario al no dar el manejo adecuado de dichos lodos, contribuye a la contaminación de la atmosfera, de las aguas nacionales, de los suelos, afectando de forma directa las aéreas donde fueron depositados.

La norma busca como objetivo regular, de igual manera evitar la contaminación del medio ambiente. Considerando las características de los lodos y de los biosólidos, si se disponen a un proceso de tratamiento, se obtendrá un material que se podría aprovechar de buena manera, siempre y cuando dicho material cumpla con los límites máximos permisibles de esta norma, o en su caso se dispongan de forma definitiva como residuos no peligrosos, para disminuir sus efectos contaminantes y proteger la población en general.

Es importante tener en cuenta que esta norma, se aplica de manera obligatoria para todas las personas físicas y morales que generen lodos y biosólidos. De igual manera es necesario tener un control de acuerdo a sus características por tal motivo, también es necesario llevar a cabo un método de procedimiento de muestreo así también como de evaluación de conformidad a cargo de las secretarías correspondientes.

2.2.3. Normas Mexicanas

A diferencia de las Normas Oficiales Mexicanas que se basan en establecer los límites máximos permisibles, las Normas Mexicanas son documentos que establecen productos, sistemas, servicios, así como también cada uno de los métodos correspondientes para la determinación de los parámetros físicos, químicos, organolépticos y biológicos. De tal forma no se abordara a detalle cada una de estas normas, ya que cada parámetro, tiene su método de determinación, es indispensable mencionar que su aplicación de acuerdo a la autoridad no es un requisito obligatorio,

aunado a esto que en algunas de las Normas Oficiales Mexicanas hacen referencia a las Normas Mexicanas, por tal motivo también es de a carácter obligatorio hacer referencia de ellas (SEMARNAT, 2013).

2.3 PARÁMETROS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

De forma inesperada cuando se observa un cuerpo de agua, llámese lago, río, laguna, entre otros, con el hecho de describir si es cristalina o tiene algún color, si su olor es bueno o no, de manera indirecta se está evaluando la calidad del agua ya que esta se realiza en base a sus características como las ya mencionadas que pueden ser tanto físicas, organolépticas, químicas y biológicas. De esta manera se determinan algunos parámetros de forma cualitativa, que no son lo suficiente representativo para poder determinar las condiciones de dicho cuerpo de agua, por ende es necesario, a base de procedimientos, que engloban ensayos, pruebas de laboratorio que se encuentran ya fijos, por las autoridades que le competen, así se establece una etapa cuantitativa para la determinación de la calidad del agua, de esta manera se tiene un dato representativo el cual determina la calidad del agua.

2.3.1. Parámetros organolépticos y físicos

Estas propiedades son aquellas que pueden determinar por medio de los sentidos de la vista, tacto, olor y sabor. De los parámetros más utilizados para caracterización de la muestra son los siguientes:

- a) Color: es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. Prácticamente el agua pura no tiene color alguno, sin embargo, al contener alguna sustancia, o elementos sólidos brindan este cambio de color. De tal manera si el color del agua es causado por sólidos en suspensión se conoce como color aparente, de lo contrario si los sólidos o sustancias se encuentran disueltas se denomina como color verdadero. Por lo que el color puede ser utilizado para determinar condiciones generales del agua residual, ya que si tiene un color café claro indica que no tiene mucho tiempo que paso su descarga, si tiende a un color gris claro, indica un ligero grado de descomposición, si el color gris claro pasa a gris oscuro o negro indica un grado alto de descomposición de las bacterias que contiene el influente (Crites, Tchobanoglous 2000). La norma que establece el método de prueba es la

Norma Mexicana NMX-AA-017-SCFI-1980 Análisis de agua - determinación de color en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

- b) Turbiedad: esta característica se determina a partir de la dispersión de la luz o el grado de absorción del mismo que refleja, por esta razón es otra de las variantes que determina la calidad del agua de acuerdo al material en suspensión, pero que esto no cause confusión de que determinando la turbiedad será una medida de forma directa de los sólidos en suspensión, ya que la turbiedad está en función de las características del material suspendido. Para su determinación es por medio de métodos comparativos entre la intensidad del comportamiento de la luz de una muestra de referencia entre la dispersión de la muestra que se está estudiando. Las unidades en las que se maneja la turbiedad son unidades nefelométricas de turbiedad (UNT), (Crites, Tchobanoglous, 2000). El método para su elaboración se encuentra en la Norma Mexicana NMX-AA-038-SCFI-2001 Análisis de agua - determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba.
- c) Olor: esta característica se determina de forma sensorial o instrumental, siendo un método frecuente las medidas sensoriales en los sistemas de plantas de tratamiento, ya que generan información ante niveles de detección muy bajos, este proceso se realiza por medio del sentido del olfato del ser humano, de igual manera las mediciones por medio de equipos instrumentales, pueden realizarse en campo con medidores manuales, al igual para concentraciones bajas. Las unidades para estos procesos son; número umbral de olor (NUO), donde a base de una dilución, con agua libre de olor se realiza el análisis. En la actualidad esta característica a tomado importancia para la población en general ya, que al percatarse que el agua residual al estar expuesta a una serie de procesos los olores que desprende desacuerdo a la fase en la que se encuentra pueden ser muy desagradables, ya que uno de los principales compuestos de olor desagradable es el sulfuro de HIDROGENO (H_2S) que emana un olor similar a la de un huevo podrido, y si existe este compuesto en grandes cantidades el olor puede ser inaceptable. Por esta razón es importante ser objetivos al momento del diseño del proceso de tratamiento que tendrán las instalaciones de tratamiento de aguas residuales (Crites, Tchobanoglous, 2000). El método para su elaboración se encuentra en la Norma Mexicana

NMX-AA-083-SCFI-2005 Análisis de aguas – determinación de olor en aguas naturales y residuales – método de prueba.

- d) Sabor: este parámetro se utiliza para la determinación de características de agua para consumo humano, ya que el método para determinarlo es de manera sensorial, por medio del sentido del gusto del ser humano, de esta manera se podrá determinar si es de sabor satisfactorio o no satisfactorio (Irene Campos Gómez, 2000).
- e) Sólidos totales: este término abarca a todo tipo de partículas tanto orgánicas como inorgánicas en aguas contaminadas o no contaminadas, este parámetro se encuentra en porcentajes importantes como contaminante ya sea en sólidos disueltos o suspendidos, para su caracterización los materiales gruesos son removidos antes de analizar la muestra, dentro del impacto que los sólidos causan; son desagradado a la vista, funcionan como planos de adsorción para agentes químicos y biológicos, por lo que sufren efectos degradables, produciendo efectos secundarios perjudiciales, como agentes tóxicos nocivos a la salud. Para la clasificación de los distintos tipos de sólidos es necesario realizar una serie de procedimientos tanto cualitativos como cuantitativos. Para este caso tendremos una muestra de agua;

- Sólidos totales (ST).

Para la determinación de los sólidos en una muestra de agua, se inicia con someter la muestra a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ de tal forma que la muestra es evaporada y solo queden los sólidos, posteriormente de forma cuantitativa se obtiene este primer parámetro.

- Sólidos totales fijos (STF).

Posterior a la evaporación, someter los residuos de la evaporación a temperaturas $500 \pm 50^{\circ}\text{C}$ se realiza hasta peso constante, se considera que para agua residual un peso constante se presenta a los 20 minutos que la muestra se encuentra sometido a dichas temperaturas, finalmente se pesa el residuo obtenido de la calcinación y nuevamente de forma cuantitativa se obtiene este parámetro.

- Sólidos totales volátiles (STV).

Los sólidos totales volátiles, es la parte que se calcina al momento de someter los sólidos totales a temperaturas de $500 \pm 50^{\circ}\text{C}$, de tal manera que para la obtención de sólidos totales volátiles, por medio de la diferencia de sólidos totales menos los sólidos totales fijos , por lo tanto se obtienen los sólidos totales volátiles.

- Sólidos disueltos totales (SDT).

El proceso que se realiza es similar al que se utilizó para la obtención de los sólidos totales, someter la muestra a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ de tal forma que la muestra es evaporada y solo queden los sólidos disueltos, la única variante previo a este proceso es que antes de someter la muestra a evaporizar, es necesario pasarla por un medio filtrante con un tamaño de poro específico. Por último por medio de métodos cuantitativos se obtiene el valor de los sólidos disueltos totales.

- Sólidos disueltos fijos (SDF).

De la misma manera que se obtuvieron los sólidos totales fijos, se obtendrán los sólidos disueltos fijos la única variante es que se calcinara la muestra que además de haber sido filtrada fue evaporizada, de igual manera se calcinara a temperaturas de $500 \pm 50^{\circ}\text{C}$.

- Sólidos disueltos volátiles (SDV).

Los sólidos disueltos volátiles, es la parte que se calcina al momento de someter los sólidos disueltos totales a temperaturas de $500 \pm 50^{\circ}\text{C}$, de tal manera que para la obtención de sólidos disueltos volátiles, por medio de la diferencia de sólidos disueltos totales menos los sólidos disueltos fijos, se obtienen los sólidos disueltos volátiles.

- Sólidos suspendidos volátiles (SSV).

Este tipo de sólidos se obtiene por medio de diferencias de los sólidos totales volátiles menos los sólidos disueltos volátiles.

- Sólidos suspendidos fijos (SSF).

De igual manera de forma cuantitativa se obtiene este parámetro para este caso la diferencia de los sólidos totales fijos menos los sólidos disueltos totales, nos dará como resultado los sólidos suspendidos fijos.

- Sólidos suspendidos totales (SST).

Estos se determinan sumando los sólidos suspendidos volátiles más los sólidos suspendidos fijos.

- Sólidos sedimentables (SS).

Para la obtención de esta característica, en un Cono Imhoff (que es un contenedor en forma de cono, que viene graduada de forma que se obtenga un resultado en mililitros por litro) de tal manera que se coloca la muestra y al paso de un determinado tiempo la parte de los sólidos se traslada hasta la parte inferior del Cono Imhoff, de tal forma que se pueda realizar la lectura, dicha cantidad será de sólidos sedimentables (Crites, Tchobanoglous, 2000). Los métodos para la obtención de este parámetro se tomaron de la Norma Mexicana NMX-004-SCFI-2000 Análisis de agua – Determinación de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba. Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2001 Análisis de agua – determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba.

- f) Temperatura: es un parámetro de suma importancia, ya que de acuerdo a su variación afecta directamente a las reacciones químicas como también a los procesos biológicos que se producen en el tratamiento del influente. Normalmente las aguas residuales tienen temperaturas mayores que las aguas utilizadas para abastecimiento, debido a que el agua caliente de uso doméstico e industrial se incorpora directamente después de su utilización, además de este factor también la posición geográfica se involucra para su determinación. Por lo tanto el efecto de una variación de temperatura se manifiesta en un cambio de desarrollo de actividad bacteriana incluso la inactividad de bacterias, por tal motivo el proceso es alterado, de tal forma se vuelve menos eficiente, para su determinación se utiliza el termómetro (Campos Gómez, 2000). Norma Mexicana NMX-AA-007-SCFI-2000 Análisis de agua – determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba.

- g) Conductividad: en agua es la capacidad para conducir la corriente eléctrica, de tal manera que la corriente eléctrica es transportada por iones en solución, el aumento en la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad, de esta forma se usa como sustituto para determinar la concentración de partículas o mejor dicho los sólidos disueltos totales (SDT), para su determinación se utilizan medidores de conductividad (conductivímetro) (Campos Gómez, 2000). Norma Mexicana NMX-AA-093-SCFI-2000 Análisis de agua – determinación de la conductividad electrolítica – método de prueba.
- h) Radiactividad: Este parámetro que está relacionado con las actividades nucleares, se presenta por un mal manejo y disposición de los residuos radiactivos, lo cual representa un problema de suma importancia en la contaminación del agua. Los límites permisibles del contenido de este tipo de contaminantes, se encuentran establecidos solo para agua de uso y consumo humano en la NOM-127-SSA1-1994, las unidades de esta característica son Bq/l (Becquerel por litro) para la determinación de la radiactividad se utilizan instrumentos medidores de radiación. Para el caso de este parámetro en aguas residuales no se tienen límites ya que las industrias deben de realizar un tratamiento previo a su descarga libre de contaminantes radiactivos (Campos Gómez, 2000).

2.3.2 Parámetros químicos

- a) Dureza: debido a la presencia de sales de los iones magnesio y calcio, en el agua, al no tener un control adecuado, produce incrustaciones tanto en elementos de almacenamiento así como en sistemas de tuberías, por lo que generan ineficiencias en la utilización de dichos elementos, de lo contrario las aguas blandas también son perjudiciales pueden ser agresivas no optimas para uso o consumo humano. La dureza se expresa en ppm de carbonato de calcio CaCO_3 , de acuerdo a la concentración de dureza tiene su denominación; las aguas con menos de 50 ppm en CaCO_3 se llaman blandas, hasta 100 ppm CaCO_3 se llaman ligeramente duras, hasta 200 ppm CaCO_3 son moderadamente duras y a partir de 200 ppm CaCO_3 son muy duras. El método para su determinación se encuentra en la Norma Mexicana NMX-AA-072-SCFI-2001 Análisis de

agua – determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba (Miguel Rigola Lapeña, 1989).

- b) pH: este parámetro determina la concentración del ion hidrogeno en una solución, de acuerdo a la variación de sus valores pueden ser tóxicos para organismos acuáticos ya sea de manera directa o indirecta. Es uno de los métodos que denomina el grado de corrosión de un fluido, ya que este parámetro tiene un rango de 1 al 14 entre más cercano al 14 su comportamiento será alcalino, de lo contrario si su valor se presenta cerca de la unidad se trata de una sustancia acida. El intervalo adecuado para un desarrollo eficiente de existencia biológica es en general entre pH 5 y 9, las aguas residuales con pH menores a 5 y superiores a 9 es complicado adaptarlas a un tratamiento mediante procesos biológicos. Por esta razón los efluentes descargados a las plantas de tratamiento de aguas residuales debe de descargarse dentro de los límites permisibles. Para su determinación existen los métodos a base de indicadores o medidores de pH (Miguel Rigola Lapeña, 1989). La norma que regula su metodología es la Norma Mexicana NMX-AA-008-SCFI-2011 Análisis de agua - determinación del pH – método de prueba.
- c) Alcalinidad: es una característica que determina la cantidad de iones que se encuentran en el agua, los cuales tienen una reacción para neutralizar los iones del hidrogeno, la alcalinidad en las aguas residuales ayuda a la regulación de cambios de pH causados por la adición de ácidos. Los efectos evidentes de la alcalinidad en el agua son el sabor amargo y las reacciones con algunos cationes del agua, lo que produce obstrucciones en los sistemas de tuberías principalmente en la parte de los accesorios. Las unidades establecidas son similares a la dureza CaCO_3 en mg/L (Miguel Rigola Lapeña, 1989). Y el método para su obtención se presenta en la Norma Mexicana NMX-AA-036-1980 Análisis de agua – Determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba.
- d) Oxígeno disuelto: es una medida de la cantidad de oxigeno disuelto que contiene el agua, esta característica determina el grado de contaminación del cuerpo de agua ya que al tener un nivel menor de oxigeno disuelto es indicador de que hay presencia de contaminantes, en cambio si se tienen

niveles altos de oxígeno disuelto, indican la presencia de eutrofización, por lo que este fenómeno se relaciona con altas concentraciones de vegetación marina de tal manera que también podría ser generadora de problemáticas en largos lapsos de tiempo. Las unidades en las que se obtienen son miligramos por litro mg/L (Miguel Rigola Lapeña, 1989). La norma que establece los métodos para su determinación son métodos electrométricos y yodométrico que establece la Norma Mexicana NMX-AA-012-SCFI-2001 Análisis de agua – determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residual tratado – método de prueba.

- e) **Materia orgánica:** los elementos orgánicos se clasifican, según su degradación, en biodegradables o no biodegradables. Las sustancias biodegradables son aquellas utilizadas como alimento por los microorganismos, que se realizan a través de los procesos bioquímicos de oxidación o reducción. En aguas residuales se componen de proteínas (40 a 60 por ciento), carbohidratos (25 a 50 por ciento) y grasas y aceites (8 a 12 por ciento), la urea, es un constituyente de la orina, es otro componente orgánico de gran importancia que conforma las aguas residuales. El fin con el que se elaboran análisis de compuestos orgánicos agregados en las aguas residuales tratadas y no tratadas, es para determinar la eficiencia de los procesos de tratamiento propuestos (Campos Gómez, 2000).

- f) **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** este parámetro se enfoca al volumen de materia orgánica e inorgánica en un cuerpo de agua susceptible de ser oxidada por un oxidante fuerte. El ensayo de determinación de DQO al dicromato, se utiliza con más frecuencia a comparación de otros procedimientos que requieren otro tipo de oxidantes, ya que su manejo es de manera más amplia en la determinación de contaminantes en aguas residuales. También otro punto de vista operacional es que para su determinación a comparación de la DBO, se realiza en cuestión de horas y en algunas otras pruebas se ha reducido a cuestión de minutos, se expresa en miligramos de oxígeno por litro (mg O₂/L) (Aurelio Hernández, 1998) . Este parámetro no cuenta con límite máximo permisible, de lo contrario si hay norma para la elaboración de esta prueba; Norma Mexicana NMX-030-SCFI Análisis de agua –

determinación de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales, y residuales tratadas - método de prueba.

- g) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): este parámetro utilizado con mayor frecuencia en el tratamiento de las aguas residuales, se determina la cantidad de oxígeno que requiere o consume un grupo o población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días. Cuando se encuentran contenidos altos de concentraciones de oxígeno, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico, continuara hasta que el desecho sea consumido. Si su concentración es alta, es que hay mayor cantidad de contaminantes, mediante su determinación permite conocer los efectos de las descargas de efluentes tanto domésticos como industriales, de la calidad del agua en cuerpos receptores, se expresa en miligramos de oxígeno por litro (mg O₂/L) (Aurelio Hernández, 1998), este parámetro cuenta con límites máximos permisibles, además de la norma que especifica los métodos para su determinación es la siguiente; Norma Mexicana MNX-AA-028-SCFI-2001 Análisis de agua - determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba.
- h) Carbono Orgánico Total (COT): es una medida que determina el contenido de materia orgánica del agua, a grandes rasgos el carbón orgánico se oxida a bióxido de carbono (CO₂) en presencia de un catalizador. Es necesario la presencia de oxígeno y calor para la determinación de este parámetro, además radiación ultravioleta, oxidantes químicos o alguna combinación de estos para que se produzca, el proceso sin problema alguno y poder tener esta medida de contaminación, aunque también algunos casos la relacionan con la DBO y la DQO (Aurelio Hernández, 1998). Otra de sus ventajas es el tiempo de ensayo que varía entre los 5 y 10 minutos.
- i) Nutrientes: en aguas residuales existe una amplia variación en el contenido de nutrientes, tanto orgánicos como inorgánicos que en algunas ocasiones son necesarios para que las aguas residuales tengan un tratamiento eficiente, pero a la vez un alto contenido de estos puede ser perjudicial, de los principales nutrientes son, nitrógeno (N), azufre (S),

fosforo (F), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), hierro (Fe), sodio (Na), cloro (Cl), los micronutrientes más importantes son; cinc (Zn), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se), cobalto (Co), níquel (Ni) y volframio (W). Dos de más representativos por sus altas concentraciones es el fósforo y el nitrógeno. El nitrógeno se encuentra en las proteínas, clorofila y otros compuestos biológicos, el exceso del nitrógeno provoca concentraciones altas de algas y plantas acuáticas, a este fenómeno se le conoce como eutrofización (Aurelio Hernández, 1998). El fósforo se encuentra en los ecosistemas acuáticos y es un nutriente que de igual manera se asocia con la eutrofización de los cuerpos de agua, por lo que es necesario tener un control de dichos elementos, para su determinación existe la normativa correspondiente que son, Norma Mexicana NMX-AA-026-SCFI-1980 Análisis de agua - determinación de nitrógeno total – en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, Norma Mexicana NMX-AA-029-SCFI-2001 Análisis de aguas - determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

- j) Metales: los metales son elementos que se encuentran en el agua y de no tener un adecuado manejo y control de estos elementos, pueden traer consecuencias fatales en los seres vivos. Según su efecto existe una amplia gama de clasificación de los metales en el agua, se tiene que son tóxicos y no tóxicos; que son metales no tóxicos se tiene el sodio (Na), el hierro (Fe), manganeso (Mn), aunque se consideren como elementos no tóxicos, altas concentraciones pueden convertir en elemento tóxico. De los metales tóxicos que son más conocidos son el plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As) y zinc (Zn); que son causantes de daños a la salud de los seres humanos aun en concentraciones pequeñas. Los organismos vivos para un adecuado crecimiento requieren de estos elementos, mientras que para su determinación se pueden realizar mediante procesos de absorción atómica, plasma acoplado por inducción o también por colorimetría. Metales disueltos que son los que se presentan en muestras no acidificadas, que pasan a través de un filtro con apertura de poro de 0.45 μm . Metales suspendidos que se presentan en muestras si acidificar, pero que son retenidos en filtros de membrana de 0.45 μm . Metales totales, corresponde a la suma de metales suspendidos y metales disueltos o también la concentración de metales en una muestra sin filtrar después de la digestión (Miguel Rigola Lapeña, 1989). Por último

los metales extractables en ácido y estos permanecen en solución después de que una muestra que no fue filtrada, se trata con un ácido mineral diluido a altas temperaturas. Para su determinación se encuentra normado el método de absorción atómica en; Norma Mexicana NMX-AA-051-1981 Análisis de agua – determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas – método de prueba.

- k) Sustancias indeseables: además de ser desechadas por el ser humano, estas sustancias se encuentran también en forma natural en el medio ambiente, en forma de elementos químicos naturales como son los minerales, materiales orgánicos, como fenoles, detergentes, residuos de pesticidas, entre otros. También los contaminantes biológicos, como virus, microorganismos y bacterias. Para este tipo de contaminantes no se tienen métodos especificados ya que el comportamiento de dichos componentes es distinto, es necesario hacer una serie de análisis únicos para la determinación de cada uno de ellos (Aurelio Hernández, 1998).

- l) Sustancias tóxicas: Usualmente este tipo de contaminantes no se encuentra en las descargas domiciliarias ya que difícilmente la utilización de dichas sustancias no es muy frecuente, de lo contrario es en industrias como de petróleo, minería o la agricultura no se cuenta con un control adecuado para su tratamiento, agregando que de la misma manera que algunas de las sustancias indeseables, también existen sustancias tóxicas que se encuentran de forma natural y que de acuerdo a sus características pueden tener reacciones tóxicas que afectan principalmente el estado de salud del ser humano. Para la detección de las sustancias tóxicas naturales son de un grado mayor para su detección. Otra de sus características es que son acumulables y que su efecto se presenta solo después de un periodo de que son expuestos (Aurelio Hernández, 1998).

2.3.3. Parámetros Biológicos

- a) Coliformes fecales: esta característica está compuesta por una serie de microorganismos patógenos, que provienen de desechos humanos, de

animales así como también de desechos en el suelo. Dichos compuestos se presentan en familias de bacterias inofensivas en algunos órganos de seres vivos que son frecuentemente expulsadas de esta manera se incorporan a los cuerpos de aguas residuales formando cuerpos con una gran variedad de organismos y de no realizar un manejo adecuado con este tipo de cuerpos de aguas residuales es de importante riesgo a la salud de los seres humanos. Las concentraciones de dichas bacterias definidas en cuerpos de aguas, se interpretan como una medición de la calidad del agua para el consumo humano, si son altas sus concentraciones, se hará referencia a que el grado de contaminación será alto, por lo tanto la calidad del agua no será satisfactoria y si potencialmente insegura (Aurelio Hernández, 1998). Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-112-SSA1-1994 y NOM-113-SSA1-1994) que establecen el método microbiológico para determinar el número de microorganismos coliformes totales presentes en diferentes productos por medio de la técnica del número más probable o de la técnica de cuenta de placa.

- b) Estreptococos fecales: de igual manera son indicadores de contaminación fecal, su hábitat normal es el tubo digestivo de animales de sangre caliente, y se pueden desarrollar en temperaturas de 45 °C; son muy resistentes a condiciones adversas como temperaturas particularmente bajas, desecación así también como en tratamientos térmicos, por lo que son indicadores eficientes, para la valoración de concentraciones de contaminantes en los cuerpos de agua (Aurelio Hernández, 1998).

2.4. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN MÉXICO

En México el tratamiento de aguas residuales a evolucionado en general, para este caso solo se consideraran los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales. De los registros mas recientes con los que se cuenta mencionan que al finalizar el año del 2010 existía un índice en el país de 2,186 plantas municipales de tratamiento de aguas residuales, las cuales contaban con una capacidad total instalada de 126,847.49 l/s, tratando solo a 93,600.18 l/s, que equivale a un 44.8% del agua residual generada y colectada por los sistemas municipales de alcantarillado del país.

De los datos más actuales se tienen que al cierre del 2011 el registro de plantas en operación tuvo un aumento a 2,289 plantas de tratamiento de aguas residuales, con una capacidad instalada de 137,082.13 l/s y un gasto tratado de 97,640.22 l/s lo cual presenta un incremento en cuanto a capacidad instalada de 7.47% y un 4.14% en caudal tratado, lo cual da un registro final en cuanto a tratamiento de aguas residuales municipales del 46.5%.

A continuación en la tabla 2.6 se observan los registros para cada estado respectivamente el número de plantas con las que cuenta, el caudal con el que están diseñadas y el caudal que tratan. (CONAGUA, Inventario nacional, 2011).

Tabla 2.6 Registro de plantas de tratamiento de aguas residuales en operación (CONAGUA, Inventario nacional, 2011).

Estado	No. Plantas	Capacidad Instalada (l/s)	Caudal Tratado (l/s)
Aguascalientes	132	4783.5	3351.7
Baja California	36	7568.6	5732.9
Baja California Sur	23	1447.5	1062.8
Campeche	26	174.5	147.3
Coahuila de Zaragoza	20	4956.5	3858.0
Colima	59	1773.5	1349.1
Chiapas	31	1543.5	856.0
Chihuahua	156	9207.3	6459.2
Distrito Federal	28	6770.5	3329.8
Durango	173	4351.9	3345.7
Guanajuato	62	5990.4	4443.6
Guerrero	58	3890.8	3147.0
Hidalgo	17	377.5	367.2
Jalisco	151	7016.3	5256.3
México	139	8743.0	6493.9
Michoacán de Ocampo	32	3654.5	2845.6
Morelos	50	2777.7	1810.6
Nayarit	64	2393.6	1628.4
Nuevo León	60	17494.0	10250.1
Oaxaca	69	1520.5	995.1
Puebla	70	3213.9	2767.8
Querétaro de Arteaga	84	2293.4	1500.3
Quintana Roo	34	2350.5	1724.2
San Luis Potosí	38	2509.9	2115.2
Sinaloa	210	5794.6	5004.1
Sonora	81	4932.5	3027.2
Tabasco	77	2077.9	1613.9
Tamaulipas	45	7782.8	5876.1
Tlaxcala	63	1117.2	818.5
Veracruz de Ignacio de la Llave	105	6911.9	5359.4
Yucatán	28	491.4	99.1
Zacatecas	68	1170.8	1004.3
Total Nacional	2289	137082.1	97640.2

Los trabajos realizados en el lapso de un año en materia de plantas de tratamiento de aguas residuales se muestran reflejados en el aumento de las cifras que se muestra en la tabla anterior. Aunque los trabajos en el país en esta índole siguen aumentando, es necesario que esto tenga mayor eficiencia, ya que la contaminación de cuerpos de aguas sigue en aumento y en la mayoría de los estados los trabajos no son significativos. Posiblemente uno de los muchos factores que se pueden presentar por el cual el número de plantas es mayor en algunos estados, es por la existencia territorial, Michoacán que presenta un porcentaje promedio en extinción territorial nacional, cuenta con 32 plantas de tratamiento de aguas residuales en operación lo cual resulta un 1.39% del total, esto lleva a que es uno de los estados con menor actividad en el tratamiento de aguas residuales, es una cifra alarmante que hoy en día gran parte de la población que se encuentra en la entidad desconoce esta problemática. En la figura 2.3 se muestra una comparativa del número de plantas de tratamiento en operación por estado.

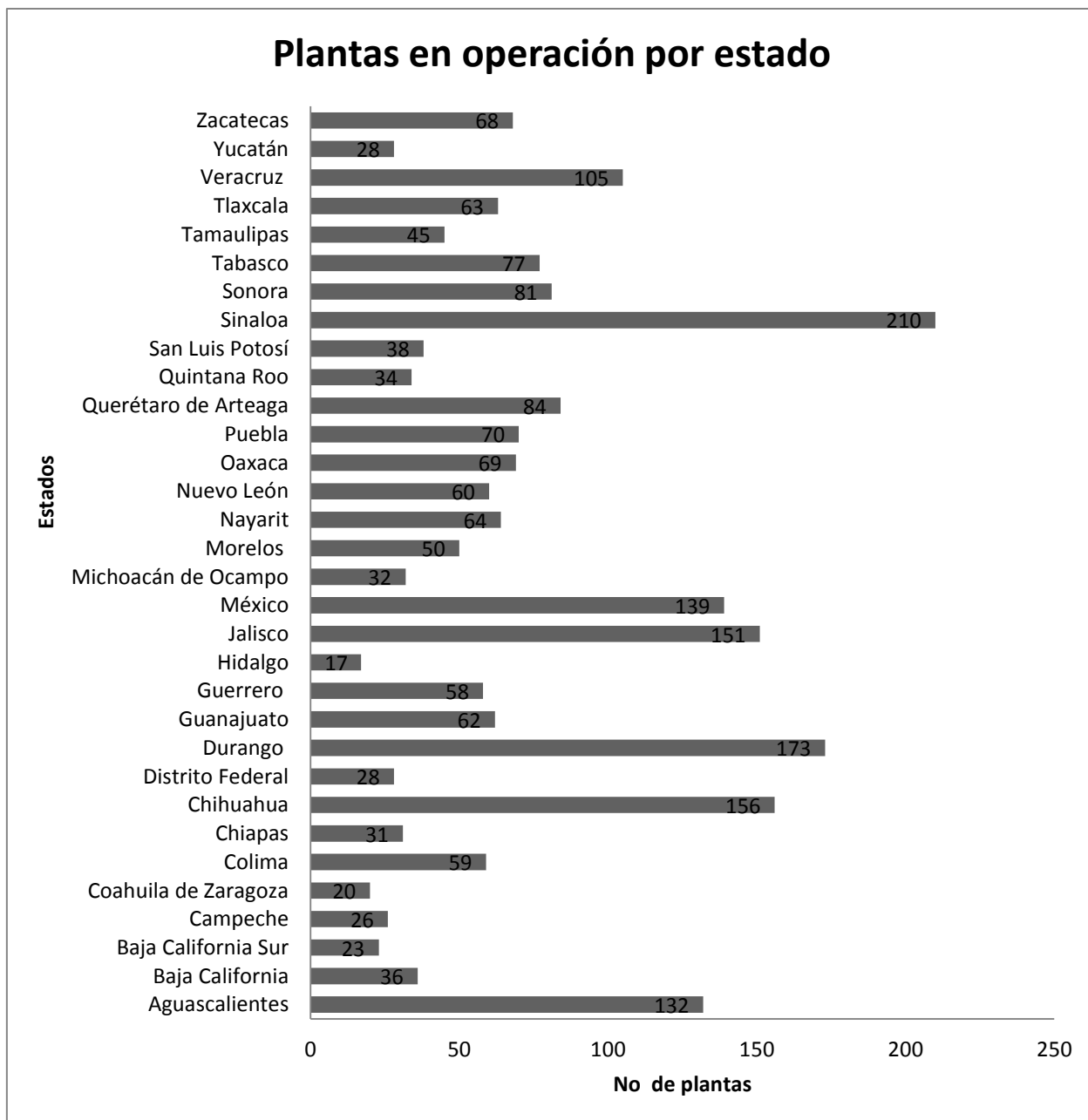


Figura 2.3 Comparativa de los estados de acuerdo a la cantidad de plantas de tratamiento en operación (CONAGUA, Inventario nacional, 2011).

2.4.1. Procesos de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en México

Existen diversas técnicas de tratamiento de aguas residuales, cuya finalidad es mitigar la problemática de la contaminación del agua. Para emplear alguno de los diversos métodos que existen para su tratamiento se consideran factores tales como; el grado de contaminación del efluente a tratar, el recurso económico que se dispone, la

población con la que se proyectara entre otras. En la tabla 2.7 parte I y II, se presentan los procesos de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales con las que cuenta cada estado, así también como sus caudales con los que operan.

Tabla 2.7 Procesos de tratamiento de aguas residuales por estado (Parte I), (CONAGUA, Inventario nacional, 2011).

Estado	Aerobio		Anaerobio		Biológico		Discos Biológicos o Biodiscos		Dual		Filtros Biológicos o Percoladores		Fosa éptica	
	No.	Qop. (l/s)	No.	Qop. (l/s)	No.	Qop. (l/s)	No.	Qop. (l/s)	No.	Qop. (l/s)	No.	Qop. (l/s)	No.	Qop. (l/s)
Aguascalientes	-	-	6	13.0	-	-	-	-	1	1900.0	-	-	13	11.1
Baja California	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	164.9	-	-
Baja California Sur	2	7.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campeche	1	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coahuila de Zaragoza	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.0
Colima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.3
Chiapas	2	3.5	2	0.5	1	2.3	-	-	1	100.0	3	495.5	2	0.8
Chihuahua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Distrito Federal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Durango	-	-	-	-	1	180.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Guanajuato	-	-	1	13.0	-	-	-	-	-	-	2	314.0	-	-
Guerrero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	94.0	-	-
Hidalgo	-	-	5	32.0	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2.5
Jalisco	1	5.0	-	-	-	-	1	10.0	1	50.0	5	543.0	10	14.0
México	-	-	14	55.3	5	26.0	1	10.0	2	1200.5	2	5.5	3	5.3
Michoacán de Ocampo	-	-	-	-	-	-	1	8.0	-	-	1	5.0	-	-
Morelos	-	-	5	95.0	-	-	3	28.0	-	-	5	689.7	1	4.0
Nayarit	-	-	1	45.0	-	-	1	100.0	-	-	1	800.0	1	0.8
Nuevo León	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oaxaca	-	-	8	21.1	-	-	-	-	-	-	1	75.0	-	-
Puebla	-	-	-	-	1	3.5	1	80.0	-	-	3	135.2	7	12.2
Querétaro de Arteaga	1	2.1	1	2.9	1	16.0	-	-	1	400.4	4	359.1	-	-
Quintana Roo	-	-	2	4.0	-	-	-	-	7	392.2	1	136.0	-	-
San Luis Potosí	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1000.0	-	-	4	9.1
Sinaloa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	42.0
Sonora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1.9
Tabasco	-	-	1	2.0	5	16.4	-	-	-	-	1	70.0	-	-
Tamaulipas	-	-	-	-	2	22.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Tlaxcala	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	120.0	-	-
Veracruz	-	-	11	163.9	3	65.3	-	-	-	-	3	1621.0	8	10.6
Yucatán	-	-	10	27.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zacatecas	-	-	1	3.0	-	-	2	122.0	-	-	1	49.0	-	-
Total Nacional	7	25.9	68	478.4	19	331.5	10	358.0	14	5043.1	38	5676.9	96	117.5

Tabla 2.7 Procesos de tratamiento de aguas residuales por estado (Parte II), (CONAGUA, Inventario nacional, 2011).

Estado	Fosa Séptica + Filtro Biológico		Fosa Séptica + (Wetland)		Humedales (Wetland)		Lagunas Aireadas		Lagunas de Estabilización		Otro	
	No.	Qop. (l/s)	No.	Qop. (l/s)	No.	Qop. (l/s)	No.	Qop. (l/s)	No.	Qop. (l/s)	No.	Qop. (l/s)
Aguascalientes	-	-	-	-	3	3.4	-	-	66	150.5	-	-
Baja California	-	-	-	-	-	-	9	2990.0	-	-	-	-
Baja California Sur	-	-	-	-	-	-	-	-	11	257.5	-	-
Campeche	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coahuila de Zaragoza	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1460.0	-	-
Colima	7	6.0	1	8.7	-	-	-	-	11	73.2	-	-
Chiapas	-	-	-	-	1	27.0	-	-	10	191.6	-	-
Chihuahua	-	-	-	-	1	0.7	-	-	122	1014.0	-	-
Distrito Federal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Durango	-	-	-	-	-	-	1	1680.0	162	902.1	-	-
Guanajuato	-	-	-	-	-	-	1	5.0	5	736.8	-	-
Guerrero	-	-	-	-	1	16.0	1	6.0	9	70.2	-	-
Hidalgo	-	-	1	4.0	-	-	-	-	3	42.0	-	-
Jalisco	-	-	-	-	3	7.5	1	20.0	12	134.0	-	-
México	-	-	-	-	1	5.0	-	-	17	557.0	-	-
Michoacán de Ocar	-	-	1	3.5	4	15.1	1	190.0	8	536.0	-	-
Morelos	-	-	-	-	1	1.0	-	-	-	-	-	-
Nayarit	-	-	-	-	3	5.0	2	90.0	41	373.1	-	-
Nuevo León	-	-	-	-	-	-	1	10.0	20	169.2	-	-
Oaxaca	-	-	-	-	39	145.2	-	-	6	39.0	-	-
Puebla	-	-	1	1.1	-	-	-	-	16	110.5	-	-
Querétaro de Arteaga	-	-	-	-	1	1.3	-	-	1	0.6	-	-
Quintana Roo	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2.6	-	-
San Luis Potosí	1	4.7	-	-	2	10.7	2	295.0	8	317.2	4	22.0
Sinaloa	2	1.0	78	102.5	1	7.0	3	20.8	36	1760.3	-	-
Sonora	-	-	-	-	1	4.3	3	1464.1	69	1311.2	-	-
Tabasco	-	-	-	-	4	237.2	2	216.0	12	680.3	-	-
Tamaulipas	-	-	-	-	1	5.0	-	-	24	2113.6	-	-
Tlaxcala	-	-	-	-	2	21.7	4	419.0	19	169.1	1	1.0
Veracruz	-	-	-	-	-	-	1	120.0	16	476.7	-	-
Yucatán	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zacatecas	1	4.1	-	-	-	-	3	48.0	18	275.0	-	-
Total Nacional	11	15.5	82	119.8	69	513.1	35	7573.8	729	13923.3	5	23.0

En México de los procesos más utilizados en el tratamiento de aguas residuales municipales son las lagunas de estabilización con un aproximado del 31.85%, lodos activados con 29.14% del total de los procesos. Los humedales artificiales son utilizados en un 3.01% (Figura 2.4).

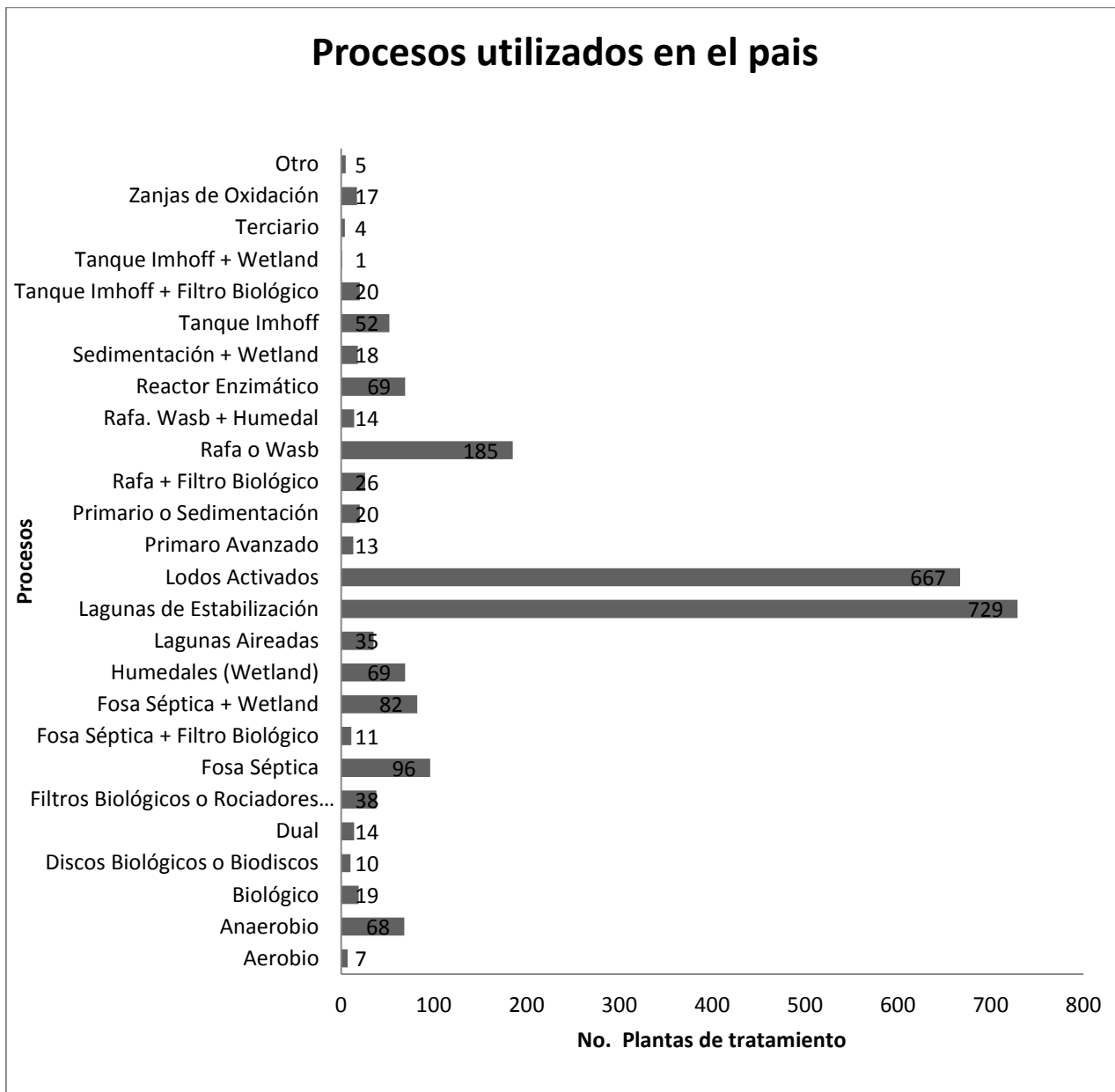


Figura 2.4 Procesos utilizados de acuerdo al número de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en México (CONAGUA, Inventario nacional, 2011).

2.4.2. Necesidades de tratamiento de aguas residuales municipales en México

Existe una infinidad de necesidades en el país, la contaminación de recursos hídricos con las que cuenta, para el país no es la excepción, ya que en la actualidad es un tema de el cual todos conocen pero no se hace lo debido para evitarlo, es tan delicado que no se puede terminar de forma rápida, si no que a base de propuestas y sobre todo análisis a fondo de lo que es esta problemática.

En la federación se realizan programas para que se presenten acciones por los organismos que se encargan de tanto mantener, dar servicios y la operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de tener mayor eficiencia en sus procesos y de esta manera ir convirtiendo esta necesidad que es cada vez más amenazante a la sociedad, además de programas que se realizan también para el público en general, de esta forma se lograra crear conciencia en las personas y de esta forma dar inicio para reducir concentraciones altas de contaminantes en las aguas residuales.

A nivel nacional se colectan mediante los sistemas de alcantarillado un aproximado del 89.9% de las aguas residuales de las cuales solo reciben un manejo y tratamiento adecuado el 43.4% de las aguas residuales colectadas. Lo cual la falta oportuna de infraestructura de tratamiento de aguas residuales en el país es el factor primario de la problemática de la calidad del agua. En la actualidad (XIII Censo Nacional de Población y Vivienda) el 91.3% de la población en el país cuenta con servicios de agua potable, mientras que solo el 89.9% cuenta con servicios de alcantarillado. De acuerdo a la cobertura que existe en la actualidad y el crecimiento de población, el reto en materia de agua potable es de incorporar a cerca de 36.9 millones de habitantes el servicio de agua potable, pero además el servicio de alcantarillado a mas de 40.5 millones de habitantes.

La CONAGUA ha creado este programa llamado "Agenda del Agua 2030", que es un instrumento para la cabal implementación de una política de sustentabilidad hídrica, que para poder hacer realidad los proyectos que se mencionan, requiere inversiones de miles de millones de pesos para que se lleven a cavo con éxito. También menciona que para el año del 2030 todas las aguas residuales municipales así también como las aguas residuales industriales deberán ser tratadas, en conjunto también pero aun sin fecha establecida que todas las aguas tratadas deberán ser reutilizadas. Bien esto los condujo que a lo largo del país se han realizado reuniones donde se toma información para posteriormente ser procesadas, los desafíos del agua son grandes y muy complejos, pero superables, si se actúa con determinación,

unidad y esfuerzo. Para esto es necesario sumar voluntades así como también cambiar los modos tradicionales que se tienen para relacionarse con el agua (Agenda del agua, CONAGUA, 2011).

2.5. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES Y PROCESOS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN

En el estado el proceso de tratamiento más utilizado es el de lodos activados, seguido del de lagunas de estabilización. En la tabla 2.8 se presentan los sistemas en actividad de tratamiento en los municipios y localidades pertenecientes a esta entidad. Además de la capacidad instalada y el caudal que es tratado.

Tabla 2.8 Registro de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en el estado de Michoacán (CONAGUA, Inventario nacional, 2011).

Municipio	Localidad	Proceso	Capacidad Instalada (l/s)	Caudal Tratado (l/s)
Briseñas	Briseñas de Matamoros	Lagunas de Estabilización	6	6
Cheran	Cheran	Filtros Biológicos o Percoladores	27	5
Coahuayana	Coahuayana de Hidalgo	Lagunas de Estabilización	23	23
Cotija	Cotija de la Paz	Lagunas de Estabilización	35	25
Cuitzeo	Cuitzeo del Porvenir	Humedales (Wetland)	25	6
Erongaricuaro	Erongaricuaro	Humedales (Wetland)	6	6
La Huacana	La Huacana	Rafa o wasb	60	32
Lagunillas	Lagunillas	Discos biológicos o Biodiscos	10	8
Lázaro Cárdenas	Ciudad Lázaro Cárdenas	Lodos Activados	360	280
Lázaro Cárdenas	Ciudad Lázaro Cárdenas	Lodos Activados	40	30
Lázaro Cárdenas	Las Guacamayas	Lodos Activados	120	90
Morelia	Atapaneo	Lodos Activados	1200	939
Morelia	Jesús del Monte	Lodos Activados	5	3
Morelia	San Miguel del Monte	Rafa o wasb	3	2
Paracho	Paracho de Verduzco	Lagunas de Estabilización	35	5
Patzcuaro	Janitzio	Lodos Activados	7	1
Patzcuaro	Patzcuaro	Zanjas de Oxidación	20	15
Patzcuaro	Patzcuaro	Lodos Activados	105	75
La Piedad	Los Guajes	Fosa séptica + wetland	4.5	3.5
La Piedad	Ojo de Agua de Serrato	Rafa o wasb	3.5	3.5
La Piedad	La Piedad de Cabadas	Lagunas aireadas	200	190
La Piedad	Tanque de Peña	Rafa o wasb	2.5	2.5
Quiroga	Quiroga	Rafa o wasb	20	20

Quiroga	Santa Fe de la Laguna	Humedales (Wetland)	3	2.5
Sahuayo	Sahuayo de Morelos	Lagunas de Estabilización	180	100
Tacámbaro	Yoncostio	Lodos Activados	6	2
Tumbiscatio	Tumbiscatio de Ruiz	Lagunas de Estabilización	10	8
Tzintzuntzan	Cucuchucho	Humedales (Wetland)	1	0.6
Uruapan	Uruapan	Lodos Activados	420	418
Zacapu	Zacapu	Lagunas de Estabilización	120	90
Zamora	Zamora de Hidalgo	Lagunas de Estabilización	330	279
Zitacuaro	Heroico Zitacuaro	Lodos Activados	267	175
Total de plantas de tratamiento			32	3654.5
				2845.6

2.5.1. Necesidades de tratamiento de aguas residuales municipales en el estado de Michoacán

En el estado se trata un caudal total de 2845.6 l/s lo cual es un 2.91% aproximado del total de las aguas que se tratan en el país, lo cual demuestra que existe una deficiencia en los procesos para el tratamiento de aguas residuales y por tanto en infraestructura en materia de saneamiento, esto a grande rasgos (Figura 2.4) (CONAGUA, Inventario nacional, 2011).

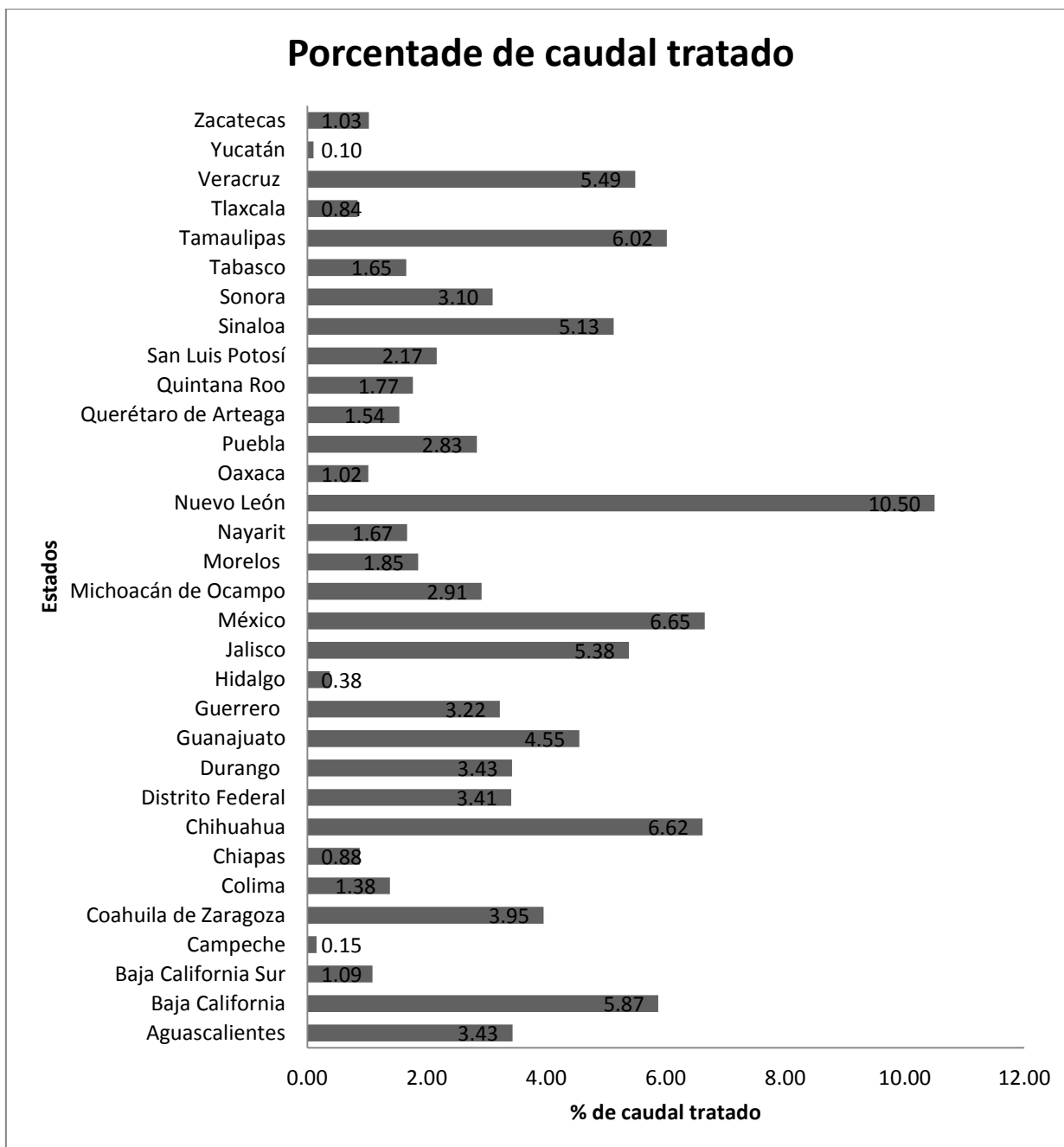


Figura 2.4 Porcentaje de caudal tratado en los estados del país. (CONAGUA, Inventario nacional, 2011).

Realizando una comparativa con los estados que conforman al país. Con respecto a los resultados en la tabla 2.7 se puede demostrar que aunque es evidente que en el estado de Michoacán se realizan actividades para regular la contaminación del agua, no son suficientes ya que en algunos de los municipios, no se diga localidades carecen de sistemas para el tratado de aguas residuales, a esto agregando que solo el 18.75% aproximadamente de las plantas de tratamiento, trabajan eficientemente, se

hace referente que menos del 50% de las instalaciones trabajan de acuerdo a su capacidad instalada.

Además de dar un tratamiento a las aguas residuales con el fin de mitigar la contaminación, el uso de las aguas ya tratadas es poco frecuente, antes de proseguir aclarando que hablar de uso es que se especifique que posteriormente cuando el agua haya tenido el proceso debido de tratamiento, esta será destinada a un determinado uso, muchas de las veces el agua es vertida a algún cuerpo receptor, llámese río, arroyo, lago entre otros, personas que desconocen que la composición de que este cuerpo de agua proviene de una planta de tratamiento y por las características del efluente ya que para poder ser reutilizada debe de cumplir con parámetros que a pesar de cumplir con los límites máximos permisibles normados, sus concentraciones sean adecuadas para su uso. En tres localidades (Paracho de Verduzco, Sahuayo de Morelos y Zamora de Hidalgo) se reutiliza el recurso tratado, que por lo regular es uso para riego agrícola.

En figura 2.5 se muestra los procesos de plantas de tratamiento de aguas residuales del estado de Michoacán más cotidiano, con la finalidad de analizar los factores que influyen para la utilización ya sea de lodos activados procesos de lagunas de estabilización entre otros.

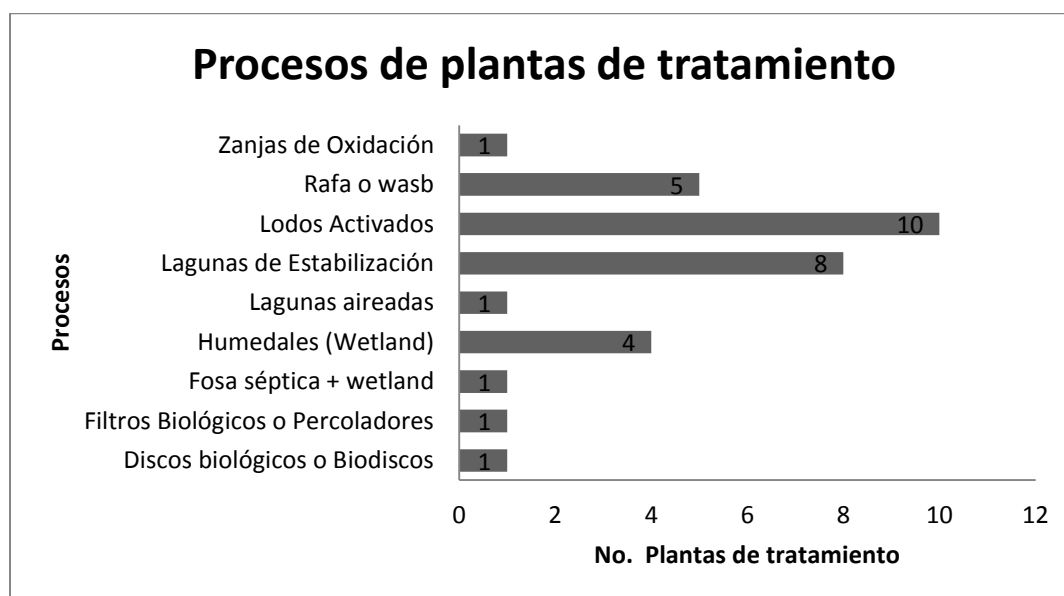


Figura 2.5 Procesos utilizados de acuerdo al número de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en el estado de Michoacán (CONAGUA, Inventario nacional, 2011).

3. OBJETIVOS

Reducir la contaminación de los cuerpos de agua de la localidad de Bellas Fuentes, municipio de Coeneo, Michoacán elaborando una propuesta de tratamiento de aguas residuales que sea viable y económica, con respecto a las necesidades reales de la región, buscando implementar una solución que no perjudique a la población, que sea adecuada y funcional para la eliminación de contaminantes.

4. ESTUDIOS PRELIMINARES

La elaboración de estudios preliminares es indispensable para la realización de esta Propuesta de Tratamiento de Aguas Residuales, donde la finalidad de este apartado es obtener datos básicos de referencia de acuerdo a aspectos físicos del lugar donde se elaborara, como también aspectos socio-económicos.

4.1. MARCO FÍSICO

4.1.1. Localización geográfica

En la parte centro occidente de la República Mexicana, se encuentra el estado de Michoacán, sobre la costa meridional del Océano Pacífico. Se localiza entre las coordenadas geográficas, 17° 54' 34" y 20° 23' 37" de latitud norte y los 100° 03' 23" y 103° 44' 09" de longitud oeste, en coordenadas UTM X= 199724.74, Y= 2151341.97; colinda con el estado de Jalisco al noroeste, al suroeste con Colima, al norte con Guanajuato y Querétaro, al este con el Estado de México, al sureste con Guerrero y al suroeste con el Océano Pacífico. El Estado de Michoacán cubre una extensión de 58,599 km² que representa alrededor del 3.04% de la superficie total del territorio nacional, ocupando el lugar número 16 en extensión entre las 32 entidades del país. La entidad cuenta con 213 km de litoral y 1,490 km² de aguas marítimas.

En Michoacán se encuentran la mayor parte de las unidades geográficas con que se ha tipificado la corteza terrestre: está compuesta por mesetas y valles. Michoacán se encuentra como uno de los estados con mayores recursos forestales ya que La Sierra Madre Occidental forma parte del territorio del estado. Las fallas producto de erupción de volcanes transformados en montañas con diferentes alturas, estos forman parte del eje neovolcánico que se encuentra en la Sierra Tarasca donde se encuentran numerosos conos volcánicos, de los cuales el Cerro del Zirate, los volcanes de Zacapu, el Parícutin y el Tancitaro son de los más sobresalientes. También la formación de valles en el interior de montañas; mesetas, precipicios, cañadas, depresiones, planicies o llanuras, laderas, lomeríos, zonas lacustres, áreas semidesérticas, playas y taludes que quedan inmersos en las orillas del mar. Otra de las razones que le otorga como el estado del país de México con un número mayor de aguas interiores.

El territorio del estado se agrupa en 10 regiones socioeconómicas denominadas: Lerma Chapala, Bajío, Cuitzeo, Oriente, Tepalcatepec, Purépecha, Pátzcuaro-Zirahuén, Tierra Caliente, Sierra Costa e Infiernillo. (SER, 2010)(Figura 4.1).



Figura 4.1 Ubicación de El Estado de Michoacán en la República Mexicana (INEGI 2010).

En la región del Bajío, al norte en de el estado de Michoacán se encuentra el municipio de Coeneo, que tiene una superficie de 393.16 km² y representa el 0.66% de la superficie del Estado. Se localiza en las coordenadas geográficas, 19° 48' 22" de latitud norte y 101° 35' 37" de longitud oeste, en coordenadas UTM X= 229265.87, Y= 2193704.09; a una altura de 2,040 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con los municipios de Huaniqueo y Jiménez, al sur con Erongarícuaro y al oeste con Zacapu. Su distancia a la capital del Estado es de 80 km. Su relieve lo constituye el sistema volcánico transversal, formado por la sierra de Comanja, con el pico Tzirate; cerros de Catayo, Ermitaño y Pelón. (INAFED, SEGOB 2010) (Figura 4.2).



Figura 4.2 Localización del municipio de Coeneo en el estado de Michoacán. http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_michoacan

La localidad de Bellas Fuentes, perteneciente al municipio de Coeneo, se localiza en las coordenadas geográficas, 19° 49' 17" de latitud norte, 101° 40' 46" de longitud oeste, en coordenadas UTM X= 219264.65, Y= 2194021.19; a 2,005 m. sobre el nivel del mar. (INAFED, SEGOB 2010) (Figura 4.3).

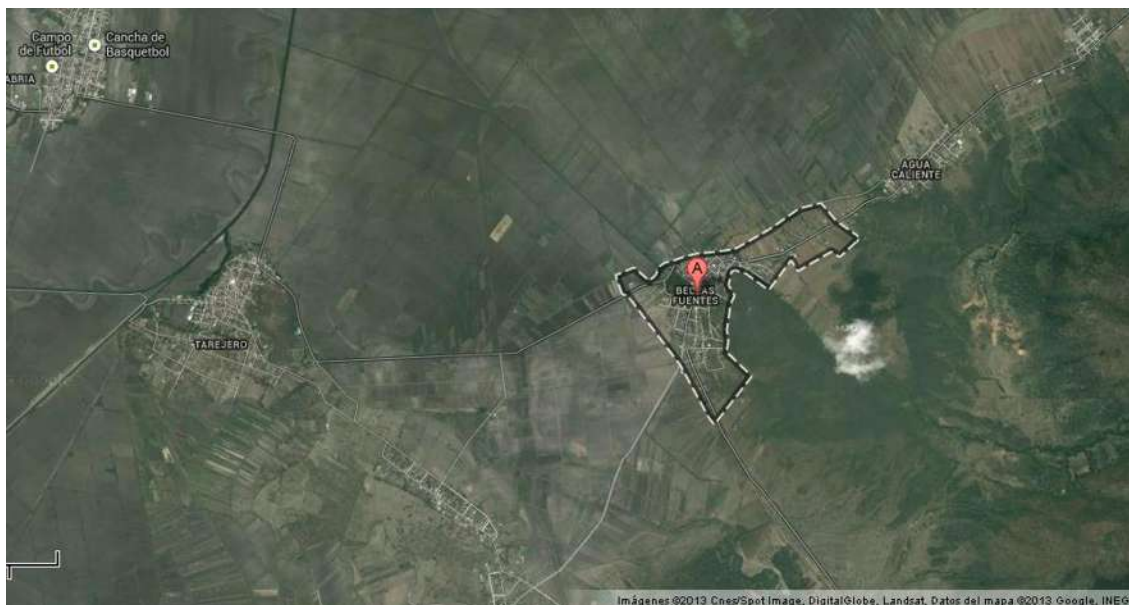


Figura 4.3 Localización de la localidad de Bellas Fuentes en el municipio de Coeneo. (Simulador Google Earth, 2013).

Limita al noreste con el poblado de Agua Caliente, al suroeste con la colonia Félix Ireta, mientras que al oeste con la población de Tarejero. La localidad con una superficie irregular se encuentra en las partes bajas del eje Volcánico Transversal, formado por la sierra de Comanja, con el pico Tzirate; cerros de Catayo, Ermitaño y Pelón.

Su hidrografía la constituye el río de la Patera; presa de Tunguitiro, lago Bellas Fuentes, arroyos Tzirate y los Muertos. Los principales ecosistemas en la localidad son bosque mixto con pino, encino y aile. Su fauna la conforman la liebre, conejo, ardilla, venado, coyote, zorro y tlacuache. Recursos naturales que abundan es la superficie forestal maderable es ocupada por pino y encino, y en el caso de la no maderable, por matorrales de distintas especies.

De las características y usos de suelo de la localidad datan de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y plioceno; corresponden principalmente a los del tipo de pradera y de montaña. Su uso es primordialmente agrícola y en menor proporción ganadera y forestal. (INAFED, SEGOB 2010).

4.1.2 Clima

Su clima es templado con lluvias en verano (Figura 4.4). Tiene una precipitación pluvial anual de 791.4 mm³ y temperaturas que oscilan de 9 °C a los 23 °C promedio, como se muestra en la tabla 4.1.

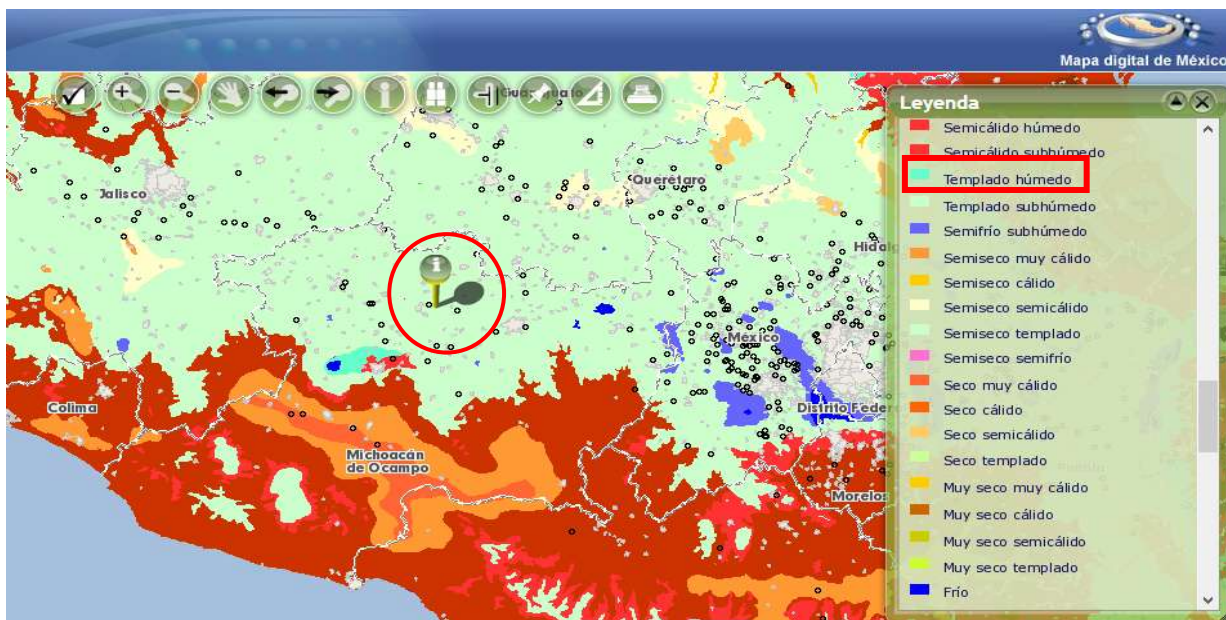


Figura 4.4 Clima predominante de la localidad de Bellas Fuentes.

<http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html>

Tabla 4.1 Tabla de temperaturas promedio comprendidas de 1950 al 2013.

MES	T (°C)	MES	T (°C)
Enero	20	Enero	4
Febrero	22	Febrero	5
Marzo	24	Marzo	7
Abril	26	Abril	10
Mayo	27	Mayo	12
Junio	25	Junio	14
Julio	23	Julio	13
Agosto	23	Agosto	13
Septiembre	23	Septiembre	12
Octubre	23	Octubre	10
Noviembre	21	Noviembre	6
Diciembre	20	Diciembre	4
T (°C) máxima anual = 23		T (°C) mínima anual = 9	

4.1.3. Infraestructura Hidráulica

La Infraestructura se conoce a un grupo de estructuras, que tendrán una función única, que además están realizadas para soportar una extensa vida útil, de esta forma prestan sus servicios para la integración de un servicio necesario y funcional para fines de desarrollo tanto políticos, sociales y económicos de un servicio básico de un país, algún estado, una ciudad, municipio o para este caso de una población.

Asimismo tienen la función de mejorar, regular y conducir el recurso hídrico, como también garantizar la defensa y protección del mismo.

De acuerdo a datos de la CONAGUA, México en el aspecto hídrico es un país que a lo largo del tiempo ha construido grandes obras de infraestructura hidráulica con la finalidad de proveer y dar el servicio pertinente a los usuarios que lo requieren; actualmente el país cuenta con (CONAGUA 2010):

- 4,462 presas y bordos de almacenamiento.
- 6.50 millones de hectáreas de riego.
- 2.9 millones de hectáreas con temporal tecnificado.
- 631 plantas potabilizadoras en operación.
- 2,029 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación.
- 2,186 plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación.

En la localidad de bellas fuentes, son 508 el total de viviendas con las que se cuentan, de las cuales solo un 65% son viviendas habitadas lo cual dan un número de 329 hogares y el resto que es el 35% son viviendas particulares no habitadas la cual presenta una cifra de 179 hogares. De las viviendas que se encuentran ocupadas actualmente se calcula un promedio de 3.3 ocupantes por vivienda. Las cifras respecto al número de viviendas no habitadas es alto ya que como esta localidad existen muchas en la región, que al no tener un desarrollo prospero para los habitantes, se hace referencia a un desarrollo tanto social como económico favorable, se ven obligados a dejar sus hogares para buscar el sustento para que cada una de las familias de estas personas puedan salir adelante (Figura 4.5) (INEGI, 2010).



Figura 4.5. Particularidad de los hogares de la localidad (Simulador Google Earth).

a) Agua Potable

La cantidad de viviendas que cuentan con el servicio de agua entubada, claro contando solo el porcentaje de viviendas que se encuentran habitadas es del 65% del total. Se tienen 320 hogares lo cual da un 97%, de las cuales restan 9 hogares que es un aproximado al 3% que no cuentan con este servicio.

b) Alcantarillado

Otros servicios con los que cuenta la localidad son drenaje y se tienen cifras de que 281 viviendas cuentan con este servicio el cual da un 85% del total de las viviendas que actualmente se encuentra habitadas (65%), restando 48 viviendas sin este servicio el cual es un aproximado del 15%. En cambio el número de viviendas que cuentan con servicio sanitario es de 313, que es un aproximado del 95% del total de las viviendas, lo cual 16 viviendas aun no cuentan con este servicio que es un 15%.

4.2. ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS

4.2.1. Demografía

En la localidad de Bellas Fuentes, para el último dato que es del año 2010 que es el registro más reciente, está conformada por un aproximado de 1104 habitantes, de los cuales en su mayoría con un 31% tienen edades de entre 30 y 59 años dando un

aproximado de 340 habitantes en este rango, posteriormente un 25% tienen edades entre 0 y 14 años con 271 habitantes, el 23% tiene edades entre 15 y 29 años con 259 habitantes, un 21% tiene más de 60 años con aproximado de 228 habitantes, y el 10% de la totalidad de la población tiene alguna discapacidad con 110 habitantes. (INEGI 2010).

4.2.2 Nivel de Vida

Es necesario evaluar el bienestar de los habitantes de la zona, de la misma manera esto conlleva a el conocimiento de las actividades de productividad que se desarrollan, el nivel de salarios, un promedio del nivel de educación, emigración de los locatarios, composición de los estratos sociales. A continuación se presenta la medición municipal de la pobreza, el porcentaje de la población, número de personas, número promedio de carencias sociales en los indicadores de pobreza para la Cabecera Municipal que es Coeneo (Tabla 4.2).

Tabla 4.2 Indicadores de pobreza para el municipio de Coeneo, Michoacán. (CONEVAL, 2010)

Indicadores	Porcentaje	Número de personas	Número promedio de carencias
Pobreza			
Población en situación de pobreza	58.2	11,180	2.9
Población en situación de pobreza moderada	44.5	8,552	2.6
Población en situación de pobreza extrema	13.7	2,628	3.7
Población vulnerable por carencias sociales	34.8	6,682	2.6
Población vulnerable por ingresos	2.2	422	0.0
Población no pobre y no vulnerable	4.8	920	0.0
Privación social			
Población con al menos una carencia social	93.0	17,862	2.8
Población con al menos tres carencias sociales	51.4	9,870	3.6
Indicadores de carencia social			
Rezago educativo	41.4	7,953	3.3
Acceso a los servicios de salud	76.9	14,762	3.0
Acceso a la seguridad social	78.2	15,009	2.9
Calidad y espacios de la vivienda	19.8	3,804	4.0
Acceso a los servicios básicos en la vivienda	22.7	4,356	3.8
Acceso a la alimentación	20.9	4,016	4.0
Bienestar económico			
Población con ingreso inf. a la línea de bienestar mínimo	22.5	4,320	2.9
Población con ingreso inf. a la línea de bienestar	60.4	11,602	2.8

Para este aspecto se recurrió a instituciones que se encargan de recolectar, analizar y determinar dichos aspectos, de esta manera el usuario tenga la disposición de este material. El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información (INEGI), así también como El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONAPO), son instituciones que se encargan de dichas actividades.

Ya sea la cantidad de bienes y servicios con los que los habitantes que conforma la localidad cuentan, de la misma manera que las necesidades que se deben de suplir, conforme se adquieren o ceden, son datos de la misma manera imprecisos, que implican una valoración de acuerdo a una serie tanto de criterios como factores que son de considerarse para los resultados que se obtengan sean lo más lógicos y eficientes. A continuación se presenta en tabla 4.3 Información de acuerdo a las principales actividades económicas de acuerdo al sector que pertenezca, así también como los ingresos por trabajo de los locatarios.

Tabla 4.3 Actividades Económicas de la Localidad de Bellas Fuentes, Municipio de Coeneo, Michoacán. (INEGI, 2010)

Población económicamente activa por sector:

Sector de actividad económica					
	Primario	Secundario	Comercio	Servicios	No especificado
%	41.42	21.74	12.01	23.46	1.37

Población económicamente activa por rama:

División ocupacional				
	Trabajadores agropecuarios	Trabajadores en la industria	Comerciantes y trabajadores en servicios diversos	No especificado
%	37.10	19.02	28.55	1.27

Nivel de ingreso:

Ingreso por trabajo				
	Hasta 1 s.m.	Más de 1 a 2 s.m.	Más de 2 s.m.	No especificado
%	52.28	16.71	24.26	6.75

Nivel de educación: 6.1

Actividades principales: Agricultura y ganadería

4.3 MECÁNICA DE SUELOS

En general la composición interna del planeta; para la primer capa está conformado por un núcleo que se compone de hierro y níquel principalmente, la cual posee gran rigidez por esta razón se considera que el núcleo es sólido, a este lo rodea una capa fluida compuesta por magma, posteriormente a esta capa de compuesta de material fluido, se encuentra la corteza terrestre, que se encuentra en un estado flotante en el magma. Siendo la capa de importancia para este apartado la corteza terrestre, en la parte superior contiene pequeñas capas, conformadas por la desintegración o descomposición de sus últimos niveles, a esta serie de capas se le denomina suelo, la cual es tratada por este apartado.

Una descripción a grandes rasgos de lo que se realiza en este aspecto, bien, la mecánica de suelos se describe a la aplicación de actividades diversas a la problemática en Ingeniería, que están relacionados con los sedimentos, acumulaciones consolidadas y no consolidadas de partículas solidas, que se originan de la descomposición de estratos formados por materiales de mayores densidades, y que están provocados por desintegración física y química. Abarca lo que es el comportamiento de la infinidad de suelos que existen de acuerdo a sus características, así también a las cargas a las que estas están sujetas, también se estudian a detalle cada una de las propiedades físicas de los suelos.

Para la realización de este estudio es importante que la muestra que se analizara cumpla con los lineamientos y cuidados que se deben de seguir para su análisis, ya que existe una diversidad de tipos de suelos, no es factible sistematizar los procesos de su clasificación. De esta forma es como en la mecánica de suelos de forma necesaria presenta sistemas de clasificación de suelos ya sea por su color, algunas veces por su olor, su textura de la misma manera que su clasificación por su composición de distribución de tamaños y su composición granulométrica.

El objetivo de la exploración del estudio geotécnico, es investigar y determinar las propiedades índice y mecánicas, de los diferentes materiales que conforman al subsuelo del sitio en estudio, principalmente en el estrato de desplante de de estructura, para tener toda la información necesaria y poder conceptualizar de manera integral el proyecto.

Informe del estudio geotécnico

El siguiente estudio se realizó por el Laboratorio de Materiales “Ing. Luis Silva Ruelas”, de la Facultad de Ingeniería Civil, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, elaborado por M. en I. Felipe de Jesús Jerónimo Rodríguez,

- Trabajos de campo.

El alcance de este trabajo es desde la inspección de las características del subsuelo, exploración, muestreo y ensayos básicos del perfil estratigráfico con la finalidad de lograr una tipificación general de los suelos, para determinar la capacidad de carga admisible, con la información obtenida, emitir algunas recomendaciones generales para el proceso constructivo. A continuación en la figura 4.6 se muestran una secuencia de actividades para la realización de las muestras para estudio y su análisis (Bio3tech, 2013).



Figura 4.6. Secuencia del proceso de muestreo de suelos (Bio3tech, 2013).

- Estratigrafía del terreno

La estratigrafía observada en el pozo a cielo abierto, se observan las siguientes características:

- Capa vegetal, este primer estrato formado por limos orgánicos de alta compresibilidad o Turbas, color negro a gris claro, de consistencia natural que varía de media a firme. Como observación no se encontró el nivel de aguas freáticas, pero por estar muy cerca del cauce y de una laguna si se considera que existe

- Trabajos de laboratorio

Los trabajos de laboratorio consistieron en realizar los ensayos correspondientes, para la determinación de las propiedades índice (contenido de agua, granulometría, límites de plasticidad, densidad de sólidos, etc.) y mecánicas de los suelos (ángulo de fricción interna, cohesión, etc.) (Figura 4.7) (Bio3tech, 2013).



Figura 4.7 Secuencia del proceso de análisis de suelos (Bio3tech, 2013).

- Resultados de laboratorio.

Los resultados que se obtuvieron en laboratorio se resumen en la tabla 4.4, donde todas las pruebas fueron realizadas mediante un adecuado control de calidad, con la finalidad de dar la confiabilidad a los resultados (Bio3tech, 2013).

Simbologías:

SUCS = Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

A = Muestra alterada.

I = Muestra inalterada.

P.C.A. = Pozo a cielo abierto.

OH = Limos orgánicos de alta compresibilidad.

Pt = Turba.

Tabla 4.4 Resultados de análisis de suelos (Bio3tech, 2013).

PRUEBAS REALIZADAS		
PCA No.	1	1
ESTRATO No.	1	1
PROFUNDIDAD MUESTRA (m)	1.00	1.00
TIPO DE MUESTRA	A	I
GRANULOMETRÍA		
% DE FRAGMENTOS DE ROCA	0	0
% PASA MALLA 3"	100	100
% PASA MALLA No.4	100	100
% PASA MALLA No.40	94	93
% PASA MALLA No.200	84	85
LIMITES DE CONSISTENCIA		
% HUMEDAL NATURAL (w)	378.72	224.99
% LIMITE LIQUIDO (LL)	180.3	195.45
% LIMITE PLASTICO (LP)	70.07	70.09
% INDICE PLASTICO (IP)	110.23	125.36
% CONTRACCION LINEAL (CL)	40.4	45.88
% LIMITE DE CONTRACCIÓN (CV)	75.2	72.3
CLASIFICACIÓN SUCS.	OH ó Pt	OH ó Pt
CONSISTENCIA NATURAL /DENSIDAD RELATIVA		
CON PENETRACIÓN DE BOLSILLO (kg/cm ²)	0.50-1.25	0.50-1.25
DENSIDAD RELATIVA (Dr)		
PRUEBA DE COMPRESIÓN SIN CONFINAR		
RESISTENCIA EN kg/cm ² (qu)		0.7
COHESION EN kg/cm ² (c)		0.35
PRUEBA TRIAXIAL RÁPIDA		
RESISTENCIA EN kg/cm ² (c)		0.25
ANGULO DE FRICCIÓN (φ)		12°
PRUEBA DE CONSOLIDACIÓN		
CARGA DE PRECONSOLIDACIÓN EN kg/cm ² (Pc)		0.80
PERMEABILIDAD DEL SUELO k (cm/s)		1.2x10 ⁷
RELACIONES VOLUMETRICAS Y GRAVIMETRICAS		
PESO VOLUMETRICO DEL LUGAR EN Ym	1.199	1.037
DENSIDAD DE SOLIDOS (Sa)		2.19
RELACIÓN DE VACIOS (e)		5.9
POROSIDAD EN % (n)		85.4
GRADO DE SATURACIÓN EN % (Gw)		84.0

- Capacidad de carga del terreno

Considerando zapatas a una profundidad de desplante según la tabla siguiente.

Con los resultados del PCA No. 1, donde se tiene un ángulo de fricción interno, cohesión y peso volumétrico, según la tabla de los parámetros de resistencia y

considerando una profundidad de desplante, según la siguiente tabla y aplicando la teoría de Terzagui y factor de seguridad FS=3, se obtienen las capacidades de carga admisible siguientes:

Tabla 4.5. Resultados de análisis de suelos (Bio3tech, 2013).

Sondeo	N.A.F.	Estrato	De	A	Espesor	Ym	Modulo de		qu		*c	*φ	Tipo
							reacción	G*	Penetrómetro	qu			
No.	(m)	No.	(m)	(m)	(m)	(t/m³)	(kg/cm²)*	de bolsillo	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(°)	de suelo
PCA-1	N/E (0.00)	1	0.15	3.5	3.35	1.037	2.00	1	200	0.50-1.25	0.7	12°	OH ó Pt

* Parámetros estimados con base a la consistencia natural del suelo.

Df	Zapatas Continuas	Zapatas Aisladas
	q adm (t/m²)	q adm (t/m²)
2.00	4.25 + 0.01 B	5.51 + 0.00 B
2.50	4.26 + 0.01 B	5.52 + 0.00 B
3.00	4.27 + 0.01 B	5.53 + 0.00 B
2.50	4.29 + 0.01 B	5.54 + 0.00 B
4.00	4.30 + 0.01 B	5.56 + 0.00 B

NOTA: Se recomienda una profundidad de despilme mínima de 2.00m (estrato 1) mediante zapatas continuas de cimentación y no sobrepasar una capacidad de carga admisible de 4.00 t/m² de acuerdo a las pruebas triaxiales.

4.4 COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE BELLAS FUENTES, MUNICIPIO DE COENEO, MICHOACÁN

Para determinación de la propuesta de la Planta de Tratamiento, es necesario tener conocimiento sobre los componentes del efluente que se tratara. Por las características de la Localidad, además de contener aguas residuales de los hogares que lo integran, a este tipo de generador de contaminantes se le denomina de tipo de puntual. También compuesto por contaminación de tipo difusa las cuales de sus principales actividades que se realizan como ya se mencionaron en los resultados anteriores, son la ganadería y con un porcentaje mayor también la agricultura.

4.4.1 Aforo y muestreo

El aforo es la determinación de la cantidad de flujo que pasa por una sección de referencia en un determinado tiempo, el cual se expresa de forma volumétrica, uno de los métodos más comunes para aforo, el cual se utilizara para la realización la obtención del gasto de aforo. Se denomina como una actividad relativamente de suma importancia para el diseño que se realizara para la propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad, ya que en esta actividad se obtendrá el gasto real de cada una de las descargas de la localidad, en un determinado intervalo de tiempo. El método que se llevo a cabo para la determinación del gasto fue a base del método volumétrico que se realizo en la parte del emisor del sistema de alcantarillado de la localidad de Bellas Fuentes. Los resultados obtenidos en el proceso de aforo se muestran en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Aforo volumétrico y muestreo, en la localidad de Bellas Fuentes (Bio3tech, 2012)

GASTO DE DISEÑO				
Bellas Fuentes, Coeneo de la liberty Mich.				
Muestra 1				
VOL (l)	TIEMPO (seg)	Q (l/s)	fecha	hora de muestreo
8.00	2.57	3.11		
9.00	3.96	2.27		
8.00	2.64	3.03	26-may-13	13:00 h
8.30	2.69	3.09		
8.80	3.89	2.26		
Muestra 2				
VOL (l)	TIEMPO (seg)	Q (l/s)	fecha	hora de muestreo
7.10	4.23	1.68		
8.00	4.75	1.68		
7.80	4.23	1.84	26/05/2013	17:00 h
7.00	3.83	1.83		
7.00	3.80	1.84		
Muestra 3				
VOL (l)	TIEMPO (seg)	Q (l/s)	fecha	hora de muestreo
7.30	5.30	1.38		
7.90	5.44	1.45		
7.80	5.34	1.46	26-may-13	21:00 h
8.20	6.20	1.32		
8.10	6.44	1.26		
Muestra 4				
VOL (l)	TIEMPO (seg)	Q (l/s)	fecha	hora de muestreo
6.80	9.14	0.74		
6.90	8.10	0.85		
6.80	9.26	0.73	27-may-13	02:00 h
7.00	9.57	0.73		
7.00	9.41	0.74		
Muestra 5				
VOL (l)	TIEMPO (seg)	Q (l/s)	fecha	hora de muestreo
6.70	13.16	0.51		
6.90	9.46	0.73		
6.00	8.89	0.67	27-may-13	08:00 h
7.00	9.48	0.74		
7.00	9.26	0.76		
Muestra 5				
VOL (l)	TIEMPO (seg)	Q (l/s)	fecha	hora de muestreo
9.00	3.97	2.27		
9.00	2.74	3.28		
8.20	2.57	3.19	27-may-13	12:00 h
9.00	2.65	3.40		
8.10	2.46	3.29		
Q_{AFORO}		1.7		

A continuación en la figura 4.8 se muestran la aportación horaria de la descarga de aguas residuales de la localidad, donde se puede apreciar que es a medio día cuando se tienen mayores volúmenes de descarga.

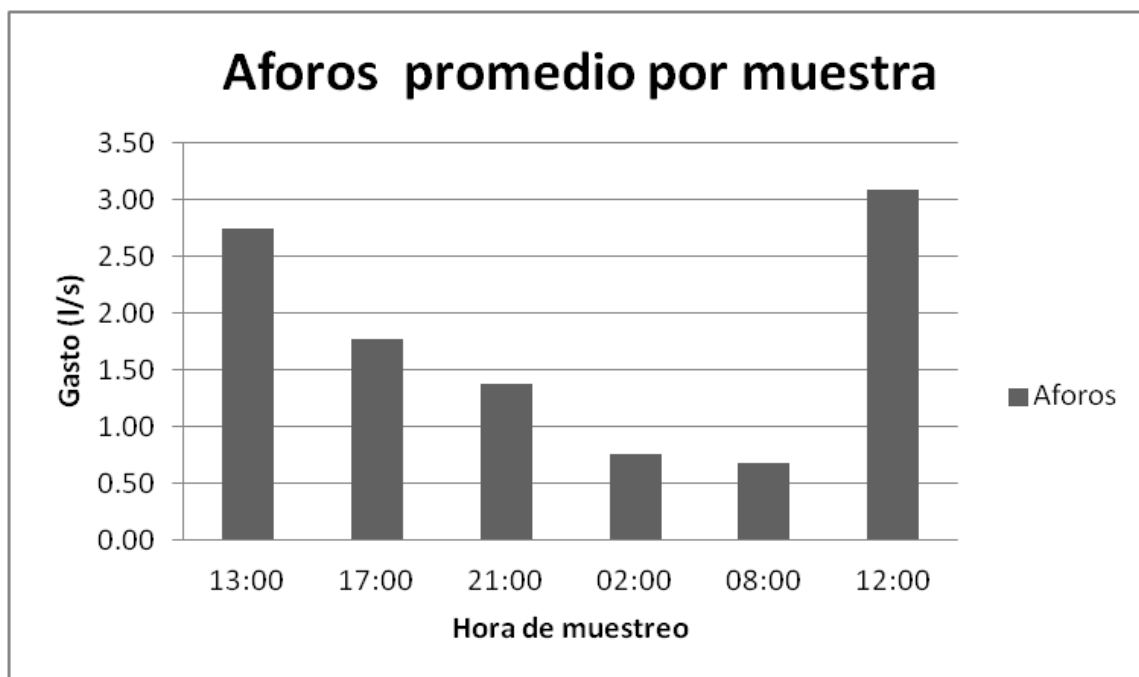


Figura 4.8 Aportación horaria de las descargas de aguas residuales.

Para la elaboración de la propuesta del proyecto, para determinar las características del tratamiento de aguas residuales es necesario conocer las concentraciones de contaminantes que contenga el efluente, de esta manera se determinara los componentes de su tratamiento. El muestreo es base fundamental para distintas determinaciones analíticas, siendo el objetivo principal la obtención de una porción de materia representativa, de los parámetros físicos, químicos y biológicos que lo conforman. Es necesario tomar las medidas precautorias para su realización se muestran en una guía CONAGUA que lleva por nombre "Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua".

La caracterización del muestreo se realizo durante un periodo de 24 horas tomando muestras de la descarga a cada 4 horas, siendo que en cada toma de muestra se realizo el aforo volumétrico correspondiente. El tipo de muestreo que se realizo fue una muestra compuesta formada por cinco muestreos simples. En cada una de las lecturas era necesario tomar lectura de parámetros que obtenían en campo como son: temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH y sólidos disueltos.

4.4.2 Estudios de calidad del agua.

En la actualidad el problema de la contaminación del agua cada día va en aumento. Es indispensable contar con los resultados de la caracterización de dicho efluente, para posteriormente plantear la propuesta de los procesos eficientes a los que estará sometido y posteriormente los resultados sean óptimos y cumplan con los Límites Máximos Permisibles que establece la NOM-003-SEMARNAT-1997, que se encuentran en la tabla 2.5 del capítulo 2 de este trabajo.

En el caso de que no se cuente con algún límite permisible en esta norma, se tomaran los límites máximos permisibles establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con uso de riego agrícola, por periodo mensual, de la NOM-001-SEMARNAT-1996

Tabla 4.7 Análisis de laboratorio, de las aguas residuales de la localidad de Bellas Fuentes (Bio3tech, 2013).

Parametro	Influente	Limite Permissible	Unidad
Coliformes Fecales	43X10 ⁷	240	NMP/100ml
Coliforme Totales	460X10 ⁷	-----	NMP/100ml
Color Verdadero	169	-----	Pt-Co
Conductividad Eléctrica	946	-----	µs/cm
DBO ₅ soluble	63.9	20	mg O ₂ /L
DBO total	127.8	60	mg O ₂ /L
DQO soluble	134	-----	mg/L
DQO total	285	-----	mg/L
Grasas y Aceites	27.4	15	mg/L
Materia Flotante	Presente	Ausente	-----
p H	7	5--10	U p H
SAAM	5	-----	mg/L
Salinidad	0.5	-----	%o
Sólidos Disueltos Totales	556	-----	mg/L
Sólidos Sedimentables	0.3	2	ml/L
Sólidos Suspendidos totales	84	20	ml/L
Sólidos Totales	640	-----	mg/L

Como se observa en la tabla anterior, los parámetros que se encuentran en concentraciones que sobrepasan los límites máximos permisibles en los cuales parte de la propuesta del proyecto necesita como base para la determinación de los procesos de depuración estos son: coliformes fecales, sólidos suspendidos totales, materia flotante, demanda biológica de oxígeno, grasas y aceites de la misma manera, además de disminuir parte de las concentraciones de algún otro parámetro estos son en los que el procesos se enfocara prácticamente.

4.4.3. Población proyecto

Para la determinación de la población proyecto, es necesario determinar este parámetro probabilístico para establecer que en un determinado tiempo a futuro será mayor la cantidad de habitantes en el lugar, por lo que la demanda en los servicios que se otorga a la ciudadanía de la misma manera aumentara, por lo que este tipo de obras es necesario hacer un análisis y tomar en cuenta este parámetro de crecimiento de población.

Existen instituciones que se encargan de realizar la contabilización de la población, como es el caso del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información (INEGI). Aun así la información con la que se cuenta es de forma eventual, ya que las variaciones de las cifras de población crecen y decrecen simultáneamente. Los datos que se obtuvieron de dicha Institución para la determinación de población futura para este proyecto son los siguientes (Tabla 4.8).

Tabla 4.8 Población en años censo 2010 (INEGI, 2010).

Año	Población
1900	655
1910	1054
1921	1851
1930	731
1940	876
1950	1461
1960	2166
1970	1556
1980	1463
1990	1417
1995	1148
2000	1187
2005	1064
2010	1104

A continuación se muestra el comportamiento de la población de acuerdo al paso de los años, donde en el intervalo de los años de 1900 a 1960 se tienen cifras muy variadas que crecen y decrecen simultáneamente, lo cual forman oscilaciones que afectarían para la proyección de la población, mientras que para la parte de registro de 1960 al año 2010 a pesar que se tiene un decremento de población importante, no presenta los cambios tan inesperados que se tienen en el intervalo pasado, de tal forma que los resultados obtenidos tendrían un mejor criterio, por su comportamiento, aclarando que el hecho de tomar este criterio no significa que no hay posibilidad de

que la población tenga un cambio inesperado, siendo que son datos que de alguna manera se muestran congruentes para la proyección de esta propuesta (Figura 4.9).

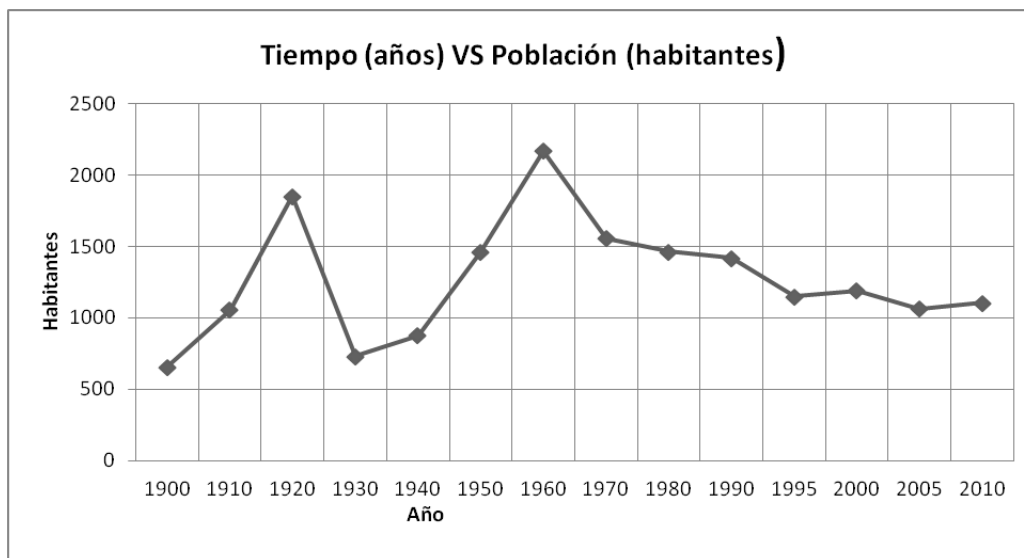


Figura 4.9 Número de habitante respecto al tiempo en años (INEGI, 2010).

Conforme se marca en los términos de referencia para la elaboración de proyectos ejecutivos para el tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales menores de 2,500 habitantes, que emiten la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Comisión Estatal de Agua y Gestión de Cuencas (CEAGC), donde menciona que se relizaran las proyecciones de población; en primera considerando un horizonte de planeación a 20 años en periodos de 5 en 5 años y utilizando como minino tres métodos de proyección de población. Por esta razón se tomaron tanto censos como conteos de población.

- Método de ajuste lineal.

Para el primer método a utilizar se realizara un ajuste lineal, donde se tiene un comportamiento de la población aproximadamente lineal, pero no exacto. Por lo que se trazara una recta que se conduzca lo más cerca posible de los puntos o en el mejor de los casos la misma cantidad de puntos que deje por arriba de la línea, sean los que deje por debajo de la misma, posteriormente de la ecuación de la recta obtendremos el valor de correlación que para el caso de estos datos es de $R= 08598$ (Gráfica 6.) Por lo que los datos que se obtendrán, serán de forma decreciente lo cual para la proyección se consideran como valores que no cumplen con el objetivo de este proceso (Figura.10).

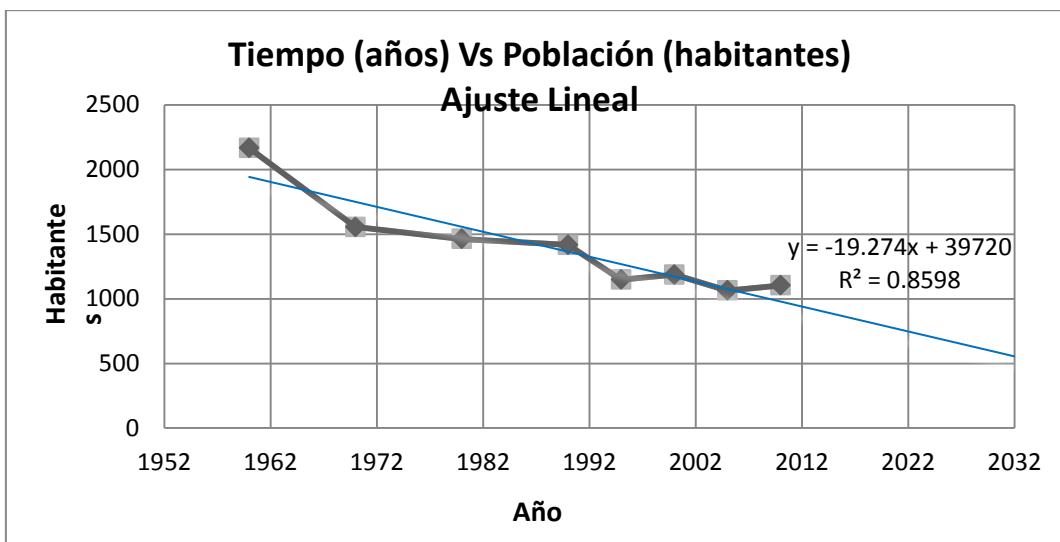


Figura 4.10 Número de habitantes respecto al tiempo en años. Método de Ajuste Lineal.

- Método ajuste exponencial.

En el segundo método se realizó un ajuste exponencial donde el valor de correlación para este método es de $R = 0.9017$, de tal forma que el valor es válido, pero de la misma manera que el primer método, presenta datos de población en decremento, por esta razón no es apto para la consideración de sus valores en la propuesta de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Localidad de Bellas Fuentes (Figura 4.11).

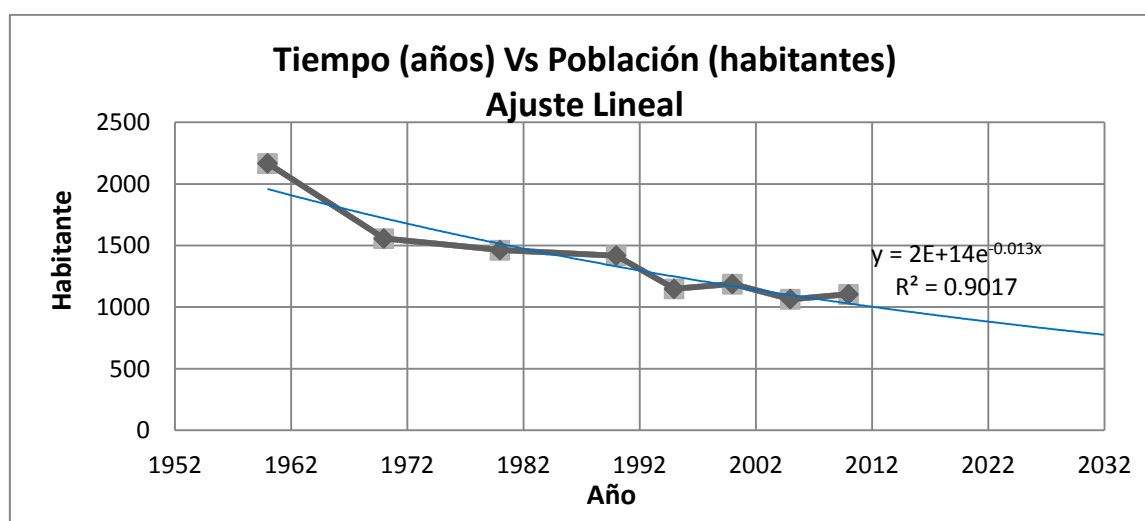


Figura 4.11. Número de habitantes respecto al tiempo en años. Método Ajuste Exponencial.

- Método ajuste polinomial de segundo orden.

El siguiente método es un ajuste polinomial, que presenta un orden con un factor de correlación de $R= 0.9264$, donde además de que en este método los valores no disminuyen, si no lo contrario aumentan de forma lógica y útil para la proyección de la propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Bellas Fuentes. Los valores poblacionales que arroja este método se encuentran dentro de un rango aceptable además con un porcentaje de confianza mayor a lo de los otros métodos, a continuación se muestra en (Figura 4.12.)

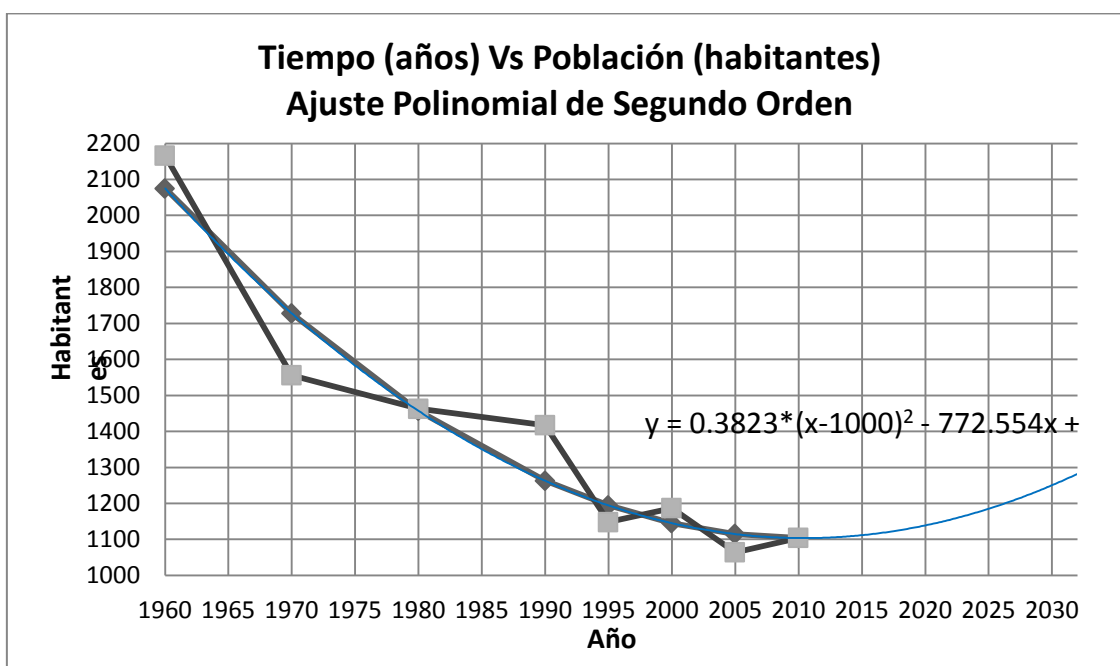


Figura 4.12. Número de habitantes respecto al tiempo en años. Método polinomial de Segundo Orden.

Por último, de acuerdo a los factores de correlación obtenidos y a las tendencias de cada método, se realizaron las determinaciones para los periodos señalados en los lineamientos, los datos que se obtuvieron de los tres métodos realizados, se muestran a continuación en tabla 4.9, como se esperaba de acuerdo al comportamiento de las graficas que en los métodos de ajuste lineal y ajuste exponencial, el número de habitantes decrece lo cual, de forma lógica es imposible realizar una proyección para una población que muestre estas condiciones, de lo contrario para el método de ajuste exponencial el crecimiento es notable por lo tomando este parámetro el diseño para el proyecto es factible.

Tabla 4.9 Resultado de los métodos de proyección de población.

Métodos	Ajuste polinomial 2o. Orden		Ajuste lineal		Ajuste exponencial		
	Año	Población	Año	Población	Año	Población	
Censos INEGI	1960	2166	1960	2166	1960	2166	
	1970	1556	1970	1556	1970	1556	
	1980	1463	1980	1463	1980	1463	
	1990	1417	1990	1417	1990	1417	
	1995	1148	1995	1148	1995	1148	
	2000	1187	2000	1187	2000	1187	
	2005	1064	2005	1064	2005	1064	
	2010	1104	2010	1104	2010	1104	
	Año de inicio	2012	1105	2012	941	2012	874
	Proyección a	2017	1120	2017	844	2017	819
	2022	1155	2022	748	2022	768	
	2027	1209	2027	652	2027	719	
cada 5 años	2032	1282	2032	555	2032	674	
Valor de correlación R	0.9264		0.8598		0.9017		

4.5. GASTOS DE DISEÑO

Con los datos que se disponen, es necesario contemplar las características y variaciones de los caudales de las aguas residuales, de otra forma pueden afectar al diseño hidráulico del sistema de la planta de tratamiento.

En caso de contar con datos de los gastos de diseño que se utilizaron para el sistema de alcantarillado, aun así es necesario realizar un análisis de las variaciones de años atrás de los caudales. Si se cuenta con información de periodos de tiempo más a futuro, estos pueden ser utilizados con la finalidad de tomar en cuenta los cambios o variaciones de los gastos. A continuación los cálculos para determinación de los caudales de la propuesta de tratamiento de aguas residuales, iniciado con una breve descripción de los coeficientes que se utilizaran.

Coeficientes de variación

Debido a que la demanda del servicio de agua potable es variable, es necesario emplear coeficientes mediante los cuales se pueden tomar en cuenta los máximos gastos extraordinarios generados en las distintas épocas del año y que la red de alcantarillado quede preparada para recibirlos y conducirlos al lugar de vertido, que en este caso es la planta de tratamiento. Por lo anterior, se establecen los coeficientes de variación mínima para asegurar el adecuado desalajo de las aguas residuales para los

momentos de las mínimas aportaciones a la red y se aseguren en consecuencia los valores de velocidad para evitar los asentamientos de la materia en suspensión presente en el agua:

- Coeficiente de variación máxima instantánea o de Harmon.

El coeficiente de Harmon está definido como:

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

Donde:

M = Coeficiente de Harmon o de variación instantánea (coeficiente de magnificidad), adimensional.

P_p = Población servida acumulada hasta el punto final de la atarjea considerada (población de proyecto), en miles de habitantes.

El Coeficiente de Harmon, se aplica tomando en cuenta las siguientes consideraciones (Lara, 1991):

- En tramos con una población acumulada menor a los 1,000 habitantes el coeficiente se considera constante e igual a 3.8.
- Para una población acumulada mayor que 63,454 habitantes, el coeficiente se considera constante e igual a 2.17, es decir, se acepta que su valor a partir de esa cantidad de habitantes no sigue la Ley de variación establecida por Harmon. Lo anterior se debe al considerar el alcantarillado como un reflejo de la red de agua potable, donde el coeficiente se equipara con el coeficiente de variación del gasto máximo horario, cuyo límite inferior es de 2.17.
- Para una población acumulada que esté entre 1,000 y 63,454 habitantes, el coeficiente se tomará como el obtenido directamente por la ecuación mostrada anteriormente.

$M = 3.73$.

- *Coeficiente de variación mínima.*

Tomando en cuenta que la CONAGUA considera que los alcantarillados deben construirse herméticamente, no debe adicionarse ningún caudal por inclusiones. El

caudal mínimo que llegara a la planta se considera como el 50% del gasto medio. Entonces, el coeficiente de variación mínima será:

$$C_{vm} = 0.5.$$

- *Coeficiente de seguridad*

Garantiza el buen funcionamiento del sistema en caso de presentarse aportaciones no previstas debidas a conexiones al sistema de zonas no consideradas, a las aportaciones de aguas pluviales o a las causadas por infiltraciones de aguas freáticas a las redes cuando estas no sean herméticas.

El coeficiente de seguridad varía entre 1 y 2. En los casos en que se diseñe un sistema de alcantarillado sanitario nuevo apegado a un plan de desarrollo urbano que impida un crecimiento desordenado y se prevea la hermeticidad de la red sin que existan aportaciones pluviales o por infiltraciones, el coeficiente de seguridad será de 1. En los casos en que se diseñe la ampliación de un sistema existente de tipo combinado, previendo las aportaciones extraordinarias de origen pluvial, se podrá usar un coeficiente de seguridad de 1.5 o mayor.

$$C_s = 1.5.$$

o Gasto medio

Es el valor del caudal de aguas negras en un día de aportación promedio al año. Considerando que el drenaje sanitario de la localidad de Bellas Fuentes es hermético, no se adicionará a este caudal el volumen de infiltraciones. El gasto medio de aportaciones se calcula con:

$$Q_{med2024} = \frac{P_p \cdot Ap}{86400}$$

Donde:

$Q_{med2024}$ = Gasto medio de aguas residuales, litros por segundo.

86400 = Factor de conversión, segundos al día.

$Q_{med2024}$ = 1.48 l/s.

○ Gasto mínimo

El gasto mínimo es el menor volumen de escurrimiento que se presenta y se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{\min 2024} = C_{vm} \cdot Q_{med 2024}$$

Donde:

$$Q_{\min 2024} = \text{Gasto mínimo, litros por segundo.}$$

$$Q_{\min 2024} = 0.74 \text{ l/s.}$$

○ Gasto máximo instantáneo

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Se obtiene a partir del coeficiente de Harmon (M):

$$Q_{\max inst 2024} = M \cdot Q_{med 2024}$$

Donde:

$$Q_{\max inst 2024} = \text{Gasto máximo instantáneo, litros por segundo.}$$

$$Q_{\max inst 2024} = 5.53 \text{ l/s.}$$

○ Gasto máximo extraordinario

Es el caudal de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como por ejemplo: escurrimientos de aguas pluviales de bajadas de azoteas, patios o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado. La expresión que define el gasto máximo extraordinario es:

$$Q_{\max extaord 2024} = C_s \cdot Q_{\max inst 2024}$$

Donde:

$$Q_{\max extaord 2024} = \text{Gasto máximo extraordinario, litros por segundo.}$$

$$Q_{\max extaord 2024} = 8.30 \text{ l/s.}$$

En la Tabla 4.10 se muestra un resumen de los gastos de diseño que se obtuvieron para el diseño de la propuesta.

Tabla 4.10 Resumen de los gastos de diseño.

Año	Mínimo (l/s)	Medio (l/s)	Máximo instantáneo (l/s)	Máximo extraordinario (l/s)
2012 (aforo)	0.68	1.7	5.13	7.69
2012 (esperado)	0.64	1.6	4.82	7.24
2032	0.74	1.48	5.53	8.3

4.6. TOPOGRAFÍA

Con respecto a este factor, quien define la posición y las formas circunstanciales del terreno natural, mejor dicho cubre el estudio a detalle de la superficie terrestre y los procedimientos con los cuales se representan zonas accidentadas que pueden ser naturales o a causa a la mano del ser humano, determinación de los linderos de la propiedad, los caminos, ríos etc. Todas aquellas particularidades del terreno que pueden interesar en las cuestiones que se presentan el medio usual para expresar son mediante dibujos. Existen clasificaciones de la topografía lo cual además de tomar en cuenta que tan irregular se encuentra, también el grado de inclinación del terreno, para un proyecto de una planta de tratamiento es una característica fundamental, ya que determina la parte funcional del proceso, que está relacionado con la conducción del efluente a cada uno de los procesos.

Las aguas negras de la localidad de Bellas Fuentes, que se colectan y trasladan mediante su sistema de alcantarillado hasta que llega a un colector el cual conectado a un emisor el cual se encargara de descargar a la planta de tratamiento que se propondrá, de esta manera si es necesario determinar los niveles del terreno con respecto a los niveles a los que se encuentra la parte final del sistema de alcantarillado. En la figura 4.13 se muestra la microlocalización del terreno donde se llevara a cabo la propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales.



Figura 4.13 Microlocalización del terreno destinado para la propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales, (Simulador Google Earth)

En la figura 4.13 se puede apreciar que el terreno no tiene irregularidades de gran importancia o que pudieran perjudicar para la elaboración de la propuesta. El primer trabajo ejecutado dentro de esta actividad fue el levantamiento topográfico del terreno (sitio de proyecto) en donde se instalara el sistema de tratamiento de aguas residuales. Con este levantamiento topográfico se obtuvo como resultado el área con la que se cuenta para el sistema a implementar, la configuración del terreno, obteniendo además la planimetría y altimetría del sitio de proyecto. Se ejecutó el levantamiento topográfico del sitio en estudio, utilizando una estación total de aproximación al minuto. Utilizando el método de una poligonal cerrada. En figura 9 se presenta la imagen del plano topográfico.

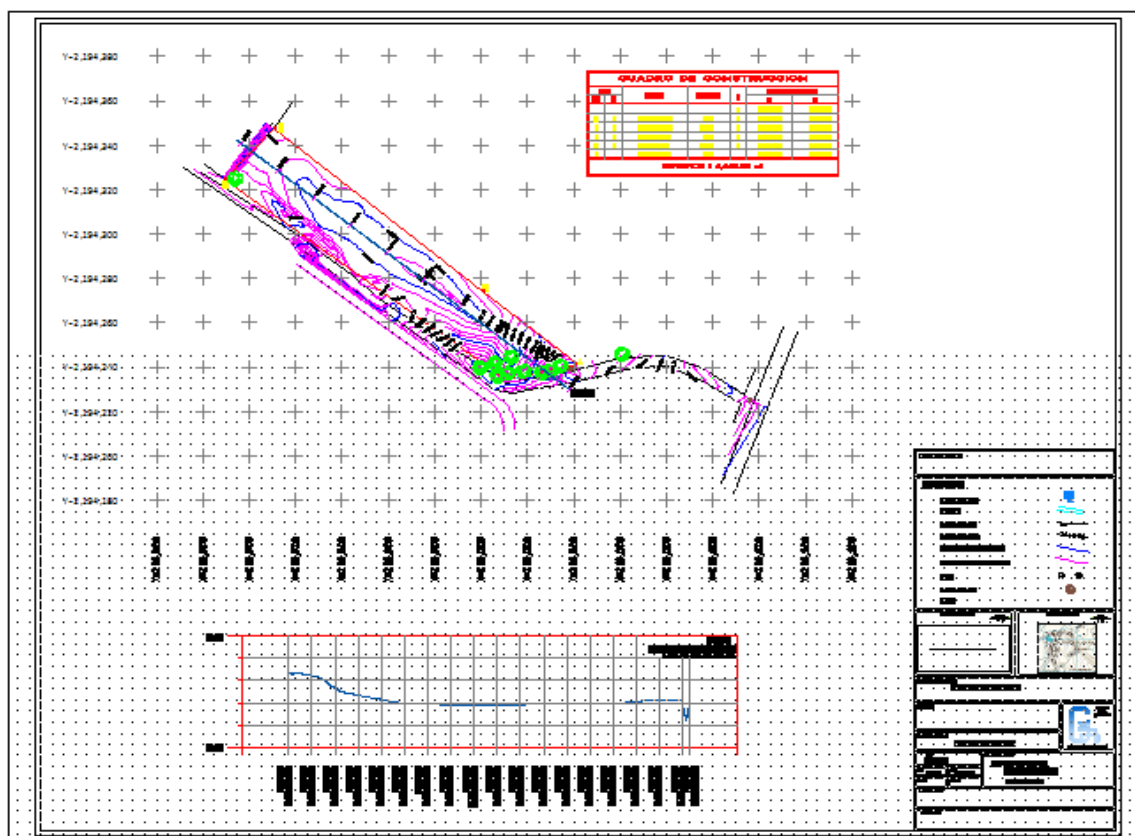


Figura 4.14. Plano topográfico del terreno donde se realizara la propuesta de la planta de tratamiento (Bio3tech, 2012).

En la figura 4.14 se muestran las características del terreno a detalle, así también la presentación la inclinación que se tiene en el terreno, la cual es favorable para poder proponer un sistema que trabaje por gravedad. La superficie del terreno es de 4442.20 m².

5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Es necesario que antes de seleccionar la alternativa más acorde, para el sistema de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Bellas Fuentes, se definan de manera general los tipos de tratamiento de aguas residuales más convenientes para las características de la localidad, además de hacer énfasis en las ventajas y desventajas de los tratamientos.

a) Lodos Activados:

- Definición y componentes del proceso

Es un proceso el cual su principio es colocar el agua residual en contacto con una masa compuesta por microorganismos (aerobio y anaerobio), su principal objetivo es la remoción de materia orgánica. El residuo orgánico se introduce en un reactor, donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión, este se conoce con el nombre de "líquido de mezcla". Para mantener este cultivo bacteriano es necesario que se encuentre en un ambiente aerobio, el cual se consigue mediante el uso de métodos de inyección de aire los cuales son conocidos como difusores o por procesos mecánicos que son los aireadores mecánicos, los cuales también cumplen con la función de mantener un estado de mezcla completa. Al cabo de un periodo determinado de tiempo, la mezcla de las nuevas células con las viejas células, se conduce hasta un tanque de sedimentación para su separación del agua residual tratada. Una parte de las células sedimentadas se recircula para mantener en el reactor la concentración de microorganismos deseado, mientras que otra parte se purga del sistema, posteriormente esta parte corresponde al crecimiento de tejido celular, que es asociado a un agua residual determinada.

- Método de degradación de los contaminantes

Para lograr la degradación es necesario un sistema de lodos activados diseñado correctamente y con las debidas garantías de un buen funcionamiento, por lo que es importante conocer la importancia de los microorganismos dentro del sistema ya que son los causantes de la descomposición de la materia orgánica del afluente, en el reactor o tanque de aireación las bacterias aerobias o facultativas introducen parte de la materia orgánica del agua residual con el fin de obtener energía para la síntesis del resto de la materia orgánica en forma de células nuevas, además de estas bacterias que tienen su función específica, también cuentan las actividades metabólicas que son producidas por bacterias que en primer estancia no se contemplan en la parte del proceso principal, pero a la vez su función es importante para el sistema.

- Ventajas y desventajas del proceso

Las ventajas de este proceso es que tiene una eficiencia alta en la remoción de contaminantes y también es un sistema confiable si se emplea de la forma correcta.

Dentro de sus desventajas, la que más impacta para la utilización de este tipo de sistemas es el consumo de energía así también como las producciones elevadas de lodos y si no hay un procedimiento adecuado

De las 32 plantas de tratamiento de aguas residuales en el estado un 31.25% utilizan el proceso de lodos activados, las 10 plantas de tratamiento de aguas residuales con este proceso tratan 2013.0 l/s de aguas residuales en el estado, este valor es aproximadamente un 70.74% del total de aguas residuales tratadas en Michoacán (Metcalf & Eddy, 1996).

b) Lagunas de estabilización:

- Definición y componentes del proceso

Proceso biológico de aguas residuales, el cual consta de una excavación en el terreno, donde el agua residual se almacena para su tratamiento, el procedimiento se realiza a base de actividades bacterianas, producidas por vegetación, como son las algas y organismos acuáticos. La variante de este proceso es que cuando se descarga en una laguna de estabilización se realiza en forma espontánea un proceso de autopurificación o estabilización natural, en el cual se presentan fenómenos de tipo físico, químico y biológico.

- Método de degradación de los contaminantes

El proceso de tratamiento del agua residual se realiza mediante la estabilización de materia orgánica mediante la acción de simbiótica de bacterias, algas y otros organismos superiores. Se presentan procesos físicos en la remoción de la materia suspendida, así también como cambios químicos en la calidad del agua. Mantiene las condiciones adecuadas para que los organismos puedan realizar la estabilización, transformación y remoción de contaminantes orgánicos biodegradables. Generalmente este es el proceso de las lagunas de estabilización. Para fines más específicos, la forma de clasificar a las lagunas se realiza en función de la reacción biológica dominante. La estabilización de la materia orgánica se realiza ya sea mediante microorganismos que la metabolizan en presencia de oxígeno (aerobios), o por microorganismos fermentativos que lo hacen en ausencia de oxígeno (anaerobios), por lo que se clasifican de la siguiente manera:

- Anaerobias: la depuración la realiza considerado ausencia de oxígeno en la laguna.

- Facultativas: cuando hay presencia de oxígeno en la superficie de la laguna pero en el fondo carece de oxígeno.
- Aerobias: cuando la concentración de oxígeno se encuentra en toda la laguna.
 - Ventajas y desventajas del proceso

Como ventajas, se tiene un bajo consumo de energía, operación y mantenimiento simple que no requiere equipos de alta tecnología, por tanto no es necesario personal calificado para estas labores. La evacuación y disposición de lodo se realiza de 10 a 20 años por lo regular.

En las desventajas, se tiene que requiere gran cantidad de área de terreno, efluente con elevado contenido de algas que al ser descargado en los cuerpos de agua es objetado, generando grandes controversias por su calidad proteica y su potencial de taponamiento del suelo, si se usa en riego. Por último la generación de olores desagradables y deterioro de la calidad del efluente por sobrecargas de contaminantes, bajo ciertas condiciones climáticas.

En el estado son 8 plantas de tratamiento de aguas residuales aproximadamente el 25% del total, las cuales tratan un total de 536.0 l/s que es el 18.83% de las aguas tratadas en la entidad (CONAGUA, Inventario nacional, 2011 *et al*/ MAPAS 2007).

c) Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

- Definición y componentes del proceso

El proceso resulta en la necesidad de desarrollar procesos que combinen una alta eficiencia de tratamiento con bajos costos de construcción y mantenimiento, este sistema consiste en una estación de tratamiento anaerobio, el cual además de el flujo ascendente, es la formación de un manto de lodo con buena capacidad de sedimentación, la encargada de realizar la actividad de depuración biológica de las aguas residuales (Metcalf & Eddy, 1996).

- Método de degradación de los contaminantes

El método de degradación se realiza de la siguiente manera, el residuo que se requiere tratar se introduce por la parte inferior del reactor, el agua residual fluye en sentido ascendente a través de un manto de lodo constituido por gránulos o partículas formadas biológicamente, el tratamiento se produce al entrar en contacto con el agua

residual y las partículas. Los gases que se producen en el interior en condiciones anaerobias que son principalmente metano y dióxido de carbono provocan una circulación interior que colabora en la formación y mantenimiento de los gránulos, parte del gas generado dentro del manto de lodo se adhiere a las partículas biológicas, tanto el gas libre como las partículas a las que se ha adherido gas, ascienden hacia la parte superior del reactor. Allí, se produce la liberación del gas adherido a las partículas, al entrar estas en contacto con unos deflectores desgasificadores. Posteriormente las partículas desgasificadas suelen volver a caer en la superficie del manto de los lodos. El gas libre y el gas liberado de las partículas se captura en un almacén de recogido de gases instalada en la parte superior del reactor, el líquido que aun contiene algunos sólidos residuales y algunos de los gránulos biológicos, se conducen a una cámara de sedimentación, donde se separan los sólidos residuales. Los sólidos separados se reconducen a la superficie del manto de lodo a través del sistema de deflectores, por último como observación para que el lodo en suspensión se mantenga es necesario que la velocidad del flujo ascendente sea la adecuada. (Metcalf & Eddy. 1996).

- Ventajas y desventajas del proceso

Las ventajas que se obtienen de este proceso, es un bajo consumo de energía por el tratamiento anaerobio con el que este proceso funciona, los costos de inversión son bajos, además de ser eficiente en la remoción de materia orgánica, el proceso es adecuado para aéreas mínimas de terreno.

Como desventajas de este proceso son las temperaturas específicas a las que debe someterse, por lo que en lugares que tengan climas adversos, este sistema tendrá poca eficiencia en su proceso de degradación, también una desventaja más de estos sistemas es el biogás que produce durante el proceso debe de ser quemado para evitar la emisión de gas metano a la atmósfera el cual es nocivo ya que es un componente más de tipo invernadero.

Para este proceso el estado cuenta con 5 plantas de tratamiento de aguas residuales que son el 15.62%, que tratan en total un caudal de 60.0 l/s que es el 2.10% de aguas tratadas en la entidad. (CONAGUA, Inventario nacional, 2011).

d) Humedales:

- Definición y componentes del proceso

Este sistema de depuración es un sistema diseñado y construido para el aprovechamiento de los procesos naturales, que constan de un cultivo de micrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado, la acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones químicas, físicas y biológicas en donde las aguas residuales son depuradas.

- Método de degradación de los contaminantes

Los humedales eliminan contaminantes mediante varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción reacciones químicas y volatilización, de esta manera pueden remplazar el tratamiento secundario e inclusive, bajo ciertas condiciones, al terciario y primario de las aguas residuales. Su funcionamiento se realiza en tres principios básicos; la actividad bioquímica de microorganismos, el aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales, además de servir como material filtrante, de esta manea eliminan materiales disueltos y suspendidos en el agua residual, además de que biodegradan materia orgánica hasta mineralizarla y formar nuevos organismos. (Delgadillo *et al*, 2010).

Este sistema se clasifica de acuerdo con la circulación del agua que puede ser de la siguiente manera;

- Humedales con flujo superficial: este tipo de sistemas se caracteriza por que el agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas y está expuesto totalmente a la atmosfera. a diferencia del sistema de lagunas son las profundidades con las que se elaboran ya que no exceden de los 0.6 m y tienen plantas (Oscar Delgadillo *et al*, 2010).
- Humedales con flujo subsuperficial: su característica principal es que la circulación del agua se realiza por un medio granular (subterráneo), con una profundidad de agua cercana a los 0.6 m. La parte de la vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y las raíces de las plantas. Este tipo de humedales se clasifica en función de la forma de aplicación de agua al sistema de la siguiente manera:

- a) Humedales con flujo subsuperficiales horizontal: el diseño de este tipo de sistemas consiste en una superficie ya sea de tierra, arena o grava, plantada con macrófitas acuáticas. Bajo esta superficie se coloca una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo. El agua ingresa en forma permanente, es aplicada en la parte superior de un extremo y posteriormente recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. El agua residual es tratada a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso. La profundidad del lecho varía entre 0.45 m a 1 m y tiene una pendiente de entre 0.5% a 1%. El agua residual no ingresa directamente al medio granular principal, sino que existe una zona de amortiguamiento generalmente formada por grava de mayor tamaño. La zona de plantación está constituida por grava fina de un solo diámetro, en entre 3mm a 32mm, por ultimo para el sistema para coleccionar el agua después del proceso de tratamiento, se realiza mediante un tubo de drenaje cribado, rodeado con grava de igual tamaño que la que fue utilizada en la parte inicial del humedal (Oscar Delgadillo *et al*, 2010).
- b) Humedales con flujo subsuperficial vertical: estos sistemas son cargados intermitentemente, de esta manera forma, las condiciones de saturación con agua en la cama matriz, lo cuales son seguidas por periodos de instauración, estimulando el suministro de oxigeno. Existe una amplia variación de la distribución de intervalos, la composición de la cama matriz y los resultados que se han obtenido son promisorios. También conocidos como filtros intermitentes, este tipo de humedales reciben las aguas residuales de arriba hacia abajo, a través de un sistema de tuberías de aplicación de agua, por lo que se infiltran verticalmente a través de un sustrato inerte (grava) y se recogen en una red de drenaje situado el fondo del humedal. La aplicación de agua se efectúa de forma intermitente, para preservar y estimular el máximo las condiciones aerobias, mientras que la vegetación emergente se planta también en este medio granular (Oscar Delgadillo *et al*, 2010).

Los humedales artificiales están constituidos básicamente por los siguientes elementos; medio de impermeabilización, sustrato, vegetación y los microorganismos (Oscar Delgadillo *et al*, 2010).

- Ventajas y desventajas del proceso

De las ventajas que se pueden obtener en este proceso son: bajo costo de operación, así como también el de mantenimiento, bajo requerimiento de energía, soportan con eficiencia las variaciones de caudal y requieren capacitación mínima del personal.

Las desventajas son menores y estas pueden ser: que requiere grandes extensiones de terreno y que los tiempos de procesos pueden ser largos esto de acuerdo a la concentración de contaminantes de las aguas residuales a tratar. (Delgadillo *et al*, 2010).

El estado de Michoacán cuenta con 4 plantas de tratamiento de aguas residuales, por medio de este proceso, el cual trata un caudal total de 15.5 l/s que es un 0.53% del total del caudal tratado en la entidad. (CONAGUA, Inventario nacional, 2011).

5.1. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

De acuerdo a las dimensiones del terreno con el que se cuenta, la opción de los humedales artificiales, es el proceso el cual resulta más conveniente para la propuesta, al tener un terreno disponible con la superficie necesaria, que por sus dimensiones resulta factible, aunado a eso las características topográficas del terreno sin pendientes pronunciadas son favorables para este tipo de procesos.

También el gasto y la población son elementales para la selección de este proceso ya que ambos no son elevados lo cual además de ser un sistema eficiente sus costos de operación y mantenimiento serán viables de acuerdo a las necesidades de la localidad.

Por último al ser una zona que su principal actividad económica es la agricultura, lo cual indica que además de tener tierras fértiles un factor que también es influyente para la generación de esta actividad es el clima de la localidad, lo cual se considera que es óptimo para las condiciones que necesitan los elementos (macrófitas) para realizar el proceso biológico de depuración de las aguas residuales.

Por lo tanto se llega a la conclusión que el método más adecuado para la propuesta del tratamiento de las aguas residuales de la localidad de Bellas Fuentes del municipio de Coeneo del estado de Michoacán son “Humedales Artificiales”.

Dentro de las características del proceso se optó por un “humedal con flujo subsuperficial horizontal”, para este tipo de sistemas, donde el costo tanto de

construcción, operación y mantenimiento en comparación de los humedales de flujo vertical ya que estos cuentan con sistema adicionales en la fase del vertido de los efluentes lo cual implica un costo de construcción, mantenimiento y operación adicional, por tanto no es una opción óptima para la propuesta. Como se describió en el proceso el efluente pasa por debajo del sustrato que compone al humedal, lo cual al no estar expuesto a la atmosfera de esta manera la generación de olores y por ende de mosquitos no se tiene contemplado en este proceso por lo cual es una de las razones más para la elección de este tipo de sistema.

6. DISEÑO DE INGENIERÍA BÁSICA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO

6.1 TREN DE TRATAMIENTO

Para la propuesta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Bellas Fuentes, se opto por utilizar el proceso de humedal artificial, ya que se adecuaba a las necesidades que se tienen y además a las características topográficas, poblacionales y de calidad del agua. Para este diseño se emplearon tres fases las cuales se muestran en la figura 6.1, que son pretratamiento el cual consta de un sistema de cribado, que se encarga de retener materia de grandes dimensiones, posteriormente el influente pasa por un canal desarenador que se encarga de la remoción de partículas de menor tamaño que lograron pasar por el cribado y finalmente pasa por un vertedor tipo sutro el cual es utilizado para realizar el aforo y graduar la velocidad del agua en el canal desarenador.

En el tratamiento secundario, la propuesta es a base de un humedal con flujo subsuperficial horizontal, el cual se encarga de la remoción de la materia orgánica e inorgánica que tenga el influente.

Por último en el tratamiento terciario, se utilizara un tanque de contacto de cloro, donde se lleva a cabo el proceso de desinfección, para así finalmente ser vertida el agua y darle el uso correspondiente.

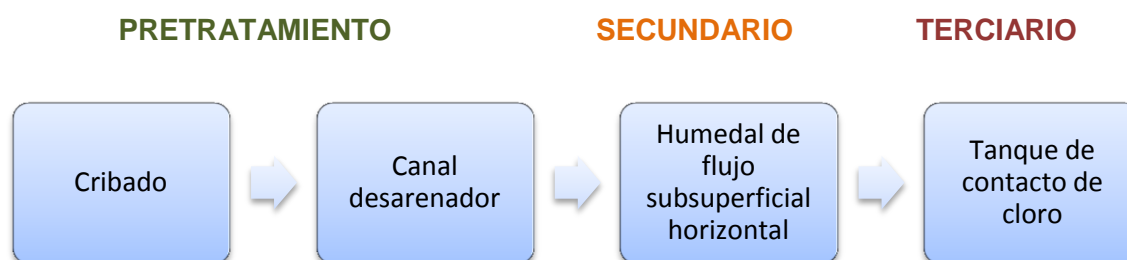


Figura 6.1 Propuesta del tren de tratamiento de aguas residuales.

6.2. PRETRATAMIENTO

Es la primera fase del proceso de tratamiento de las aguas residuales que consiste en la separación de sólidos gruesos, tales como arenas, basuras y otros residuos que puedan dañar o interferir en un funcionamiento adecuado de los procesos posteriores que componen la planta de tratamiento de aguas residuales. Las operaciones que usualmente se realizan en esta fase son: cribado, triturado, desarenadores, flotación. Con base en los análisis y el tipo de efluente que se tratara, se propondrá utilizar, un canal con rejillas y un desarenador.

6.2.1. Dimensionamiento del pretratamiento

6.2.1.1 Cribado

El procedimiento que se realiza consiste en barras metálicas, que se colocan de manera verticales u horizontales, en canales de accesos a las plantas, previo a la estación de bombeo si amerita el caso. Estas estructuras tienen sistemas de limpieza que se pueden realizar de forma manual o de forma mecánica, las formas de las barras pueden ser redondas o cuadradas. La característica de este proceso es de acuerdo a la separación de las barras entre mayor sea la longitud de separación su eficiencia será menor de lo contrario si la apertura es menor su eficiencia será mayor ya que la cantidad de materia retenida será mayor.

Para evitar el acceso de sólidos gruesos a la planta de tratamiento de aguas residuales, se instalará en el canal de acceso, una rejilla de barras de acero inoxidable de limpieza manual.

Datos:

- Gasto máximo instantáneo = 5.53 L/s (477.79 m³/d)
- Espesor de la barra = 3/8" (0.095 m).
- Inclinación de la barra con respecto a la horizontal = 60°.
- Separación entre barras para rejillas gruesas = 1" (0.0254 m).
- Eficiencia de las rejillas en función al espesor de las barras = 0.728.
- Velocidad de aproximación a la rejilla = 0.6 m/s.
- Constante C (determinación de las pérdidas de carga) = 0.7

- El área útil de la sección transversal de la rejilla está determinada por la siguiente expresión:

$$A_U = \frac{Q_{\text{máxinst}}}{v} = \frac{0.553/1000}{0.60} = 0.009 \text{ m}^2$$

Donde:

A_U = Área útil de sección transversal de la rejilla, m^2 .

$Q_{\text{máxinst}}$ = Gasto máximo instantáneo, m^3/s .

v = Velocidad de aproximación a la rejilla, m/s .

- Tomando en cuenta el espacio entre barras de 1" (0.0254 m) y la eficiencia de las cribas el incremento neto de área a área total es:

$$A_R = \frac{A_U}{\text{Eficiencia}} = \frac{0.009}{0.728} = 0.0127 \text{ m}^2$$

Donde:

A_U = Área útil de sección transversal de la rejilla, m^2 .

A_R = Área total de sección transversal de la rejilla, m^2 .

- Calculando la velocidad de aproximación a la rejilla con A_R :

$$v = \frac{Q_{\text{máxins.}}}{A_R} = \frac{5.53/1000}{0.0127} = 0.436 \text{ m}^2$$

$Q_{\text{máxinst}}$ = Gasto máximo instantáneo, m^3/s .

v = Velocidad de aproximación a la rejilla, m/s .

A_R = Área total de sección transversal de la rejilla, m².

- Para la longitud del canal de la rejilla, tomamos un tiempo de retención hidráulico de 3 segundos y tenemos:

$$L_{CR} = \frac{(Q_{\max inst}) \cdot (t)}{A_R} = \frac{(5.53/1000) \cdot (30)}{0.0127} = 1.31 \text{ m} \approx 1.3 \text{ m}$$

Donde:

L_{CR} = Longitud del canal de la rejilla, m.

$Q_{\max inst}$ = Gasto máximo instantáneo, m³/s.

A_R = Área total de sección transversal de la rejilla, m².

t = Tiempo de retención hidráulico, s.

- El ancho del canal de la rejilla será igual que el ancho del canal desarenador.

$b_{CR} = 0.3 \text{ m}$.

Si $b_{CR} \cdot L_{CR} > A_R$ se acepta la sección

$(0.3 \cdot 1.3) = 0.39 \text{ m}^2 > 0.0127 \text{ m}^2$.

- Determinando el número de barras en la rejilla :

$$b_g = \left(\frac{b_{CR} - e}{S + e} + 1 \right) \cdot e = \left(\frac{0.30 - 0.0245}{0.009525 + 0.0245} + 1 \right) \cdot 0.0245 = 0.222 \text{ m}$$

$$n = \frac{b_g}{e} - 1 = \frac{0.222}{0.0245} - 1 = 8.10 \text{ barras} \approx 8 \text{ barras.}$$

Donde:

b_g = Suma de la separación entre barras, m.

S = Espesor de las barras, m.

e = Separación entre barras, m.

n = Longitud del canal de la rejilla, m.

- Determinando la pérdida de carga hidráulica (h_L) en la rejilla:

$$v_T = \frac{Q_{máxins.}}{A_H} = \frac{5.53/1000}{((0.0127/0.30)/\text{sen } 60^\circ) \cdot 0.222} = 0.515 \text{ m/s}$$

$$h_L = \frac{1}{C} \left(\frac{v_T^2 - v^2}{2g} \right) = \frac{1}{0.7} \left(\frac{0.515^2 - 0.436^2}{2g} \right) = 0.005 \text{ m} < 0.15 \text{ m}$$

Donde:

v_T = Velocidad a través de la rejilla, m/s.

$Q_{máxinst}$ = Gasto máximo instantáneo, m³/s.

A_H = Área hidráulica de la rejilla, m².

h_L = Pérdida de carga hidráulica en la rejilla, m.

C = Coeficiente de pérdida de carga (0.6-0.7).

v = Velocidad de aproximación a la rejilla, m/s.

6.2.1.2. Canal desarenador

La eliminación de arenas se puede llevar a cabo en desarenadores o mediante la centrifugación, de los residuos. Los desarenadores se proyectan para la separación de arenas, gravas cenizas y cualquier otro material pesado cuya velocidad de

sedimentación o peso propio sea considerable. El sistema se instala para proteger los elementos mecánicos móviles de la abrasión y el excesivo desgaste, reducción de la formación de depósitos pesados en el interior de las tuberías, canales y sistemas de conducciones, así también como la reducción de la frecuencia de limpieza de los digestores provocada por la excesiva acumulación de arenas.

Para evitar depósitos de arena en los procesos de tratamiento subsecuentes, obstrucción de tuberías, bombas, etc., se instalará desarenadores de flujo horizontal tipo canal con limpieza manual.

Datos:

- Gasto máximo instantáneo = 5.53 L/s (477.79 m³/d)
 - Número total de canales = 2.
 - Número de canales para mantenimiento = 1.
 - Velocidad horizontal del agua a través del canal desarenador = 0.3 m/s.
 - Peso volumétrico de la partícula a sedimentar = 2.65 g/cm³.
 - Diámetro de la partícula a retener = 0.015 m.
 - Velocidad de sedimentación de la partícula a retener = 0.01 m/s.
- El área de la sección transversal del canal desarenador está determinada por la siguiente expresión:

-

$$A = \frac{Q_{máxinst}}{v} = \frac{5.53/1000}{0.30} = 0.018 \text{ m}^2$$

Donde:

A = Área de la sección transversal del canal desarenador, m².

$Q_{máxinst}$ = Gasto máximo instantáneo, m³/s.

v = Velocidad horizontal del agua, m/s.

- El ancho del canal desarenador será igual que el ancho del canal de la rejilla.

b_{des} = 0.3 m.

- Determinando el Tiempo de Retención Hidráulico en el canal desarenador:

$$t = \frac{y}{v_{sed}} = \frac{(0.018/0.30)}{0.01} = 6.100 \text{ s}$$

Donde:

t = Tiempo de retención hidráulico, s.

v_{sed} = Velocidad de sedimentación de la partícula a retener, m/s.

y = Tirante hidráulico, m.

- La longitud del canal desarenador está determinada por la siguiente expresión:

$$L_{des} = v \cdot t_{des} = 1.843 \text{ m}$$

Donde:

L_{des} = Longitud del canal desarenador, m.

v = velocidad horizontal del agua, m³/s.

t = Tiempo de retención hidráulico, s.

Incrementando la longitud del canal desarenador un 25% para compensar la turbulencia generada a la entrada y salida del canal:

$$L_{des} = 1.25 \cdot 1.843 = 2.304 \text{ m} \approx 2.30 \text{ m}$$

- Revisando la carga hidráulica superficial (CHS):

Si $CHS > 1680 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot d$ se acepta la sección

$$CHS = \frac{Q_{máxinst}}{L_{des} \cdot b_{des}} = \frac{5.53/1000}{2.30 \cdot 0.30} = 691.20 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{d}$$

- Determinando la cámara colectora de arenas considerando un volumen de arena generado de 0.022 m³/1000m³ de agua:

Volumen de arena generado en 7 días

$$V_{are} = \frac{Q_{máxinst} \cdot 7 \cdot V_{are}}{1000} = \frac{477.79 \cdot 7 \cdot 0.022}{1000} = 0.074 \text{ m}^3$$

$$Ha = \frac{V_{are}}{L_{des} \cdot b_{des}} = \frac{0.074}{2.30 \cdot 0.30} = 0.106 \text{ m} \approx 0.10 \text{ m}$$

Donde:

V = Volumen de arena, m³.

$Q_{máxinst}$ = Gasto máximo instantáneo, m³/s.

Ha = Profundidad de la cámara colectora de arenas, m.

L_{des} = Longitud del canal desarenador, m.

b_{des} = Ancho del canal desarenador, m.

La cámara colectora de arenas tendrá un escalón de bajada inclinado 45°.

6.2.1.3. Vertedor Proporcional

Este tipo de vertedores tienen la característica que produce que el gasto vertido sea proporcional a la carga que presente. Este tipo de vertedores muchas de las veces es empleado como dispositivo de regulación o control de tirante en los desarenadores, de

esta manera estos tendrían una sección transversal rectangular, lo cual proporcionarían una velocidad constante.

El vertedor proporcional, también conocido como tipo “sutro” será el dispositivo regulador y medidor del influente. Se calcula de acuerdo a las bases de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para su diseño, tomando como caudal de proyecto el gasto máximo instantáneo (5.53 L/s).

La fórmula base para el diseño del vertedor proporcional es:

$$x = b \cdot \left(1 - \left[\frac{2 \cdot \tan^{-1} \sqrt{y/a}}{\pi} \right] \right)$$

Para:

$$Q = 2b \cdot \sqrt{2ga} \cdot \left(h + \frac{2a}{3} \right)$$

Donde:

- x = Abscisa a partir del eje del vertedor, m.
- b = Semiancho de la base del vertedor, 0.08m.
- y = Ordenada del vertedor, m.
- a = Altura de la sección rectangular, 0.02m
- Q = Gasto, m³/s.
- g = Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s².
- h = Altura del vertedor proporcional, m.

Las características principales y el gasto que pasará a través del dispositivo de medición se muestran a continuación:

Tabla 6.1 Dimensiones del vertedor.

y (cm)	x (cm)	x (cm)
0	8.00	-8.00
0.1	6.88	-6.88
0.2	6.44	-6.44
0.3	6.12	-6.12
0.4	5.86	-5.86
0.5	5.64	-5.64
1	4.87	-4.87
2	4.00	-4.00
3	3.49	-3.49
4	3.13	-3.13
5	2.87	-2.87
6	2.67	-2.67
7	2.50	-2.50
8	2.36	-2.36
9	2.24	-2.24
10	2.14	-2.14
15	1.78	-1.78

Tabla 6.2 Gasto en el vertedor.

h (cm)	Q (L/s)	Q (m³/s)
0	1.34	0.00134
0.5	1.84	0.00184
1	2.34	0.00234
2	3.34	0.00334
3	4.34	0.00434
4	5.35	0.00535
5	6.35	0.00635
6	7.35	0.00735
7	8.35	0.00835
8	9.35	0.00935
9	10.36	0.01036
10	11.36	0.01136
11	12.36	0.01236
12	13.36	0.01336
13	14.37	0.01437
14	15.37	0.01537
15	16.37	0.01637

La forma del vertedor proporcional tipo “sutró” será la parte parabólica de la figura 6.2, la parte rectangular correspondiente a la parte baja del vertedor será de 0.16 m en sentido horizontal y 0.02 m en sentido vertical. El canal tendrá un ancho de 0.30 m y una altura de 0.15 m más el bordo libre, dando un total de 0.35 m.

Como se puede observar en la tabla 6.2 el gasto de diseño de 5.53 L/s se logra en los 0.05 m de la altura del vertedor proporcional.

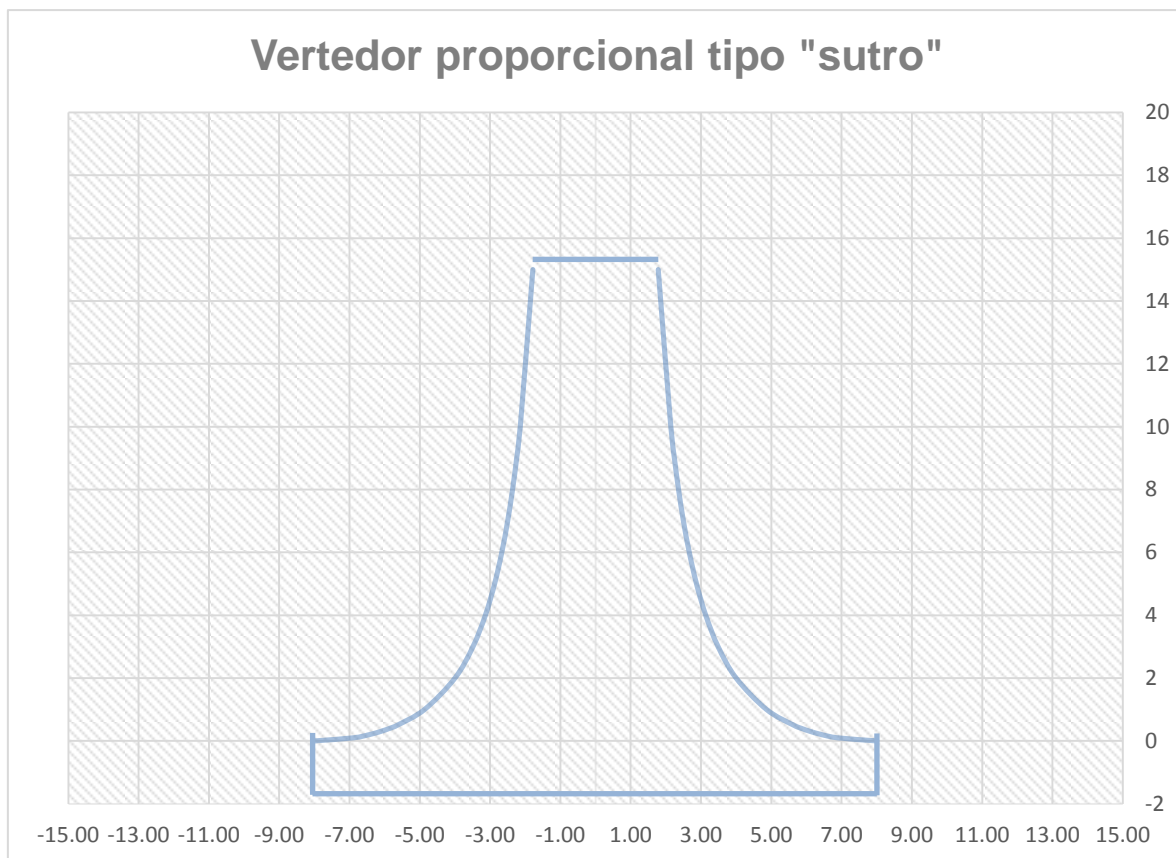


Figura 6.2 Esquema de construcción del vertedor proporcional tipo "sutró".

6.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario es el proceso que complementa la depuración de las aguas residuales, parte fundamental de este proceso es a base de operaciones físicas, químicas y biológicas principalmente, en esta fase se agrupan los procesos y operaciones unitarias, capaces de eliminar algunos contaminantes que tuvieron que ser eliminados en los procesos de pretratamiento.

6.3.1 Dimensionamiento del tratamiento secundario

6.3.1.1. Humedal artificial (Método analítico de Kadlec y Knight, 1996).

La parte principal de la propuesta son los humedales con flujo subsuperficial horizontal que tienen como principio la remoción de la materia orgánica que compone el efluente,

así también por las características del proceso la remoción de materia inorgánica, de esta manera se llevo a cabo el diseño para esta propuesta.

El sistema propuesto cuenta con un humedal de flujo subsuperficial que tiene por objeto la reducción de materia orgánica y nutrientes por medio de la oxidación biológica por parte de los microorganismos ahí presentes y la asimilación de las plantas acuáticas, además de la filtración por medio del lecho de grava.

Datos:

- Gasto medio = 5.48 L/s (127.872 m³/d).
- BDO₅ Influyente= 127.80 mg/L.
- BDO₅ Efluente= 20 mg/L (NOM-003-SEMARNAT-1997).
- SST Influyente= 84 mg/L.
- SST Efluente= 20 mg/L (NOM-003-SEMARNAT-1997).
- Constante k : DBO = 180 m/año y SST = 1,000 m/año.
- Tamaño del medio filtrante= 16 mm (0.016 m)
- Porosidad del medio $n = 0.38$.
- Conductividad hidráulica $k_s = 1,000 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$.
- Vegetación: Tule
- Profundidad $h = 0.60 \text{ m}$.
- Temperatura del agua $T = 23.73 \text{ }^\circ\text{C}$

El diámetro de la grava de ingreso y salida del humedal será de 50 mm (0.05 m), la zona de plantación está constituida por grava fina de 16 mm (0.016 m).

- Las concentraciones de fondo C^* en mg/l para los diferentes contaminantes se pueden determinar a partir de las expresiones siguientes:

C^* para DBO:

$$C^*(DBO) = 3.5 + 0.053 \cdot C_i = 10.273 \text{ mg/L}$$

C^* para SST:

$$C^*(SST) = 7.8 + 0.063 \cdot C_i = 13.092 \text{ mg/L}$$

Donde:

C^* = Concentración de fondo del contaminante, mg/L.

C_i = Concentración del contaminante en el influente, mg/L

- Cálculo del área superficial del humedal

El área superficial de tratamiento del humedal esta definida por la expresión:

$$A = \left(\frac{365 \cdot Q}{k} \right) \cdot \ln \left(\frac{C_i - C^*}{C_e - C^*} \right)$$

Donde:

A = Área total del humedal, m².

Q = Gasto, m³/d.

k = Constante cinética de primer orden, m/año.

C_i = Concentración del contaminante en el influente, mg/L.

C_e = Concentración del contaminante en el efluente, mg/L.

C^* = Concentración de fondo del contaminante, mg/L.

Área superficial para remoción de DBO

$$A = \left(\frac{365 \cdot 127.872}{180} \right) \cdot \ln \left(\frac{127.80 - 10.273}{20 - 10.273} \right) = 646.113 \text{ m}^2$$

Área superficial para remoción de SST

Corrección k con la temperatura del agua:

$$k_T = k \cdot \theta^{T-Tr} = 1000 \cdot 1.065^{23.73-20} = 1264.777 \text{ m/año}$$

Donde:

k_T = Constante cinética a la temperatura del agua, m/año.

k = Constante cinética de primer orden, m/año.

θ = Coeficiente de temperatura.

T = Temperatura del agua, °C.

T_r = Temperatura de referencia, 20°C.

Calculando el área:

$$A = \left(\frac{365 \cdot 127.872}{1264.777} \right) \cdot \ln \left(\frac{84 - 13.092}{20 - 13.092} \right) = 85.935 \text{ m}^2$$

Se elige la mayor área calculada:

$$A = 646.113 \text{ m}^2$$

- Cálculo del área transversal del humedal

Considerando una pendiente del 1%, el área transversal del flujo a través del lecho se calcula por la expresión:

$$A_c = \frac{Q}{k_s \cdot \left(\frac{dH}{dS} \right)} = \frac{127.872}{1000 \cdot (0.01)} = 12.787 \text{ m}^2$$

Donde:

A_c = Área de sección transversal del humedal, m².

k_s = Conductividad hidráulica del medio, m³/m²·d.

$\frac{dH}{dS}$ = Pendiente, m·m

- Determinando el ancho del humedal.

$$W = \frac{A_c}{h} = \frac{12.787}{0.60} = 21.31 \text{ m} \approx 21.30 \text{ m}$$

Donde:

W = Ancho del humedal, m.

h = Profundidad de la celda, m.

- Determinando el largo del humedal.

$$L = \frac{A}{W} = \frac{646.113}{21.300} = 30.32 \text{ m} \approx 30.30 \text{ m}$$

Donde:

L = Largo del humedal, m.

- Determinando la carga orgánica.

Si $C < 11 \text{ gDBO}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ se aceptan las dimensiones del humedal

$$C = \frac{C_i \cdot Q}{A} = \left[\frac{(127.800 \cdot 1000) \cdot 127.872}{646.113} \right] / 1000 = 25.293 \text{ gDBO}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$$

Donde:

C = Carga orgánica, gDBO/m²·d.

C_i = Concentración del contaminante en el influente, mg/L.

- Proponiendo un valor de área superficial diferente debido a que no cumplió con la carga orgánica.

$$A = 2301.600 \text{ m}^2$$

Determinando el largo del humedal.

$$L = \frac{A}{W} = \frac{2301.600}{21.300} = 108 \text{ m}$$

Donde:

L = Largo del humedal, m.

Determinando la carga orgánica.

Si $C < 11 \text{ gDBO}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ se aceptan las dimensiones del humedal

$$C = \frac{C_i \cdot Q}{A} = \left[\frac{(127.800 \cdot 1000) \cdot 127.872}{2301.600} \right] / 1000 = 7.1 \text{ gDBO}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$$

Donde:

C = Carga orgánica, gDBO/m²·d.

C_i = Concentración del contaminante en el influente, mg/L.

- Calculando el tiempo de retención hidráulico.

Si $4 < t < 20 \text{ d}$ se aceptan las dimensiones del humedal

$$t = \frac{A \cdot h \cdot n}{Q} = \frac{2301.600 \cdot 0.60 \cdot 0.38}{127.872} = 4.104 \text{ d}$$

Donde:

t = Tiempo de retención hidráulico, d.

n = Porosidad del medio.

- Verificando la Carga hidráulica superficial

Si $0.02 < CHS < 0.24 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{d}$ se aceptan las dimensiones del humedal

$$CHS = \frac{Q}{A} = \frac{127.872}{2301.600} = 0.056 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{d}$$

Donde:

CHS = Carga hidráulica superficial, $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$.

6.4. TRATAMIENTO TERCIARIO

Tiene como parte fundamental la depuración del efluente en cuestión de desinfección para aumentar la calidad del agua de acuerdo con los límites máximos permisibles que están normados, además acondicionar el efluente para su descarga a aguas y bienes naturales.

6.4.1. Dimensionamiento del tratamiento terciario

6.4.1.1. Desinfección

La parte final del proceso además de su vertido, es la desinfección, los principales elementos que intervienen en este proceso, es el reactivo que se utilizara en el sistema y sobre todo un mezclado efectivo del reactivo con el efluente. Para de esta manera tener una remoción de microorganismos satisfactoria, entre estos microorganismos se encuentran bacterias, virus, protozos entre otros.

Con el objetivo de destruir los organismos potencialmente dañinos, se utilizará como método de desinfección un tanque de contacto de cloro.

Datos:

- Gasto máximo instantáneo = 5.53 L/s (477.79 m^3/d)
- Temperatura del agua $T = 23.73 \text{ }^\circ\text{C}$
- Considerando eliminación en el humedal artificial :
CF Influyente = 10,000,000 NMP/100 mL

- CF Efluente = 240 NMP/100 mL (NOM-003-SEMARNAT-1997).
- Demanda de cloro inicial= 3 mg/L
- Cloro residual para decaimiento= 2.5 mg/L
- Tiempo de contacto de cloro= 40 min.

- Determinación de la dosis de cloro para la desinfección.

Cloro residual al final del tiempo de contacto de cloro

$$C_R = \frac{(N / N_0)^{-1/n} \cdot b}{t} = \frac{(240 / 10^7)^{-1/2.8} \cdot 3}{40} = 3.35 \text{ mg / L}$$

Donde:

C_R = Cloro residual, mg/L.

N_0 = Concentración de coliformes fecales en el influente, NMP/100 mL.

N = Concentración de coliformes fecales en el efluente, NMP/100 mL.

b = 3

n = 2.8

t = Tiempo de contacto de cloro, min.

Dosis de cloro

$$D_C = C_i + C_d + C_R = 3 + 2.5 + 3.35 = 8.85 \cdot \text{mg / L}$$

Donde:

D_C = Dosis de cloro, mg/L.

C_i = Demanda de cloro inicial, mg/L.

C_d = Cloro residual para decaimiento, mg/L.

C_R = Cloro residual, mg/L.

- Calculando las dimensiones del tanque.

Volumen del tanque

$$V_T = Q_{\text{máxinst}} \cdot t = (477.792 / 86400) \cdot (40 \cdot 60) = 13.272 \text{ m}^3$$

Profundidad y ancho del tanque

$$h = 1 \text{ m} \quad (\text{propuesto})$$

$$b = 0.5 \text{ m} \quad (\text{propuesto})$$

Área del tanque

$$A = h \cdot b = (1) \cdot (0.5) = 0.5 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado

$$P_m = 2h + b = 2 \cdot 1 + 0.5 = 2.5 \text{ m}$$

Radio Hidráulica

$$R_h = A / P_m = 0.5 / 2.5 = 0.200 \text{ m}$$

Longitud del canal

$$L = V_T / A = 13.272 / 0.5 = 26.5 \text{ m}$$

Verificando la relación L/b

$$L/b = 26.5/0.5 = 53.088 > 20 \text{ se acepta la longitud}$$

- Comprobando el diseño con el número de dispersión para $Q_{máxinst}$

Velocidad del flujo

$$v = Q/A = (5.53/1000)/0.5 = 0.011 \text{ m/s}$$

Coefficiente de dispersión

$$N_R = \frac{4vR_h}{\nu} = \frac{4 \cdot 0.011 \cdot 0.200}{0.0000009436} = 9376.85$$

$$D = 1.01\nu(N_R)^{0.875} = 1.01 \cdot 0.0000009436 \cdot 9376.85^{0.875} = 0.003 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$d = \frac{Dt}{L^2} = \frac{0.003 \cdot (40 \cdot 60)}{(26.5)^2} = 0.010 < 0.015 \text{ se acepta el diseño.}$$

Donde:

v = Velocidad horizontal del agua, m/s.

Q = Gasto, m³/s.

A = Área de la sección, m².

N_R = Número de Reynolds.

ν = Viscosidad cinemática, m²/s.

R_H = Radio hidráulicos de la sección, m.

D = Coeficiente de dispersión, m²/s.

d = Número de dispersión.

t = Tiempo de retención hidráulico, min.

L = Longitud del canal, m.

- Verificando el diseño con el número de dispersión para Q_{med}

Velocidad del flujo

$$v = Q / A = (1.48/1000) / 0.5 = 0.003 \text{ m/s}$$

Coefficiente de dispersión

$$N_R = \frac{4vR_h}{\nu} = \frac{4 \cdot 0.003 \cdot 0.200}{0.0000009436} = 2509.54$$

$$D = 1.01\nu(N_R)^{0.875} = 1.01 \cdot 0.0000009436 \cdot 2509.54^{0.875} = 0.001 \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$d = \frac{Dt}{L^2} = \frac{0.001 \cdot (40 \cdot 60)}{(26.5)^2} = 0.003 < 0.015 \text{ se acepta el diseño.}$$

Donde:

v = Velocidad horizontal del agua, m/s.

Q = Gasto, m³/s.

A = Área de la sección, m².

N_R = Número de Reynolds.

ν = Viscosidad cinemática, m²/s.

R_H = Radio hidráulicos de la sección, m.

D = Coeficiente de dispersión, m^2/s .

d = Número de dispersión.

t = Tiempo de retención hidráulico, min.

L = Longitud del canal, m.

- Calculando la dimensión del módulo y la mampara para el tanque.

Proponiendo:

No. de módulos $N = 3$

Espesor de las mamparas= 0.15 m

Ancho de la sección libre para el paso del flujo $b_L = 0.50$ m

Calculando:

$$L_M = L / N = 26.5 / 3 = 8.85 \text{ m}$$

$$N_{MAM} = N - 1 = 3 - 2 = 1$$

$$L_{MAM} = L_M - b_L = 8.85 - 0.50 = 8.35 \text{ m}$$

Donde:

N = No. de módulos.

b_L = Ancho de la sección libre para el paso del flujo, m.

L_M = Longitud del módulo, m.

L = Longitud total del tanque, m.

N_{MAM} = No. de mamparas.

L_{MAM} = Longitud de la mampara, m².

6.4.1.2. Vertedor triangular

El vertedor triangular será el dispositivo medidor del efluente a la salida de la Planta de tratamiento de aguas residuales. Se calcula de acuerdo al tirante sobre el vertedor.

Datos:

- Ángulo del vertedor (A) = 60°
- $C = 1.34 \cdot \tan(A/2) = 0.77365$
- $h = 0.10$ m

La fórmula base para el diseño del vertedor triangular es:

$$Q = C \cdot h^{2.5}$$

Donde:

Q = Gasto, m³/s.

C = Constante C

h = Tirante sobre el vertedero, m.

Determinando las dimensiones del vertedor

Proponiendo:

Ancho del canal (B)= 0.50 m

Longitud vertical del vertedero (Hv

)= 0.30 m

Relación $h/P = 1 < 1.2$)

Calculando:

$h/B = 0.2 < 0.4$ se aceptan las dimensiones

$$P = h/(h/P) = 0.10/1 = 0.10 \text{ m}$$

$$y = H_v - P = 0.30 - 0.10 = 0.20 \text{ m}$$

$$L = [y \cdot (\tan A/2)] \cdot 2 = [0.20 \cdot \tan(60/2)] \cdot 2 = 0.23 \text{ m}$$

$$LH = B - L = 0.50 - 0.23 = 0.134 \text{ m}$$

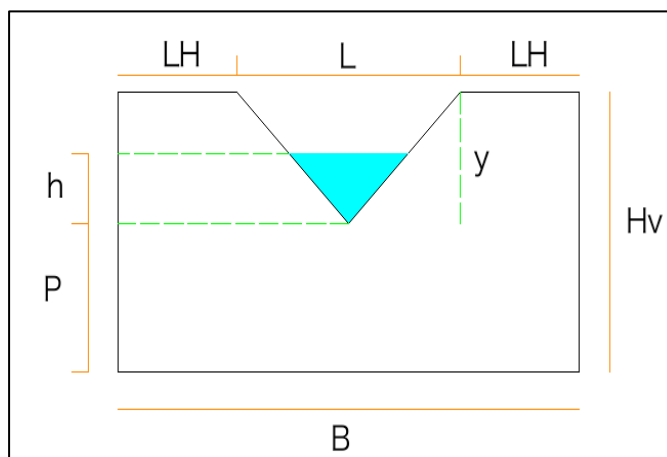


Figura 6.3. Esquema de construcción del vertedor triangular.

El gasto que pasará a través del dispositivo de medición se muestra a continuación:

Tabla 6.3 Gastos en el vertedor.

h (cm)	Q (L/s)	Q (m ³ /s)
0.5	0.001	0.118
1	0.008	0.668
2	0.044	3.781
3	0.121	10.420
4	0.248	21.390
5	0.432	37.367
6	0.682	58.944
8	1.400	120.999
10	2.446	211.377
11	3.105	268.250
12	3.859	333.435
13	4.714	407.302
14	5.674	490.205
15	6.742	582.487
16	7.922	684.475
17	9.219	796.490
18	10.635	918.838
19	12.174	1051.821
20	13.839	1195.729

Como se puede observar en la *Tabla 22* el gasto de diseño de 5.53 L/s se logra en los 0.14 m del tirante sobre el vertedor triangular.

6.5. RESUMEN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA PROPUESTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Tabla 6.4. Dimensiones de los procesos del pretratamiento.

Tipo de canal	Q _{diseño} (L/s)	No. de unidades	Ancho (m)	Profundidad (m)	Longitud (m)
Cribado Grueso	5.53	1	0.30	0.35	1.30
Desarenador	5.53	2	0.30	0.45	2.30

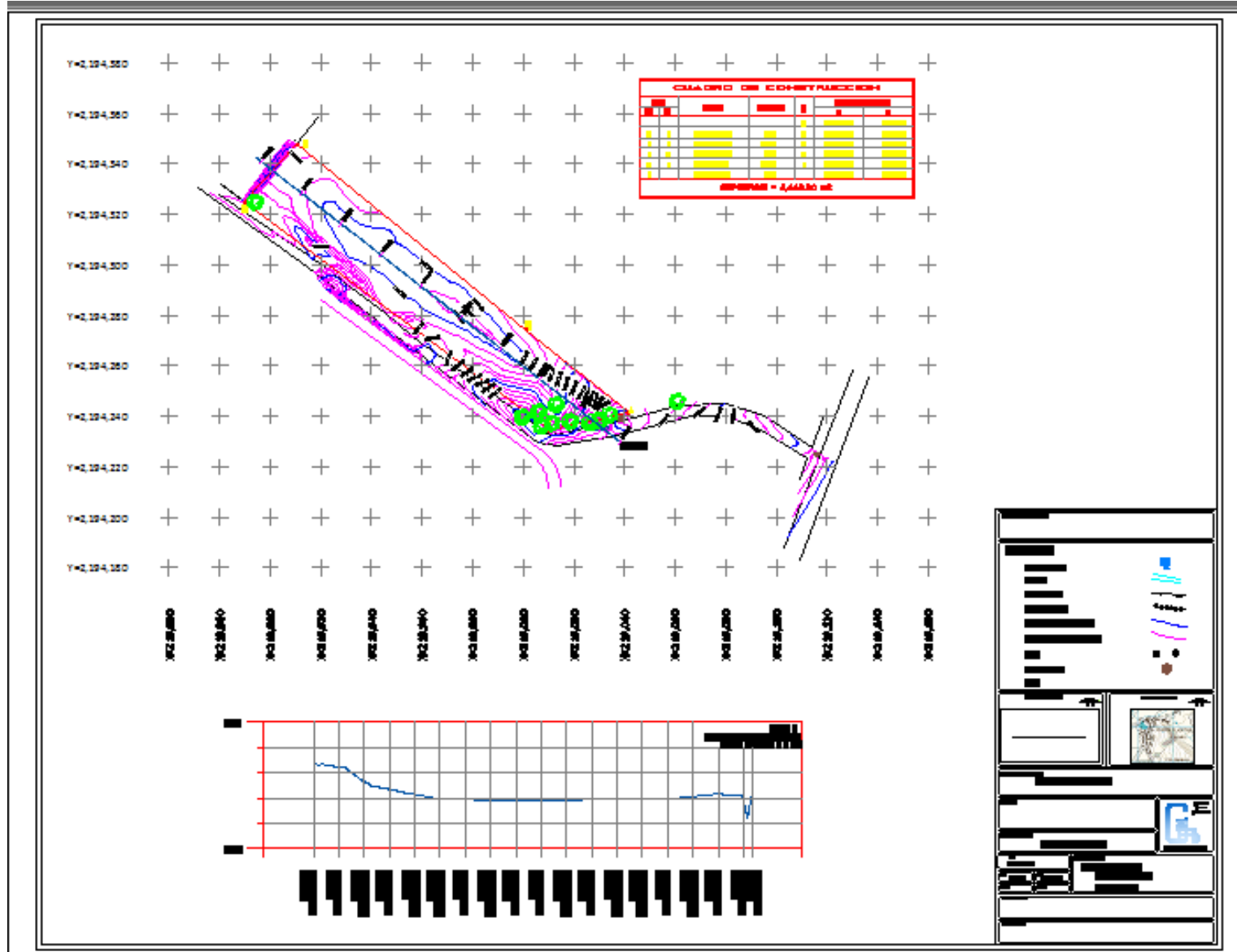
Tabla 6.5 Dimensiones de los proceso del tratamiento secundario.

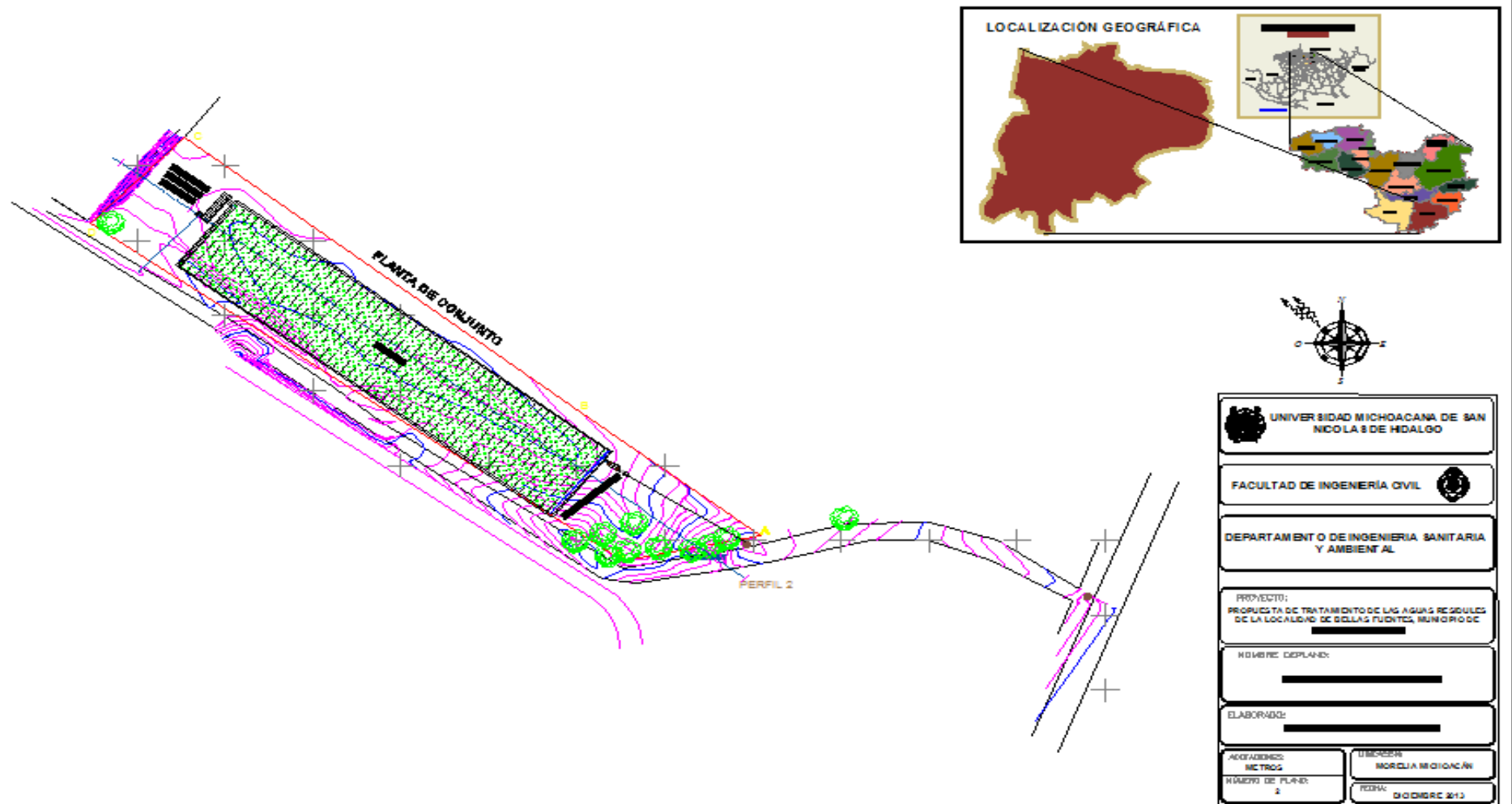
Unidad de tratamiento	$Q_{\text{diseño}}$ (L/s)	No. de unidades	Ancho (m)	Profundidad (m)	Longitud (m)
Humedal Artificial	1.48	1	21.30	0.90	108.0

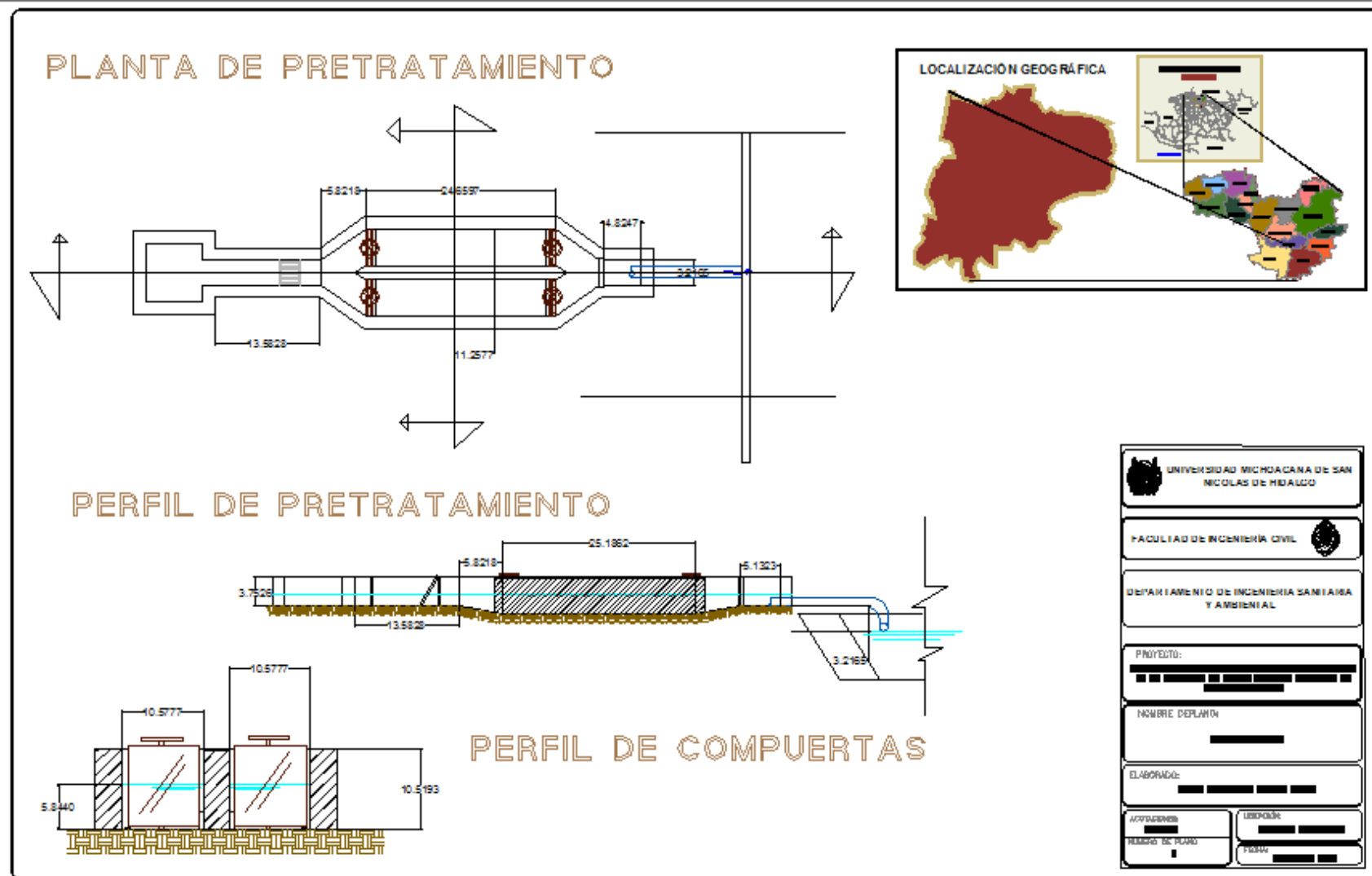
Tabla 6.6 Dimensiones de los procesos de tratamiento terciario.

Unidad de tratamiento	Parámetros	Unidad de medida	Valor
Tanque de contacto de cloro	$Q_{\text{diseño}}$	L/s	5.53
	No. de unidades	unidad	1
	Ancho	m	0.50
	Profundidad	m	1.20
	No. de módulos	unidad	3
	Longitud del módulo	m	8.85
	No. de mamparas	unidad	2
	Longitud de la mampara	m	8.35
	Espesor de la mampara	m	0.15

6.6 ESQUEMAS DEL TRATAMIENTO PROPUESTO

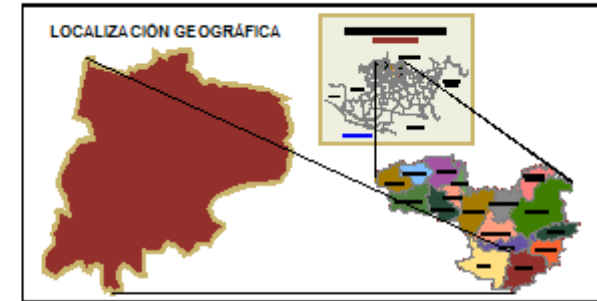
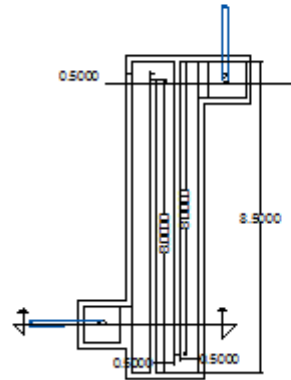




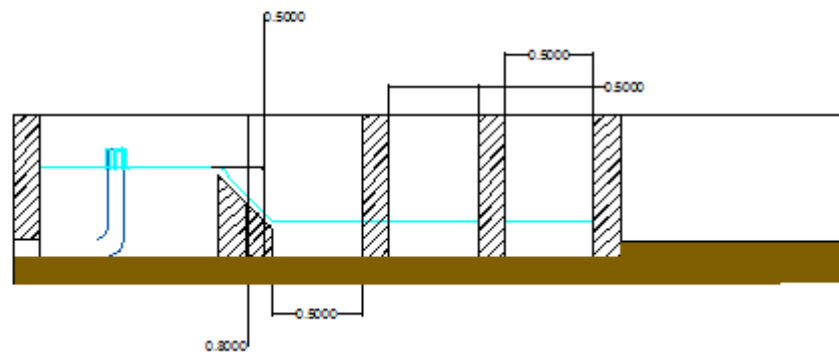





TANQUE DE CONTACTO DE CLORO



PERFIL DEL TANQUE DE CONTACTO DE CLORO



 UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 	
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL	
PROYECTO: _____	
NOMBRE (EPLANI): _____	
ELABORADA: _____	
AGUAFINCO: _____	UBICACION: _____
NÚMERO DE PLANO: _____	FECHA: _____

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el paso de los años se han perfeccionado y desarrollado sistemas para el tratamiento de las aguas residuales, esta propuesta además de mitigar la problemática respecto a una mal planeación de los servicios de la localidad, busca crear conciencia de las personas para que en lugar de ser partícipes de acciones fuera de lugar, aporten administrando mejor el recurso y desechando de forma ordenada los residuos.

En el presente proyecto, el sistema propuesto de humedales artificiales se define como un método aparentemente fácil de operar, y para el caso de tratamiento de aguas residuales municipales cuenta con una alta eficiencia en la depuración de contaminantes. Las innovaciones de estos sistemas pueden presentarse a lo largo del tiempo, ya que esta metodología tiene un desarrollo positivo en los lugares que cuenten con climas adecuados para su establecimiento. Las condiciones económicas para este tipo de elementos, como son las necesidades del terreno, costos óptimos de construcción, operación y mantenimiento, si además agregamos condiciones climáticas excelentes, la calidad y rendimientos de estos sistemas serían incomparables.

Existen diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales que utilizan como medio depurador, la vegetación, pero en la actualidad su uso se ha dado periódicamente, esto no significa que no sean aptos para el tratamiento de efluentes con altas concentraciones de contaminantes.

Es por ello que la elaboración de este proyecto se realizó con resultados que se obtuvieron de trabajos realizados en campo como son los análisis de calidad del agua, topografía y así también como la mecánica de suelos del terreno donde se tiene previsto el proyecto de la planta de tratamiento de la localidad.

Por las características de este tipo de estructuras es evidente, que llevarlas a cabo será de beneficio para la mitigación de la problemática de los contaminantes del medio ambiente, previo a su elaboración es importante hacer la selección de la mejor alternativa, de lo contrario si la propuesta se llevara a cabo y los resultados obtenidos no fueran los adecuados, en lugar de hacer un bien para la localidad, sería todo lo contrario.

Por último aunque el proceso de mantenimiento no sea complicado, es necesario realizar un manual de operación y mantenimiento de la propuesta, este documento

contendrá una serie de pasos, acorde a las actividades que se realizan de manera unitaria para un buen funcionamiento del sistema de tratamiento, además de consignar todo tipo de situaciones posibles, de igual forma las medidas precautorias, en caso de sucintarse algún problema en la planta de tratamiento, además de una explicación sobre la capacitación del personal de manera elemental y objetiva.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Ghislain de Marsily, El Agua, 1ª Ed. Siglo Veintiuno editores, S.A. de C.V. 2001.
- David B. Brooks, Agua: Manejo a Nivel Local, 1ª Edición. Alfaomega, 2004.
- Francisco J. Aparicio Mijares, Fundamentos de Hidrología de Superficie 1ª Ed. Limusa, 1989.
- Comisión Nacional del Agua, Ley General de Aguas Nacionales y su Reglamento, Última Reforma Publicada 2002.
- Miguel Rigola Lapeña, Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de Proceso y Residuales, Edt. Alfaomega Macombo 1989.
- Irene Campos Gómez, Saneamiento Ambiental, 1ª Edición, Edt. Universidad Estatal a Distancia, 2000.
- Crites, Tchobanoglous, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, Edit. McGraw-Hill 2000.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Comisión Estatal de Agua y Gestión de Cuencas (CEAGC), Términos de Referencia para la Elaboración de Proyectos Ejecutivos para el Tratamiento de Aguas Residuales en Comunidades Rurales Menores de 2,500 Habitantes.
- Metcalf & Eddy, INC, Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización, Edit. McGraw-Hill 1996.
- Marta Cruz-Guzmán Alcalá, La contaminación de suelos y aguas. Su prevención con nuevas sustancias naturales. Edit. Universidad de Sevilla, 2007.
- Cecie Starr – Ralph Taggart, Biología la unidad y la diversidad de la vida, Edit. D.R. 2008 por Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.

- Joan García Serrano – Angélica Corzo Hernández, Depuración con humedales construidos. Guía práctica de diseño 2008.
- Aurelio Hernández Muñoz, Depuración de aguas residuales, 4ª Edición 1998, PARANINFO, S.A.
- Oscar Delgadillo, Alan Camacho, Luis Fernando Pérez, Mauricio Andrade, Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales, Edición Nelson Atequera Durán, 2010.
- Bio3tech, Asesorías y Servicios de Ingeniería Ambiental, Resultados de estudios de calidad del agua, 2013.
- Bio3tech, Asesorías y Servicios de Ingeniería Ambiental, Levantamiento Topográfico, 2012.
- Bio3tech, Asesorías y Servicios de Ingeniería Ambiental, Informe del estudio geotécnico, 2013.
- Norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
- Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
- Norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental- lodos y biosólidos – especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
- Norma Mexicana NMX-AA-017-1980 Análisis de agua - determinación de color en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

- Norma Mexicana NMX-AA-038-SCFI-2001 Análisis de agua - determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba.
- NMX-AA-083-SCFI-2005 Análisis de aguas – determinación de olor en aguas naturales y residuales – método de prueba
- Norma Mexicana NMX-004-SCFI-2000 Análisis de agua – Determinación de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba.
- Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2001 Análisis de agua – determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba.
- Norma Mexicana NMX-AA-007-SCFI-2000 Análisis de agua – determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba.
- Norma Mexicana NMX-AA-093-SCFI-2000 Análisis de agua – determinación de la conductividad electrolítica – método de prueba.
- Norma Mexicana NMX-AA-072-SCFI-2001 Análisis de agua – determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba (Miguel Rigola Lapeña, 1989).
- Norma Mexicana NMX-AA-008-SCFI-2011 Análisis de agua - determinación del pH – método de prueba.
- Norma Mexicana NMX-AA-036-1980 Análisis de agua – Determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba.
- Norma Mexicana NMX-AA-012-SCFI-2001 Análisis de agua – determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residual tratado – método de prueba.
- Norma Mexicana NMX-030-SCFI Análisis de agua – determinación de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales, y residuales tratadas - método de prueba.
- Norma Mexicana MNX-AA-028-SCFI-2001 Análisis de agua - determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba.
- ,Norma Mexicana NMX-AA-026-SCFI-1980 Análisis de agua - determinación de nitrógeno total – en aguas naturales, residuales y residuales tratadas

- Norma Mexicana NMX-AA-029-SCFI-2001 Análisis de aguas - determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
- Norma Mexicana NMX-AA-051-1981 Análisis de agua – determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas – método de prueba.

PAGINAS WEB

- Consulta en línea http://www.ooapas.gob.mx/ooapas_web/cultura.php Fecha de consulta: Febrero del 2013
- Consulta en línea <http://www.spps.gob.mx/normas-oficiales.html> Fecha de consulta: Febrero del 2013
- Consulta en línea <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/inicio.aspx> Fecha de consulta: Febrero del 2013
- Consulta en línea <http://www.coneval.gob.mx/SalaPrensa/Paginas/Sala-de-prensa.aspx> Fecha de consulta: Abril del 2013
- Consulta en línea <http://www.google.com/earth/> Fecha de consulta: Abril del 2013
- Consulta en línea <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/index.html> Fecha de consulta: Mayo del 2013.
- Consulta en línea <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html> Fecha de consulta: Mayo del 2013
- Consulta en línea <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> Fecha de consulta: Junio del 2013
- Consulta en línea <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/inv/Default.aspx> Fecha de consulta: Junio del 2013