



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**REVISIÓN DEL DISEÑO CONCEPTUAL, DEL PROCESO CONSTRUCTIVO Y
DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA CIUDAD DE APATZINGÁN, MICHOACÁN.**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

ALEJANDRO GARCIA AVALOS

ASESOR:

M. C. RICARDO RUIZ CHÁVEZ

MORELIA, MICHOACÁN, AGOSTO DE 2016

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada quiero agradecer a Dios padre por prestarme vida y permitirme cumplir esta meta, por bendecirme a cada paso que he dado demostrándome que él siempre ha estado junto a mí.

A mis padres: Luis García Ramírez (q.e.p.d.) y Martha Avalos Aguilar, por dedicarme su valioso tiempo y brindarme un hogar lleno de amor, por darme siempre lo mejor de ustedes sin reservas, por sus buenos consejos, por compartir mis alegrías y mis éxitos, pero también mis tristezas y fracasos por igual, porque siempre estuvieron ahí a cada paso que di y gracias a ustedes y a su esfuerzo he llegado a ser la persona que soy, gracias por confiar en mí, gracias por ser los mejores padres que Dios me pudo haber dado. Gracias por todo.

A mis hermanos: José Luis García Avalos, María Concepción García Avalos y Adrián García Avalos, por ser siempre tan comprensivos conmigo, por darme sus mejores consejos siendo yo el hermano menor, porque siempre he contado con su apoyo incondicional y siempre me lo han demostrado, gracias por todo su amor, por todo su apoyo, gracias por ser los mejores hermanos que Dios me pudo haber dado. Gracias por todo.

A mis familiares: Ma. Esther Ortiz Avalos e Isaac Guzmán Ortiz por brindarme un bonito hogar lleno de buenos principios, costumbres y valores, gracias por su confianza en mí, por su apoyo, por su paciencia y por su buena voluntad. Gracias por todo. A Guadalupe Avalos Aguilar, por brindarme siempre su apoyo y animarme con sus buenos consejos, porque me enseñó a ver las cosas siempre de una manera positiva, con buena actitud y porque siempre creyó en mí. Gracias tía.

A mis profesores: A todos en general, porque con cada uno aprendí cosas nuevas, consejos que siempre tendré presentes en mí futuro, como conducirme con honestidad y rectitud, poniendo siempre en alto el nombre de mi profesión, ayudando siempre a la sociedad siendo consciente de la importante tarea que se tiene siendo ingeniero civil. A mi asesor de tesis M. C. Ricardo Ruíz Chávez por todo el apoyo que me ha brindado y simple y sencillamente por ser el mejor asesor que pude haber elegido. Gracias maestro.

A mis amigos: A todos aquellos que estuvieron conmigo en las buenas y en las malas, con los que compartí tristezas y alegrías, los llevo a todos y cada uno de ustedes en mi corazón. Gracias por todo.

ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract	1
1. Introducción	2
2. Objetivos.....	4
2.1 Objetivo general.....	4
2.2 Objetivos particulares.....	4
3. Antecedentes	5
3.1 Marco físico	5
3.1.1 Historia	5
3.1.2 Localización y geografía	5
3.1.3. Orografía	6
3.1.4 Hidrografía	7
3.1.5 Geología	7
3.1.6 Edafología	8
3.1.7 Clima	8
3.2 Marco social	9
3.2.1 Nivel socioeconómico	9
3.2.2 Actividades económicas	9
3.2.3 Aspectos demográficos	10
3.3 Cobertura de los servicios de agua potable	10
3.4 Cobertura de los servicios de alcantarillado	10
3.5 Cobertura de los servicios de saneamiento.....	11
3.6 Infraestructura de proyecto.....	11
4. Análisis del Diseño Conceptual de la Planta	12
4.1 Ubicación de la planta.....	12
4.2 Sistema de alcantarillado sanitario	14
4.3 Tipo de proceso elegido	15
4.4 Tren de tratamiento	16
4.4.1 Tren de tratamiento de agua residual conforme a la NOM-001-SEMARNAT-1996	16
4.4.2 Tren de tratamiento de lodos conforme a la norma NOM-004-SEMARNAT-2002	21
4.4.3 Tren de tratamiento avanzado de agua conforme a la NOM-003-SEMARNAT-1997	24

4.5 Funcionalidad.....	26
4.6 Sistema de protección del personal.....	26
4.7 Vialidades	26
4.8 Vigilancia	27
4.9 Laboratorio	28
4.10 Intendencia y mantenimiento.....	29
5. Análisis del Proceso Constructivo de la Planta	30
5.1 Características del suelo	30
5.2 Cimentaciones	31
5.3 Armados.....	32
5.4 Colado de concretos	45
5.5 Muros utilizados.....	49
5.6 Equipamiento electromecánico	51
5.7 Energía eléctrica.....	53
5.8 Sistema de puesta tierra.....	54
5.9 Alumbrado	55
6 Análisis del funcionamiento de la planta	57
6.1 Tren de tratamiento de agua residual	57
6.2 Tren de tratamiento de lodos.....	61
6.3 Tren de tratamiento avanzado.....	64
7 Costo del agua tratada.....	66
7.1 Costo del proyecto	66
7.2 Costo de la obra, costo de operación y mantenimiento.....	66
7.3 Relación costo-beneficio	67
7.4 Costo por unidad de volumen de agua tratada.....	69
8 Conclusiones y recomendaciones.....	72
8.1 Conclusiones	72
8.2 Recomendaciones.....	73
9 Bibliografía.....	74

Resumen

El presente trabajo se realizó con el afán de identificar las diversas componentes que conforman el sistema de tratamiento de aguas residuales de la población de Apatzingán Michoacán; analizando los datos de diseño de la ingeniería básica, los planos constructivos, el proceso de construcción de la planta de tratamiento, así como la operación y el mantenimiento del sistema. De igual manera se analizaron los costos de inversión en la infraestructura de tratamiento, tales como costo de la obra, costos de operación y mantenimiento; a fin de llegar a la determinación del costo del agua tratada, mismo que redundará en la tarifa del servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la propia población.

El ejercicio aquí planteado, pretende mostrar la realidad entorno al tratamiento del agua, identificando los beneficios, las bondades, los resultados esperados, así como el planteamiento del sistema. De igual manera, se analizarán y expondrán los retos y las dificultades del proyecto, tanto constructivas como de operación, los cuales de no atenderse pueden llegar a comprometer la operación del sistema de tratamiento.

Abstract

This work was done in an effort to identify the various components that make up the system of wastewater treatment of the population of Apatzingán Michoacán; analyzing data from basic engineering design, construction plans, the process of building the treatment plant, as well as operation and maintenance of the system. Similarly the costs of investment in processing infrastructure, such as cost of construction, operation and maintenance costs were analyzed; in order to reach the determination of cost of the treated water, it will result in the rate of drinking water, sewerage and sanitation of the population itself.

The exercise raised here, aims to show the reality environment water treatment, identifying the benefits, expected the results and the system approach. Similarly, they will be analyzed and will present the challenges and difficulties of the project, construction and operation that if left untreated could endanger the operation of the treatment system.

Palabras clave: Diseño, proceso constructivo, funcionamiento, planta de tratamiento, aguas residuales.



Capítulo 1. Introducción

1. Introducción

El objetivo de la presente tesis es proporcionar al lector información acerca del funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales que utiliza el método de lodos activados para la remoción de contaminantes, para así poder crear conciencia acerca del gran aporte que pueden tener estas instalaciones tanto para la sociedad como para el medio ambiente.

El problema de la contaminación causada por los seres humanos ha existido desde su aparición, pero es hasta hace poco tiempo, que se ha analizado la problemática que implica, el comenzar a carecer de los recursos naturales que el planeta nos brinda; pero ello debido al crecimiento exponencial de la población. Es por ello que se han tenido que estudiar nuevas tecnologías y metodologías para tratar de regenerar en cierta medida los recursos naturales utilizados. Es por este motivo que se debe resaltar la importancia de dar un tratamiento a los recursos como agua, suelo e incluso aire; de lo contrario como individuos terminaríamos por agotar cada una de las reservas disponibles. El agua es quizá el recurso más valioso con el que se cuenta, dado que es el detonante y elemento indispensable no sólo para los seres humanos, sino también para cada una de las especies que habitan en el planeta tanto vegetales, como animales, y es por ello que resulta importante que se optimice su uso, de tal forma que las nuevas generaciones tengan acceso a este elemento en su estado y condiciones naturales.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales, son instalaciones construidas dedicadas a retirar los contaminantes presentes en las aguas que se desechan día con día a través de los sistemas de alcantarillado en el mundo. Estas instalaciones utilizan una gran diversidad de operaciones y procesos; ya sea a través de los “lodos activados”, “zanjas de oxidación” o mediante algún otro método utilizado. Esta infraestructura, resuelve en gran medida la problemática que se vive actualmente, ya que el agua tratada es susceptible de reúso, misma que se puede utilizar en infinidad de actividades como el riego de áreas verdes, riego de cultivos, etc.; incluso los lodos generados, producto del tratamiento de las aguas residuales, se pueden utilizar como abono para plantas, debido a la gran cantidad de nutrientes que se acumulan durante el proceso, ello contribuye al mejoramiento del suelo.

Es importante conocer y entender el proceso llevado a cabo en una planta de tratamiento de aguas residuales, cualquiera que sea el método, ya que, de esta manera, es más fácil tener una idea clara acerca de cómo se realiza la remoción de los contaminantes del agua; de esta manera se tendrá una certeza de la operación y mantenimiento necesario para que el sistema logre su vida útil proyectada. Un factor fundamental es la eficiencia que se puede llegar a tener en

el proceso, de esto dependerá el alcanzar las condiciones óptimas de operación maximizando los volúmenes, tiempos de retención, y consumos eficientes de energía eléctrica.

“Cada planta de tratamiento de aguas residuales es un traje hecho a la medida...” literal, debido a que es dependiente de infinidad de factores propios del lugar donde se haya de instalar, comenzando desde las características del terreno, hasta la cantidad de población a la que se ha de dar servicio de tratamiento, es por esta razón, que el grado de tecnificación puede ir desde lo más simple, hasta lo más complejo, dependiendo de los recursos económicos con los que se cuente para esta actividad; finalmente quién pagará el tratamiento será la misma población a través de las tarifas de agua potable.

Es el presente trabajo, un ejercicio de revisión de los diversos aspectos que conforman el sistema de tratamiento de la población de Apatzingán, Michoacán; analizando desde la parte de proyecto, construcción, operación y mantenimiento; así como una proyección financiera de los costos por metro cúbico de agua tratada mismos que redundarán en el éxito o fracaso del sistema de tratamiento.



Capítulo 2.

Objetivos

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Revisar el diseño de la ingeniería básica, su procedimiento constructivo y la funcionalidad de la planta tratamiento de las aguas residuales de la población de Apatzingán, Michoacán; para identificar las posibles deficiencias y aciertos en el proyecto.

2.2 Objetivos particulares

- Analizar y revisar el diseño conceptual de la planta de tratamiento de aguas residuales desde la perspectiva de ingeniería básica.
- Analizar y revisar el proceso constructivo de la planta de tratamiento de aguas residuales; para identificar posibles fallas.
- Análisis del funcionamiento y puesta en marcha de la planta de tratamiento, así como determinar el costo del agua tratada.



Capítulo 3.

Antecedentes

3. Antecedentes

La población de Apatzingán es un centro urbano en el que la actividad doméstica, económica y de servicios, es fundamental para el desarrollo de la región, aunado a ello la necesidad de servicios básicos como son agua potable y alcantarillado, generan el consecuente problema de generación de aguas residuales, mismas que deberán tratarse para preservar el entorno agrícola que caracteriza a la región. A continuación, se presenta una breve descripción del entorno físico del área de estudio para su conocimiento y análisis.

3.1 Marco físico

El marco físico hace referencia a las características propias de un territorio, a continuación, se describen algunas de las más importantes de la ciudad de Apatzingán.

3.1.1 Historia

En la época prehispánica, en este lugar se asentó una tribu de procedencia náhuatl, pues era esta la lengua que se hablaba. Esta tribu, asentada dentro de los dominios territoriales del señorío unificado por Tariácuri, fue conquistada y sometida por los Tarascos a los que estaban obligados entregarles tributo.

Después de la llegada de los españoles, se considera que se dio la fundación de Apatzingán y ocurrió en el año de 1617. Años más tarde, en el periodo de lucha por la independencia, en el lugar, promulgó Don José María Morelos y Pavón, el 22 de octubre de 1814, la primera Constitución Política de México.

El pueblo de Apatzingán, fue elevado a municipio con cabecera municipal de Apatzingán de la Constitución, por la Ley Territorial del 10 de diciembre de 1831. El Congreso del Estado, en reconocimiento al hecho histórico ocurrido el año de 1814, le otorgó el 16 de febrero de 1859 el rango de título de Villa de la Constitución.

Finalmente, por medio de un nuevo decreto, expedido el 21 de abril de 1883, se le dio la categoría de ciudad (*INAFED, 2015*).

3.1.2 Localización y geografía

Se encuentra entre los paralelos 18°42' y 19°14' de latitud norte; los meridianos 102°11' y 102°39' de longitud oeste; altitud entre 200 y 2 000 m. Colinda al norte con los municipios de Buenavista, Tancitaro y Parácuaro; al este con los municipios de Parácuaro, La Huacana y Tumbiscatío; al sur con los municipios de Tumbiscatío y Aguililla; al oeste con los municipios de Aguililla y Buenavista.

Ocupa el 2.80% de la superficie del estado. En la figura 3.1 se muestran los municipios colindantes.

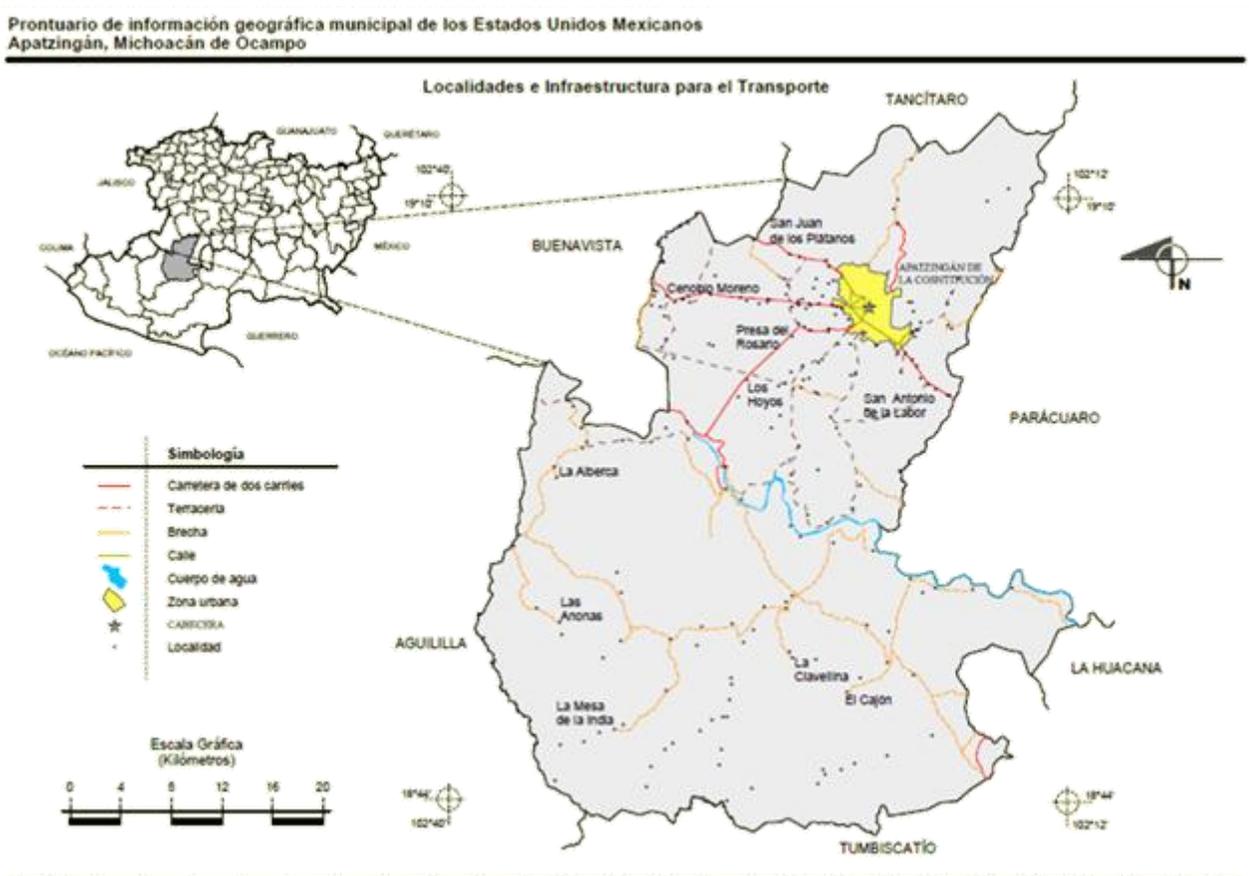


FIGURA 3.1 Ubicación del municipio de Apatzingán.

Cuenta con 209 localidades, una población total de 123,649 habitantes y 99,010 habitantes en su cabecera municipal (INEGI, 2015).

Sus principales vías de comunicación son: Al sureste la avenida 22 octubre que es la carretera que comunica a la ciudad de Apatzingán con los municipios de Parácuaro y Nueva Italia, al noroeste la avenida Francisco I. Madero que es la carretera que comunica con el municipio de Buenavista Tomatlán.

3.1.3. Orografía

Su relieve lo conforman la Sierra Madre del Sur, la depresión del Tepalcatepec y la Sierra de Acahuato con los cerros de San Miguel, San Juan, La Majada, el Cantón y la Angostura (INAFED, 2015).

3.1.4 Hidrografía

La región hidrológica la conforman. El río Balsas con un 99.99% y la Costa de Michoacán con el 0.01%.

La cuenca está conformada por: el río Tepalcatepec en un 91.87%, el río Tepalcatepec-Infiernillo con un 8.12%, el río Nexpa y otros con sólo el 0.01%.

La sub cuenca está conformada por: el río Bajo Tepalcatepec en un 59.44%, el río Apatzingán con un 17.18%, arroyo Tepalcatepec con el 15.25%, arroyo Las Cruces con 7.63%, el río Tepalcatepec con un 0.49% y el río Nexpa con el 0.01%.

Corrientes de agua.

Corrientes perennes: Grande, Apatzingán, El Pino, Las Ánimas, El Salate, El Pastor, Acatlán, Las Anonas, Potrerillos, El Tigre, Las Cajas, Las Cruces, El Cajón, y Timbirichera.

Corrientes intermitentes: Zirapetiro, Las Cuevitas, Las Tontas, El Otate, El Coruquito, La Alberca, La Tigra, El Limoncito, Hacienda Vieja, La Parota, Acatlán y Las Cajas.

Cuerpos de agua. Perenne en un 0.27%: Grande. (INEGI, 2015).

3.1.5 Geología

La geología de la región data del periodo cuaternario en un 30.87%, del Cretácico en un 15.77%, del Neógeno en 15.53%, Plioceno Cuaternario con un 12.04%, Paleógeno con el 10.20%, Triásico en un 8.36% y Terciario que representa el 5.49%.

La clasificación de las rocas en la región es:

En la región encontramos roca ígnea intrusiva: como el granito que representa el 2.70%.

También encontramos roca ígnea extrusiva: como toba ácida-brecha volcánica ácida en un 14.06%, andesita en un 13.67%, basalto en un 11.94%, toba ácida con un 1.98%, toba básica con el 1.63%, riodacita-toba ácida con el 1.11%, traquita en un 0.80%, brecha volcánica básica en un 0.30%, andesita-toba intermedia con un 0.29%, riodacita-brecha volcánica ácida en un 0.27%, basalto-brecha volcánica básica con un 0.10% y riodacita con sólo el 0.09%.

Del tipo sedimentaria: encontramos arenisca-conglomerado en un 10.26%, lutita-arenisca en un 7.60%, conglomerado con un 3.53%, caliza-lutita con un 1.82% y caliza con el 0.01%.

Roca metamórfica: con sólo un tipo tenemos complejo metamórfico con el 8.36%
Suelo: aluvial con el 17.74%. (INEGI, 2015).

3.1.6 Edafología

El suelo dominante es del tipo leptosol en un 27.87%, tal como se observa en la figura 3.2; lertisol con un 25.12%, phaeozem en un 18.72%, cambisol con el 9.56%, luvisol en un 4.68%, andosol con un 3.85%, regosol en un 3.38%, fluvisol en un 3.07%, kastañozem en un 1.25% y calcisol con sólo el 0.41%. (INEGI, 2015).



Fuente: Ew eb, 2015

Figura 3.2 En la imagen podemos observar el leptosol.

3.1.7 Clima

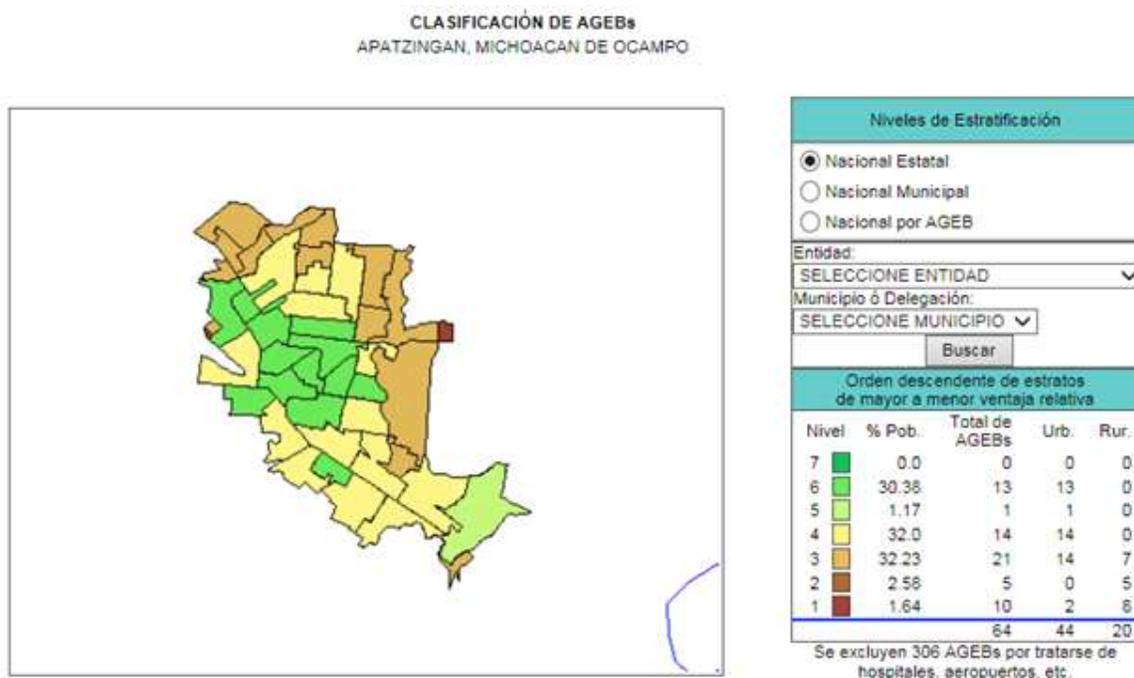
El clima en la región es Cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad en un 39.93%, semiseco muy cálido y cálido con un 35.57%, seco muy cálido y cálido en un 17.28%, cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media con el 2.85%, semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media en un 2.16%, semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad en un 1.99% y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad con el 0.22%. Con un rango de temperatura que se encuentra entre 18 – 30°C y un rango de precipitación de 500 – 1000 mm (INEGI, 2015).

3.2 Marco social

En este subtema se hablará acerca del entorno que caracteriza a la ciudad de Apatzingán de la Constitución, tomando en cuenta factores como nivel socioeconómico, actividades económicas y aspectos demográficos, de manera que se pueda tener una idea acerca de cuáles son las principales fuentes de ingreso de su población y su nivel de bienestar.

3.2.1 Nivel socioeconómico

Atendiendo a la clasificación de las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), tomando en cuenta que los estratos enumerados del 1 al 7 indican el nivel de bienestar (como se muestra en la figura 3.3) siendo el número 1 el menor nivel de bienestar y el 7 el mayor nivel de bienestar, se tiene en la población de Apatzingán que la mayor parte de sus habitantes se encuentra entre los estratos 3, 4 y 6, distribuyéndose los primeros (3 y 4) en las periferias y el tercero (6) en el centro de la ciudad. Por lo que se concluye que la mayoría de su población vive con un nivel de bienestar medio.



Fuente: INEGI, 2015

FIGURA 3.3 Niveles socioeconómicos.

3.2.2 Actividades económicas

La principal actividad económica es la agricultura, sobresalen por su importancia los productos como frutas, hortalizas, granos y semillas, se producen entre otras

cosas melón, sandía, papaya, pepino, maíz, sorgo, ajonjolí, plátano, limón, mango y todos los cultivos propios de las regiones tropicales. Su mayor importancia es la existencia de ganado bovino, caprino y caballo principalmente. Las principales industrias del municipio son las fábricas de alimentos y forrajes, aserraderos, curtidores de piel y planta industrial de limón. Apatzingán es hoy día inmenso potencial agrícola, ganadero, comercial e industrial.

3.2.3 Aspectos demográficos

De acuerdo a los resultados del Censo de Población y Vivienda realizado en 2010 por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía la población total del municipio de Apatzingán es de 99,010 habitantes, de los cuales 48,326 son hombres y 50,684 son mujeres (INEGI, 2015).

3.3 Cobertura de los servicios de agua potable

La localidad de Apatzingán de la Constitución cuenta con un total de 99010 habitantes y 28500 viviendas, de las cuales 23808 disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda, tal como se observa en la tabla 3.1; por lo cual podemos decir que el 84% de las viviendas reciben el servicio de agua potable (INEGI, 2015).

TABLA 3.1 Cobertura de los servicios de agua potable.

Nombre de la entidad	Nombre del municipio	Nombre de la localidad	Población total	Total de viviendas	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	% Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda
Michoacán de Ocampo	Apatizingán	Apatizingán de la Constitución	99010	28500	23808	84%

Fuente: INEGI, 2015

3.4 Cobertura de los servicios de alcantarillado

Retomando algunas de las cifras mencionadas anteriormente, tenemos que la localidad de Apatzingán de la constitución tiene un total de 99010 habitantes y cuenta con 28500 viviendas, de las cuales 23359 disponen de drenaje, como se muestra en la tabla 3.2; lo cual nos arroja un porcentaje del 82% de viviendas que disponen del servicio (INEGI, 2015).

TABLA 3.2 Cobertura de los servicios de alcantarillado.

Nombre de la entidad	Nombre del municipio	Nombre de la localidad	Población total	Total de viviendas	Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	% Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje
Michoacán de Ocampo	Apatizingán	Apatzingán de la Constitución	99010	28500	23359	82%

Fuente: INEGI, 2015

3.5 Cobertura de los servicios de saneamiento

La cobertura de los servicios de saneamiento en la región de Apatzingán es prácticamente nula ya que a pesar de que existe infraestructura dedicada a este tipo servicios, ésta no se encuentra en funcionamiento por cuestiones ya sea económicas o políticas.

A pesar de haber concluido con la segunda etapa de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), aún no está operando ya que está planeado echarla a andar una vez concluidas las tres etapas en las cuales se planeó.

3.6 Infraestructura de proyecto

El objetivo principal de la construcción de la PTAR, es dar a esa agua residual captada por el sistema de colectores de la ciudad un tratamiento para poder darle un nuevo uso, obteniendo así un beneficio para las actividades económicas de la región, principalmente la agricultura.

Los principales beneficios son:

- Brindar una oportunidad para reutilizar toda esa agua residual.
- Reducir la cantidad de contaminantes que pudieran infiltrarse en el suelo, algo muy importante si tomamos en consideración que la agricultura es una de las principales actividades económicas de la región.
- Beneficio para los agricultores de la zona brindándoles agua en condiciones óptimas para el riego de parcelas y/o hortalizas.
- El lodo producido por la planta puede ser utilizado como abono para mejorar las propiedades del suelo.

La construcción de la PTAR está proyectada en tres etapas de 40 litros por segundo (lps) cada una, con lo cual brindará una capacidad total de 120 lps, debido a que actualmente se han concluido dos etapas su capacidad actual es de 80 lps.



Capítulo 4.

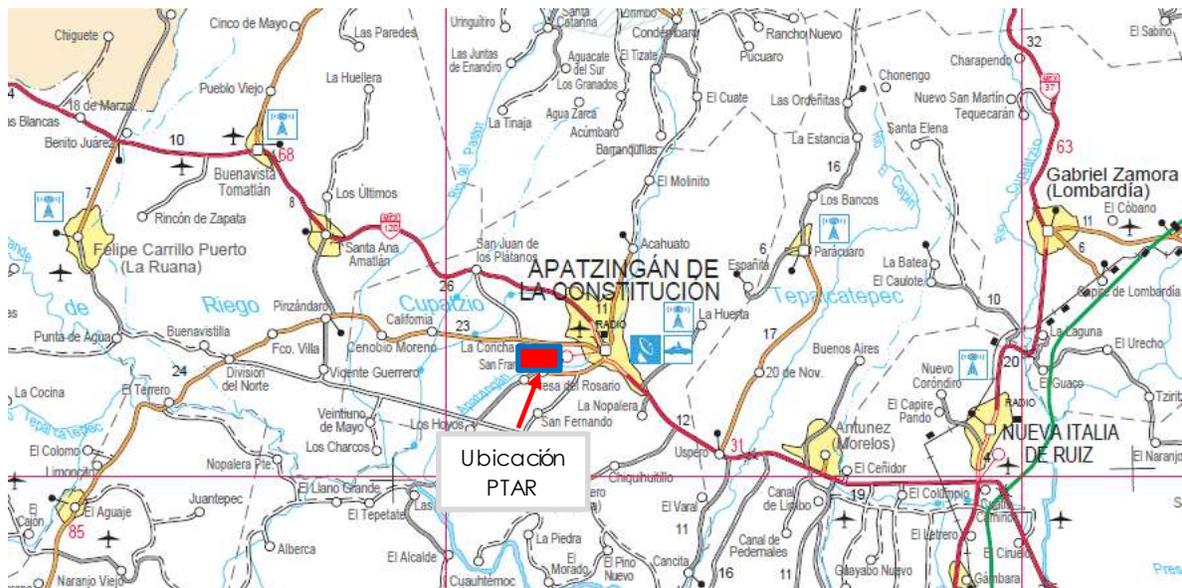
Análisis del Diseño Conceptual de la Planta

4. Análisis del Diseño Conceptual de la Planta

En este tema se hablará acerca de la PTAR desde una perspectiva vista desde el proyecto mismo, hablando solamente de lo plasmado en papel, revisando cada una de sus partes tal cual fueron concebidas por sus proyectistas.

4.1 Ubicación de la planta

La PTAR se encuentra ubicada al oeste de la ciudad, como se puede observar en las figuras 4.1 y 4.2; entre Apatzingán de la constitución y la localidad de Chandio (Ejido la concha) que se encuentran comunicados por la avenida José María Morelos y Pavón Poniente. A sus alrededores colinda con propiedades privadas.



Fuente: SCT, 2009

Figura 4.1 Macro localización de la planta de tratamiento.



Figura 4.2 Micro localización de la planta de tratamiento.

La ubicación de la planta obedece al desnivel topográfico en el que por gravedad drena hacia este sitio, tal como se muestra en la figura 4.3, siguiente.

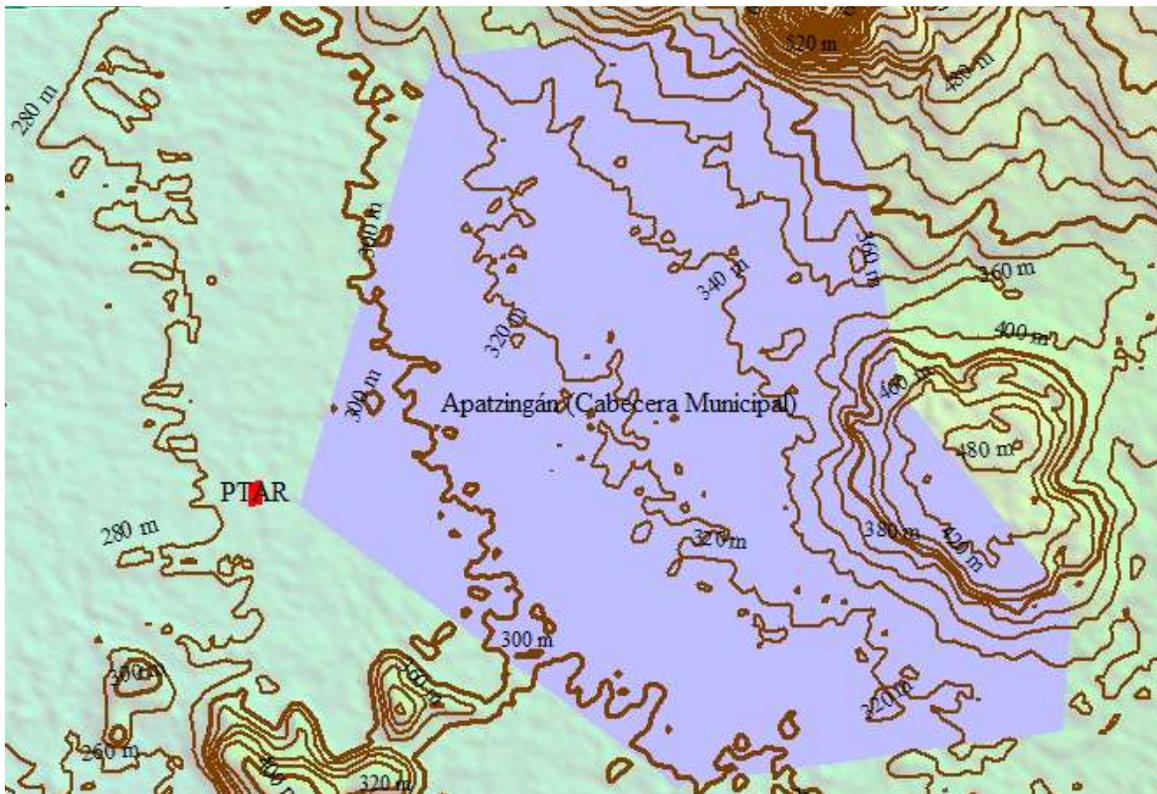


Figura 4.3 Topografía de la región de Apatzingán.

4.2 Sistema de alcantarillado sanitario

El sistema de alcantarillado se conforma por la red de colectores, entre ellos el colector norte que cruza con la avenida José María Morelos y Pavón Poniente que es la carretera que va al aeropuerto. Y el emisor río Apatzingán, el cual se encuentra alojado en la margen derecha del propio río, y que drena hasta el sitio propuesto de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), tal como se muestra en la figura 4.4.

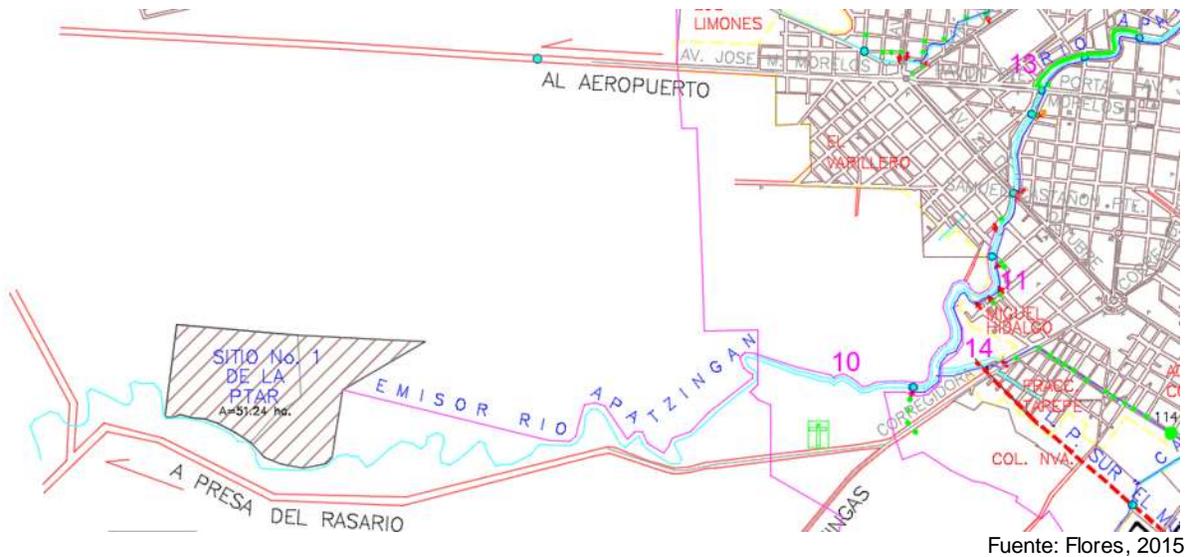


Figura 4.4 Red de colectores y emisor.

4.3 Tipo de proceso elegido

El proceso elegido para la planta de tratamiento de aguas residuales es el de lodos activados, a continuación, se menciona una breve reseña acerca del proceso mencionado.

El proceso de lodos activados ha sido utilizado para el tratamiento de las aguas residuales tanto industriales como urbanas desde hace aproximadamente un siglo. El diseño de las plantas de lodos activados se llevó a cabo fundamentalmente de una forma empírica. Sólo al comienzo de los años sesenta se desarrolla una solución más racional para el diseño del sistema de lodos activados. Este proceso nació de la observación realizada hace mucho tiempo de que si cualquier agua residual, urbana o industrial, se somete a aireación durante un período de tiempo se reduce su contenido de materia orgánica, formándose a la vez un lodo floculento.

El examen microscópico de este lodo revela que está formado por una población heterogénea de microorganismos, que cambian continuamente en función de las variaciones de la composición de las aguas residuales y de las condiciones ambientales. Los microorganismos presentes son bacterias unicelulares, hongos, algas, protozoos y rotíferos. De esto, las bacterias son probablemente las más importantes, encontrándose en todos los tipos de procesos de tratamiento biológico (*R. S. Ramalho, 1991*).

4.4 Tren de tratamiento

Para fines de diseño y de revisión es necesario dividir el tren de tratamiento en dos partes: El tren de tratamiento de aguas residuales y el tren de tratamiento de lodos. Más, sin embargo, en el proyecto se advierte la posibilidad de reutilizar el agua tratada, por lo que se deberá considerar además un tren de tratamiento de agua tratada.

4.4.1 Tren de tratamiento de agua residual conforme a la NOM-001-SEMARNAT-1996

Esta Norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales.

Se tienen como especificaciones a considerar para esta norma:

- La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las tablas 4.1 y 4.2. El rango permisible del potencial de hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.

Tabla 4.1 Límites máximos permisibles para contaminantes básicos.

PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RÍOS					
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno	150	200	75	150	30	60
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10

Fuente: NOM-001-SEMARNAT-1996

Tabla 4.2 Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros.

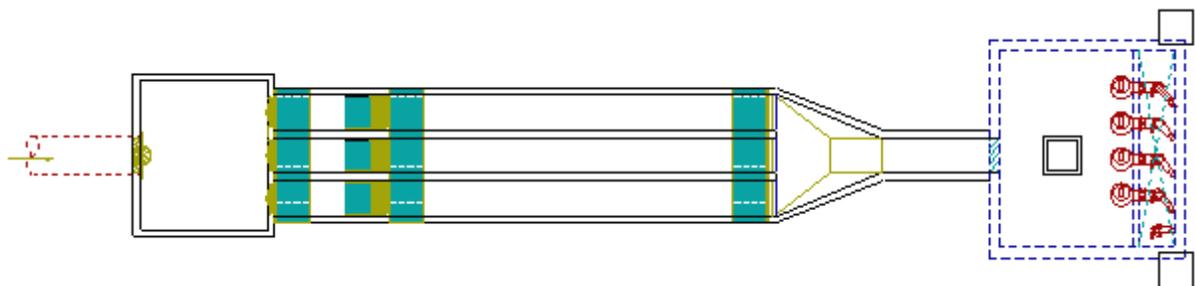
PARÁMETROS (*) (miligramos por litro)	RÍOS					
	Uso en riego agrícola (A)		Uso pública urbano (B)		Protec- ción de vida acuática (C)	
	P.M.	P.D	P.M	P. D	P.M	P.D
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2
Cianuros	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.0 1	0.005	0.0 1
Níquel	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20

Fuente: NOM-001-SEMARNAT-1996

- Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.
- Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego no restringido, y de cinco huevos por litro para riego restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta Norma. (NOM-001-SEMARNAT-1996).

El tren de tratamiento de aguas residuales cuenta con un pre tratamiento, un tratamiento primario, un tratamiento secundario y un tratamiento terciario (este último a nivel de proyecto), los cuales se describen a continuación.

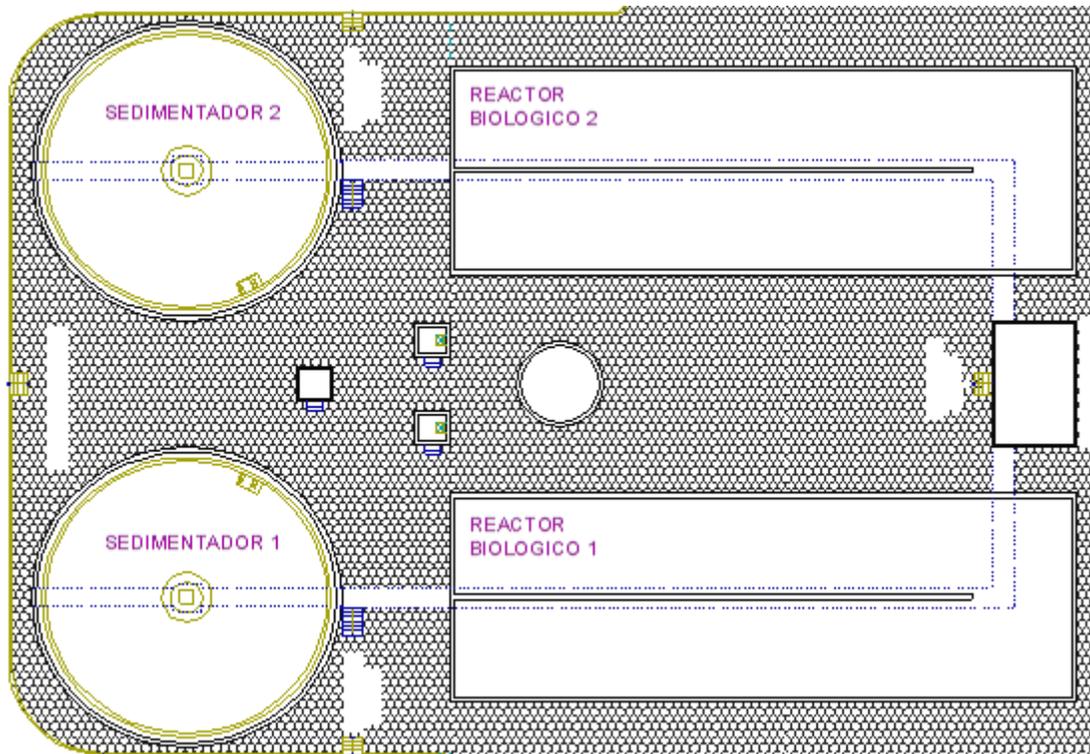
El pre tratamiento tal como se muestra en la figura 4.5, comienza con un influente principal el cual llega a una caja derivadora, después el agua residual pasa por un cribado grueso y uno fino respectivamente, luego fluye por un canal desarenador, pasa por un medidor de flujo (vertedor tipo sutro) y al final llega a un cárcamo de bombeo.



Fuente: Flores, 2010

Figura 4.5 Pre tratamiento de la PTAR.

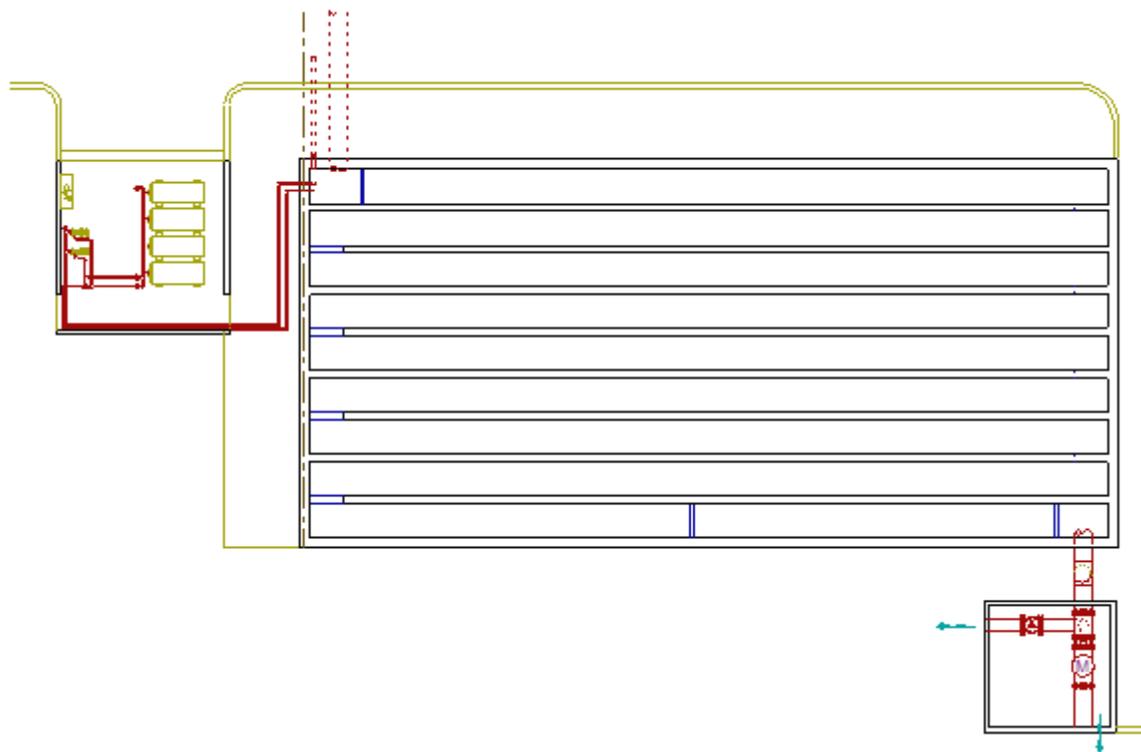
En el tratamiento primario nos encontramos con dos reactores biológicos cada uno de ellos con una capacidad de tratamiento de 40 lps, seguidos de dos sedimentadores primarios, uno para cada reactor; tal como se muestra en la figura 4.6.



Fuente: Flores, 2010

Figura 4.6 Reactores biológicos y sedimentadores.

El tratamiento secundario consta de un tanque de contacto de cloro y un medidor de flujo; tal como se muestra en la figura 4.7.



Fuente: Flores, 2010

Figura 4.7 Tanque de contacto de cloro.

4.4.2 Tren de tratamiento de lodos conforme a la norma NOM-004-SEMARNAT-2002

Esta Norma establece las especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para el aprovechamiento y disposición final de lodos y biosólidos.

Se tienen como especificaciones a considerar para esta norma:

- Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana los biosólidos se clasifican en tipo: excelente y bueno en función de su contenido de metales pesados; y en clase A, B y C en función de su contenido de patógenos y parásitos.
- Los límites máximos permisibles de metales pesados se establecen en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos.

CONTAMINANTE (determinados en forma total)	EXCELENTES mg/kg en base seca	BUENOS mg/kg en base seca
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1 200	3 000
Cobre	1 500	4 300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2 800	7 500

Fuente: NOM-004-SEMARNAAT-2002

- Los límites máximos permisibles de patógenos y parásitos en los lodos y biosólidos se establecen en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos.

CLASE	INDICADOR BACTERIOLOGICO DE CONTAMINACION	PATOGENOS	PARASITOS
		Coliformes fecales NMP/g en base seca	<i>Salmonella spp.</i> NMP/g en base seca
A	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 1(a)
B	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 10
C	Menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

(a) Huevos de helmintos viables

Fuente: NOM-004-SEMARNAAT-2002

- El aprovechamiento de los biosólidos, se establece en función del tipo y clase, como se especifica en la tabla 4.5 y su contenido de humedad hasta el 85%.

Tabla 4.5 Aprovechamiento de biosólidos.

TIPO	CLASE	APROVECHAMIENTO
EXCELENTE	A	<ul style="list-style-type: none"> • Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para clase B y C
EXCELENTE O BUENO	B	<ul style="list-style-type: none"> • Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación • Los establecidos para clase C
EXCELENTE O BUENO	C	<ul style="list-style-type: none"> • Usos forestales • Mejoramientos de suelos • Usos agrícolas

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002

- La aplicación de los biosólidos en terrenos con fines agrícolas y mejoramiento de suelos se sujetará a lo establecido en la Ley Federal de Sanidad Vegetal y conforme a la normatividad vigente en la materia.
- Los sitios para la disposición final de lodos y biosólidos, serán los que autorice la autoridad competente, conforme a la normatividad vigente en la materia.
- La frecuencia de muestreo y análisis para los lodos y biosólidos se realizará en función del volumen de los lodos generados como se establece en la tabla 4.6. (NOM-004-SEMARNAT-2002).

Tabla 4.6 Frecuencia de muestreo y análisis para lodos y biosólidos.

Volumen generado por año (Ton/Año) en base seca	Frecuencia de muestreo y análisis	Parámetros a determinar
Hasta 1,500	Una vez al año	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos
Mayor de 1,500 hasta 15,000	Una vez por semestre	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos
Mayor de 15,000	Una vez por trimestre	Metales pesados, indicador bacteriológico de contaminación, patógenos y parásitos

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002

4.4.3 Tren de tratamiento avanzado de agua conforme a la NOM-003-SEMARNAT-1997

Esta Norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicio al público.

Se tienen como especificaciones a considerar para esta norma:

- Los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas son los establecidos en la Tabla 4.7 de esta Norma Oficial Mexicana.

Tabla 4.7 Límites máximos permisibles de contaminantes.

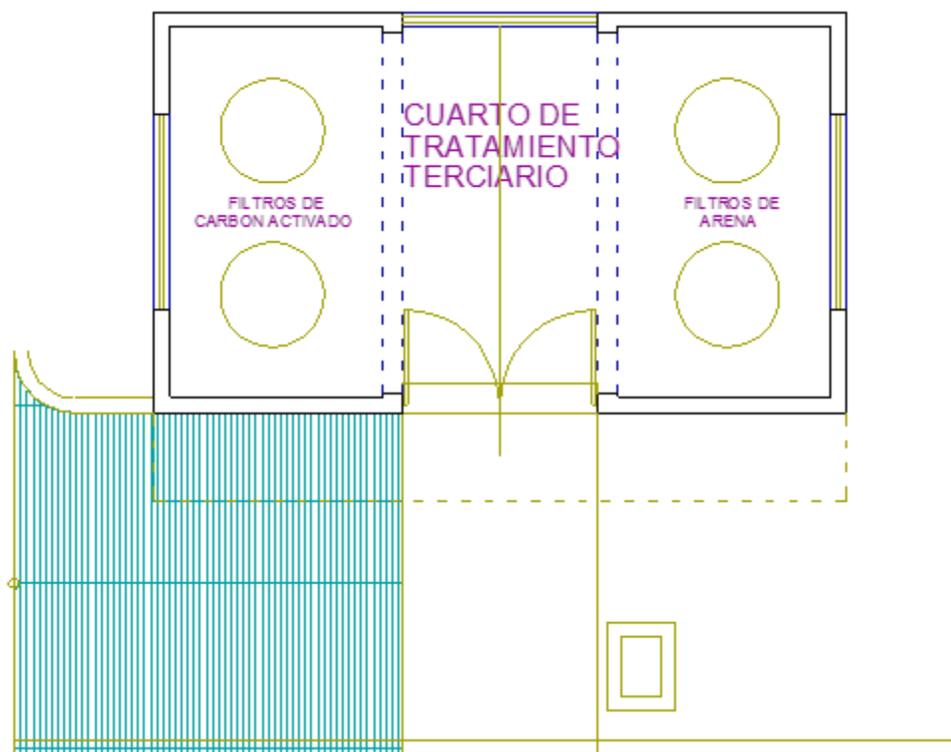
TIPO DE REUSO	PROMEDIO MENSUAL				
	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Huevos de Helminto (h/l)	Grasas y Aceites mg/l	DBO ₅ mg/l	SST mg/l
SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	< 1	15	20	20
SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL	1,000	< 5	15	30	30

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002

- La materia flotante debe estar ausente en el agua residual tratada, de acuerdo al método de prueba establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-006, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

- El agua residual tratada reusada en servicios al público, no deberá contener concentraciones de metales pesados y cianuros mayores a los límites máximos permisibles establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con uso en riego agrícola de la Tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996.
- Las entidades públicas responsables del tratamiento de las aguas residuales que reúsen en servicios al público, tienen la obligación de realizar el monitoreo de las aguas tratadas en los términos de la presente Norma Oficial Mexicana y conservar al menos durante los últimos tres años los registros de la información resultante del muestreo y análisis, al momento en que la información sea requerida por la autoridad competente. (NOM-003-SEMARNAT-1997).

El tren de tratamiento terciario o avanzado de aguas residuales, está conformado por un cuarto que alberga los filtros de arena y de carbón activado, tal como se muestra en la figura 4.8.



Fuente: Flores, 2010

Figura 4.8 Tren de tratamiento terciario.

4.5 Funcionalidad

En este apartado se describirán todos aquellos elementos necesarios para el correcto funcionamiento de las unidades del proceso, de tal manera que se monitoree la evolución de los subproductos generados en el proceso, la calidad del agua influente y efluente, así como la variación de los caudales. También se describirán las partes responsables del control de acceso, seguridad del personal y todo aquello que garantice un correcto funcionamiento de la planta.

4.6 Sistema de protección del personal

En cualquier lugar de trabajo donde se tenga un tránsito constante del personal de operación y de mantenimiento por zonas que representen un riesgo para el mismo, se deben tener los sistemas de protección necesarios para evitar accidentes, más aun tratándose de un lugar como lo es una PTAR. Para evitar accidentes se cuenta con rejillas Irving de operación, las cuales tienen una superficie rugosa para evitar que el personal resbale al momento de realizar las observaciones en el proceso del funcionamiento de la planta, se cuenta también con puentes con sus respectivos pasamanos para evitar que el personal caiga a los reactores biológicos, a los sedimentadores o a los digestores, también se tiene un sistema de para rayos que es de vital importancia debido a que protege al personal de descargas eléctricas que puedan suscitarse en caso de tormentas, ya que los puentes están constituidos de metal. También se cuenta con otras medidas como son los diferentes colores en las tuberías para diferenciar el tipo de fluido que transportan, así como señalamientos de seguridad que mantienen a los trabajadores de la planta en constante alerta en las zonas de mayor riesgo.

4.7 Vialidades

Vialidades de acceso

Se cuenta con vías de acceso del tipo terracería, por lo que el tránsito de vehículos que requiera acceder a la planta es limitado ya que las condiciones del terreno no permiten que vehículos del tipo sedán o parecidos circulen de una manera cómoda por dichas vías. Cabe mencionar que la distancia de bordo de carretera a la PTAR es cercana a 1.5 km.

Vialidades interiores

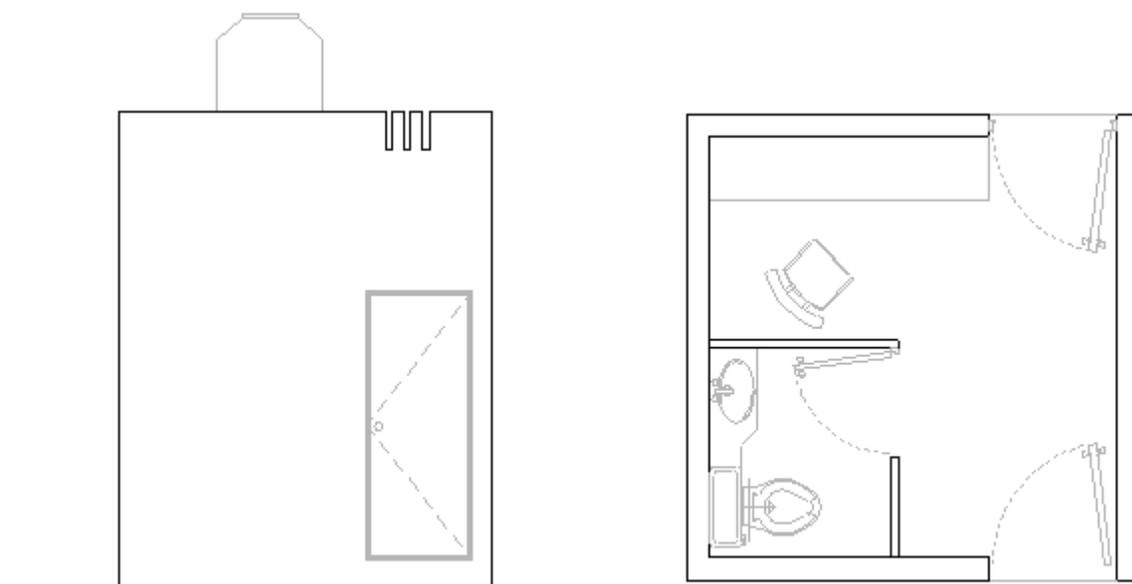
Los caminos interiores son de material nivelado y compactado, debido a esto se puede asegurar que los vehículos dentro de la planta se pueden desplazar sin mayor dificultad.

Peatonales y vehiculares

La parte que conecta al pre tratamiento con los reactores biológicos y sedimentadores, así como las banquetas que rodean a las oficinas y el laboratorio cuentan con una superficie adoquinada por lo que no hay problema alguno para circular en las zonas que comprenden el pre tratamiento y el tratamiento primario, pero en lo que respecta a las zonas donde se encuentran los digestores, lechos de secado, tanque de contacto de cloro y las demás zonas que conforman el área restante de la planta no cuentan con algún tipo de firme de concreto. En cuanto a las vías destinadas para los vehículos, como se había mencionado anteriormente se cuenta con caminos no pavimentados, los cuales están conformados por material compactado y nivelado simplemente.

4.8 Vigilancia

Cuenta con una caseta de vigilancia (como se puede apreciar en la figura 4.9) ubicada en la entrada de la planta, la cual regula el acceso a la misma y proporciona un control de todo aquello que entra o sale, algo que es muy importante tomando en cuenta el costo del equipo con el que operará la PTAR.



Fuente: Flores, 2010

Figura 4.9 Caseta de vigilancia (fachada y planta).

4.9 Laboratorio

La planta de tratamiento deberá contar con un laboratorio, con áreas de administración, aseo y de servicio a los empleados y trabajadores, donde se realizarán los análisis físicos, químicos y bacteriológicos necesarios, así como el procesamiento de los datos observados en cada etapa del tratamiento.

En el área de trabajo se deberá llevar un control de los procesos de tratamiento, efectuando para ello los análisis de calidad del agua y de los lodos a través de personal capacitado, en instalaciones idóneas y con el equipo apropiado, de modo que puedan medirse los parámetros de DBO, DQO, Ph, STT, SDT, SST, SDF, SDV, SSF, SSV, coliformes totales, turbiedad y otros, tanto al influente como al efluente.

Dentro del equipo requerido se encuentran: Una mufla, estufa, desecador, incubadora, balanza analítica, estufa de resistencias, potenciómetro, termómetro, oxímetro, mecheros de gas, medios de cultivo, vasos winkler, vasos de precipitados, matraces, tubos de ensaye, cajas de Petri, goteros, etc. Y prendas consumibles tales como guantes de vinilo, batas y cubrebocas; todo ello permitirá realizar análisis Físico-Químicos, Biológicos, Microbiológicos y especiales.

También se dispondrá de regaderas, vestidor, casilleros, anaqueles, archiveros, escritorios y equipo de computación que permita el procesamiento y almacenamiento de los datos obtenidos, de manera que se facilite su uso, consulta y exposición cuando así se requiera (Ruiz, 2015).



Figura 4.10 Laboratorio.

4.10 Intendencia y mantenimiento

Esta parte es muy importante ya que de ello depende que las instalaciones se encuentren en las condiciones necesarias para operar día a día, así mismo dar un chequeo al equipo con el que cuenta la planta, ya que al estar trabajando con microorganismos se requiere especial cuidado debido a que éstos son sensibles a cambios que puedan suscitarse por un descuido, alterando así condiciones como la temperatura u oxigenación y ponerlos en riego, algo que no es conveniente tomando en cuenta que los cultivos de microorganismos tardan algunos meses en alcanzar las condiciones requeridas para poder degradar las cantidades de materia necesarias para que la planta trabaje de manera correcta.



Capítulo 5.

Análisis del Proceso Constructivo de la Planta

5. Análisis del Proceso Constructivo de la Planta

El proceso constructivo es definido como el conjunto de fases sucesivas o solapadas en el tiempo, necesarias para la materialización de un edificio o de una infraestructura. Si bien el proceso constructivo es singular para cada una de las obras que se pueda concebir, existen algunos pasos comunes que siempre se deben realizar.

5.1 Características del suelo

Lo primero que se debe considerar en cualquier obra es el terreno sobre el cual se va a trabajar, ya que dependiendo de las características del mismo se le dará una forma adecuada al proyecto que se ha de llevar a cabo. Partiendo de este punto se procede a caracterizar el suelo que se encuentra en la región en que se realizarán las labores. Para este caso se tiene un suelo arcilloso; tal como se muestra en la imagen 5.1.



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.1 Suelo arcilloso.

La Arcilla es un tipo de suelo o roca natural sedimentaria que proviene de la descomposición de las rocas feldespato, siendo un silicato alumínico hidratado. Puede ser un elemento suelto o puede estar formando una masa en estado sólido, compuesto por lo general de un material terroso de grano fino y capaz de convertirse en un suelo expansivo al mezclarse con cierta cantidad de agua.

5.2 Cimentaciones

Una vez que se conoce el tipo de suelo que hay en el terreno y las características que este tiene se procede a elegir el tipo de cimentación más adecuada para los trabajos que se realizarán. Primeramente, se realizan las labores de excavación, debido a que la arcilla es un suelo que presenta cambios de volumen y tiene propiedades que no favorecen a las estructuras apoyadas en él, se tiene que hacer un mejoramiento previo del terreno, lo que significa que se deben modificar las capacidades de carga del mismo añadiendo un material con mayor resistencia haciendo que éste soporte mejor las cargas y así sea apto para recibir las.

Luego de mejorar las características del suelo se procede a compactar el material (tal como se muestra en la figura 5.2) con un mínimo del 95% PROCTOR en cada una de las partes en que irán asentadas las estructuras (Reactores, sedimentadores, espesadores, etc.).



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.2 Compactación del terreno.

En este punto el terreno se encuentra ya en las condiciones necesarias para colocar la cimentación. Cuando se tienen estructuras de grandes dimensiones es importante tomar en cuenta el tipo de cimentación más adecuada que ha de recibir las cargas, en este caso la mejor opción es utilizar una losa de cimentación, la cual se describe a continuación. Una losa de cimentación es una placa de concreto apoyada sobre el terreno o plantilla (tal como se muestra en la figura

5.3), reparte el peso y las cargas del edificio o estructura sobre toda la superficie de apoyo.



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.3 Armado de losa de cimentación.

Las losas de cimentación se emplean sólo cuando es necesario transmitir al suelo esfuerzos de poca magnitud, por ejemplo, en suelos muy blandos o deformables donde esfuerzos altos en el suelo producirán hundimientos que se consideren importantes.

La función de la losa de cimentación es formar una placa que soporte toda la estructura que se apoyará sobre ella. Está formada por cadenas o trabes de repartición y la propia losa.

5.3 Armados

El armado es el esqueleto de la estructura, el cual otorgará a los elementos de concreto una mayor resistencia y elasticidad, éste representa una parte importante desde el punto de vista económico y funcional. Si se analiza desde el punto de vista económico se tiene que, al ser manejado en grandes volúmenes éste puede incrementar o disminuir los costos de la obra, de ahí la importancia de realizar los cálculos necesarios para obtener un dimensionamiento adecuado de las cantidades de acero necesarias al momento de construir, así tenemos que, un sobredimensionamiento incrementará los costos de manera innecesaria, por el contrario si se tiene un cálculo erróneo en el cual haya un déficit de acero, éste repercutirá nuevamente en los costos, esta vez de manera favorable, sin embargo

la parte funcional se verá comprometida inevitablemente al grado de que pueda afectar el correcto desempeño de los elementos involucrados, por lo tanto lo ideal será calcular y obtener un volumen óptimo del acero que será utilizado.

Para observar mejor los diferentes tipos de armados que se utilizan es preciso analizar cada una de las partes que componen la PTAR, por tal motivo, a continuación, se hará una descripción de cada una de ellas.

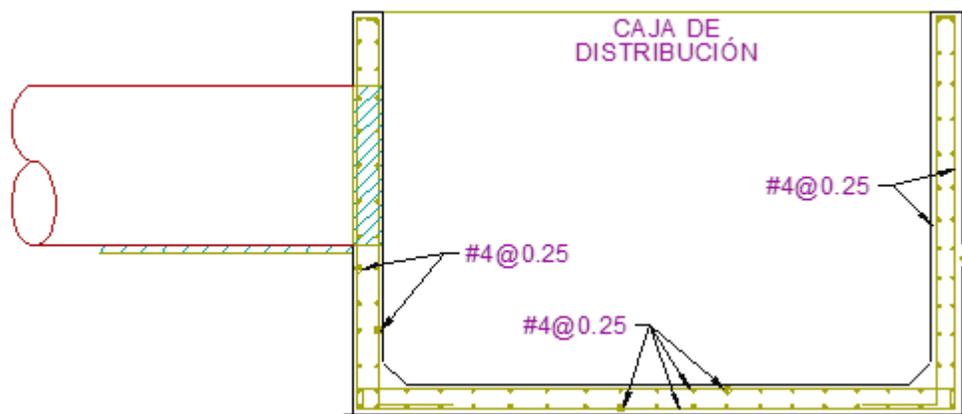
Especificaciones generales del acero de refuerzo según proyecto

- El acero con diámetro mayor o igual a 3/8" (#3) tendrá un $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
- El acero de 1/4" (#2) tendrá un $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.
- En traveses, el primer estribo se colocará a 3 cm a partir del paño de apoyo, grapas terminarán con un doblado a 135° y con una longitud mínima de 12 diámetros.
- Acero estructural (placa $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$), (Flores, 2015).

Tren de tratamiento de aguas residuales

Pre tratamiento.

Como se observa en la figura 5.4, En la caja de distribución tanto el muro perimetral como la losa de cimentación están armados con varillas del No. 4 (1/2") a cada 25 centímetros en ambas direcciones formando así parrillas de 25 cm x 25 cm. Debido a que tanto la caja de distribución como las demás estructuras (a excepción del canal desarenador) estarán en contacto con líquido llevan un armado doble. Se tienen dos parrillas una en cada cara del muro perimetral, la losa de cimentación cuenta con una parrilla tanto en su lecho superior como en el inferior.



Fuente: Flores, 2010

Figura 5.4 Armado en caja de distribución.

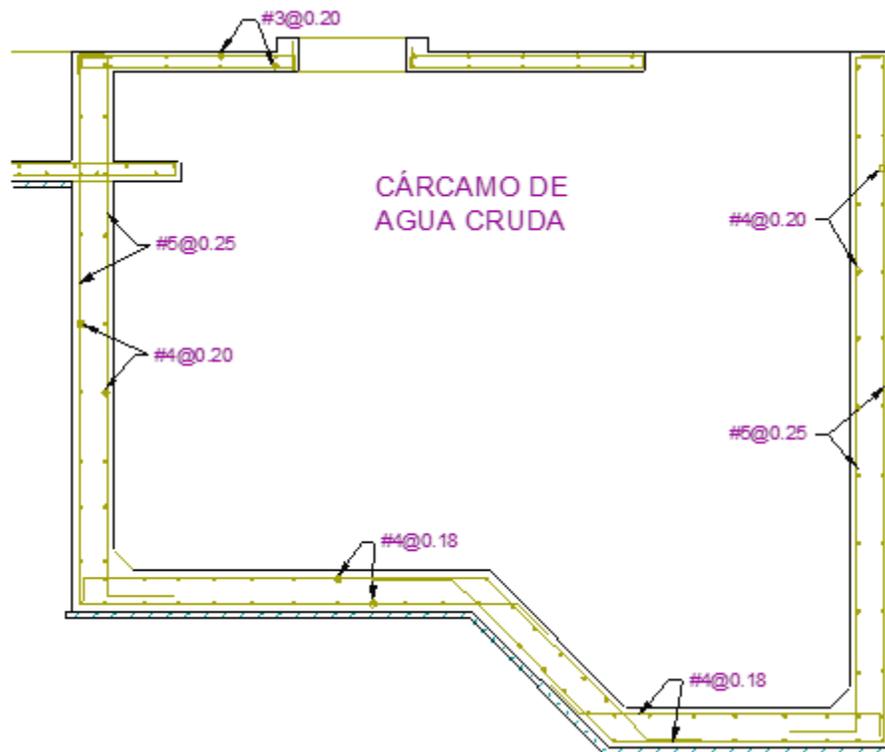
El canal desarenador tiene una losa de cimentación armada con varillas del No. 3 (3/8") a cada 20 centímetros en ambas direcciones, formando así una parrilla de 20 cm x 20 cm colocada en su lecho inferior; tal como se puede apreciar en la figura 5.5. Los muros tanto perimetrales como interiores cuentan con varillas del mismo calibre y en la misma disposición sólo que la parrilla está colocada en el eje central de éstos. Este es el único elemento que llevará un armado simple debido a que no contendrá volúmenes importantes de líquido.



Fuente: Flores, 2010

Figura 5.5 Armado en canal desarenador (corte transversal).

El muro perimetral del cárcamo de aguas crudas está armado con varillas del número 5 colocadas verticalmente a una separación de 25 cm, mientras que en la otra dirección se tienen varillas del número 4 separadas a cada 20 cm, formando parrillas de 25 cm x 20 cm colocadas en ambas caras. Para la losa de cimentación se tienen varillas del número 4 colocadas a cada 18 cm en ambas direcciones en ambos lechos. En la parte superior se tiene una losa armada con varillas del número 3 colocadas a cada 20 cm en ambas direcciones en ambos lechos; tal como se muestra en la figura 5.6.



Fuente: Flores, 2010

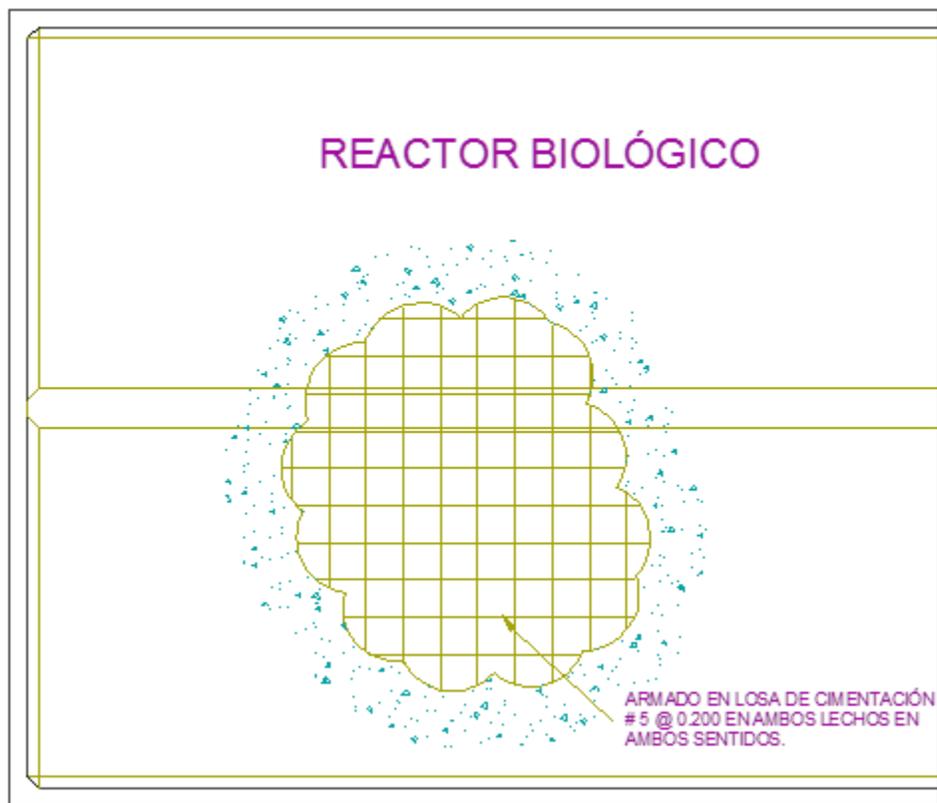
Figura 5.6 Armado en cárcamo de agua cruda.

Tratamiento primario

Reactor Biológico

El reactor biológico es la estructura que tiene que soportar un mayor peso debido a que contendrá un mayor volumen de líquido, a continuación, se describe el armado con el cual está compuesto.

La losa de cimentación del reactor está armada con varillas del número 5 (5/8") a cada 20 cm en ambos sentidos formando parrillas de 20 cm x 20 cm colocadas en ambos lechos de la losa; tal como se aprecia en las figuras 5.7 y 5.8.



Fuente: Flores, 2010

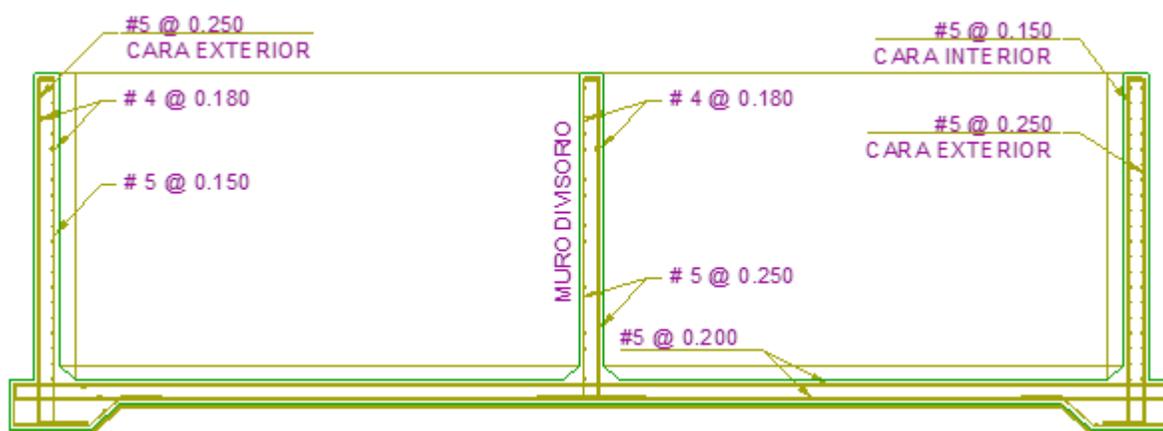
Figura 5.7 Armado en losa de cimentación de reactor biológico (plano).



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.8 Armado en losa de cimentación de reactor biológico (obra).

El muro perimetral está armado con varillas del No. 4 y No. 5, las varillas del número 5 están colocadas de manera vertical a cada 25 cm y las del número 4 se encuentran a cada 18 cm en el otro sentido formando así una retícula de 25 cm x 18 cm en la cara exterior del muro perimetral. La cara interior está armada con acero del mismo calibre con la diferencia de que las varillas del número 5 se encuentran a cada 15 cm, mientras que las del número 4 se encuentran a cada 18 cm; tal como se observa en la figura 5.9. El muro divisorio cuenta con varillas del número 5 a cada 25 cm en sentido vertical y varillas del número 4 a cada 18 cm en el otro sentido, formando parrillas de 25 cm x 18 cm en ambas caras del muro.

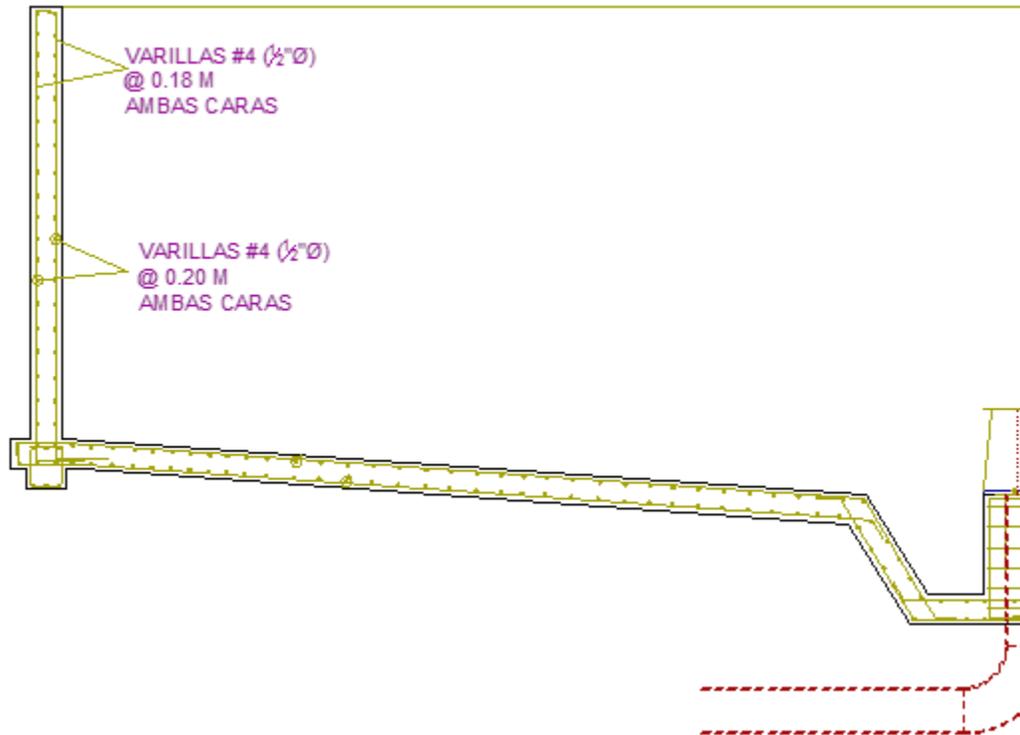


Fuente: Flores, 2010

Figura 5.9 Armado en muros de reactor biológico.

Sedimentador Primario

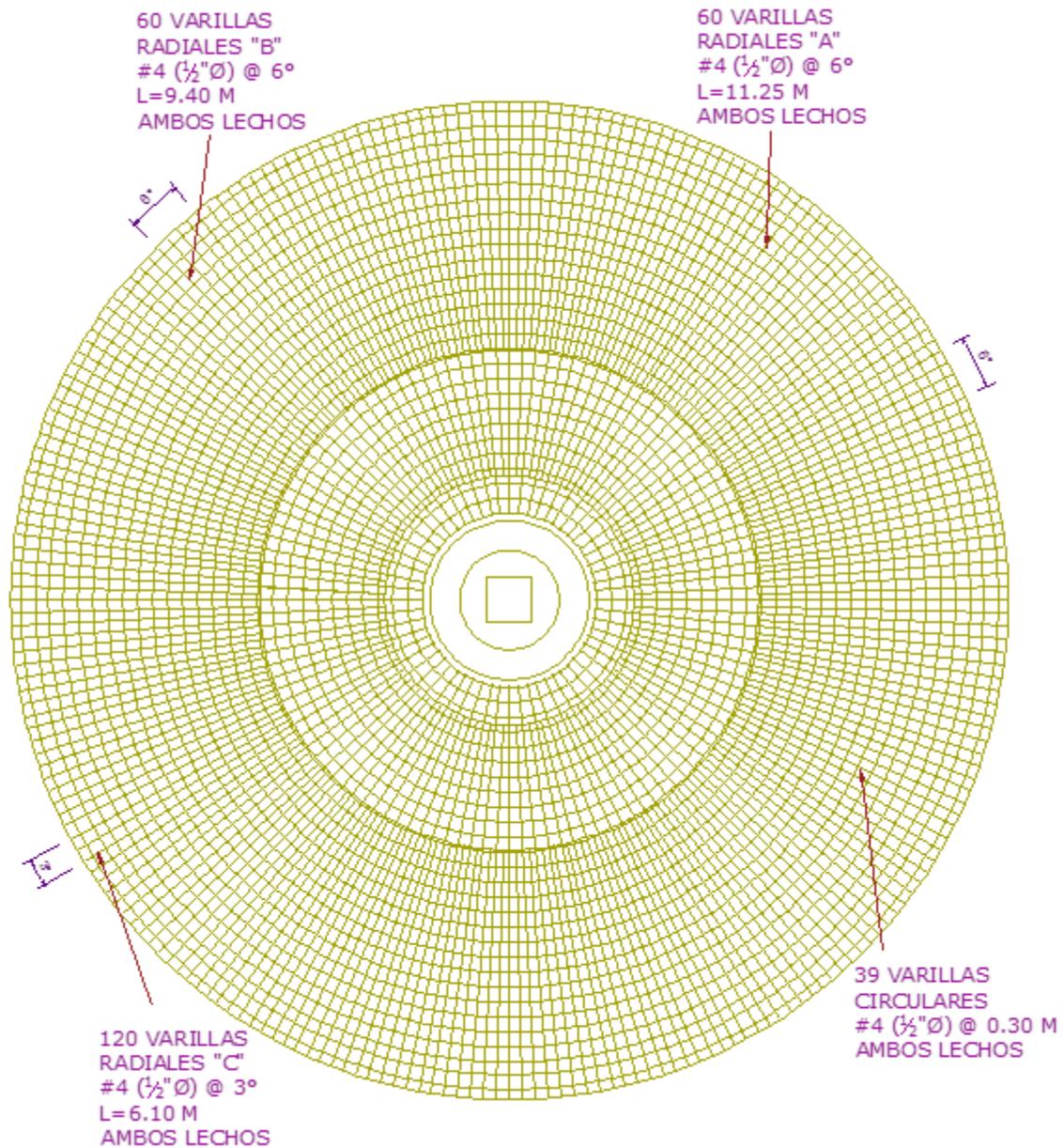
El Sedimentador es la estructura que cuenta con el armado más peculiar debido a su forma cilíndrica. Para el muro se cuenta con varillas del número 4 colocadas verticalmente a cada 18 cm y a cada 20 cm en el otro sentido formando parrillas de 18 cm x 20 cm que se colocarán en ambas caras del muro, tal como se muestra en la figura 5.10.



Fuente: Flores, 2010

Figura 5.10 Armado en muro de Sedimentador primario.

Para la losa de cimentación debido a que las varillas se encuentran colocadas de forma radial, éstas están separadas en grados. Se tienen varillas del No. 4 catalogadas como A, B y C según sus diferentes longitudes, las del tipo A y B se encuentran separadas a cada 6° , mientras que las del tipo C lo están a cada 3° ; tal como se muestra en la figura 5.11. En el otro sentido se tienen varillas también del número 4 colocadas de manera concéntrica a una distancia de 30 cm una de otra, las parrillas formadas están colocadas en ambos lechos de la losa de cimentación.



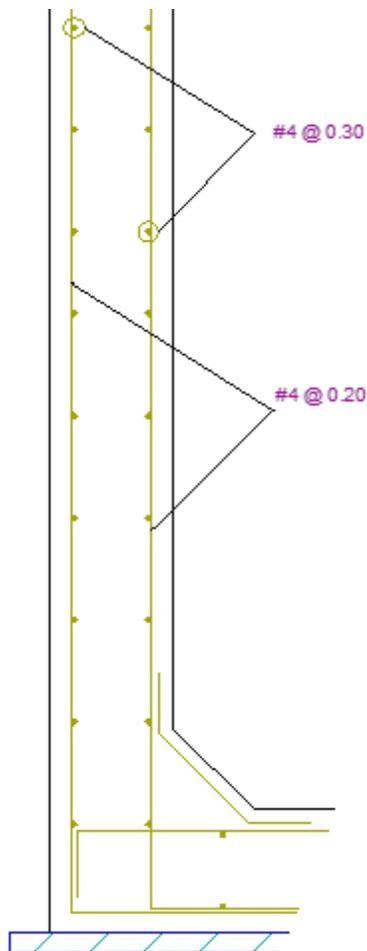
Fuente: Flores, 2010

Figura 5.11 Armado en losa de Sedimentador primario.

Tratamiento Secundario

Tanque de contacto de cloro.

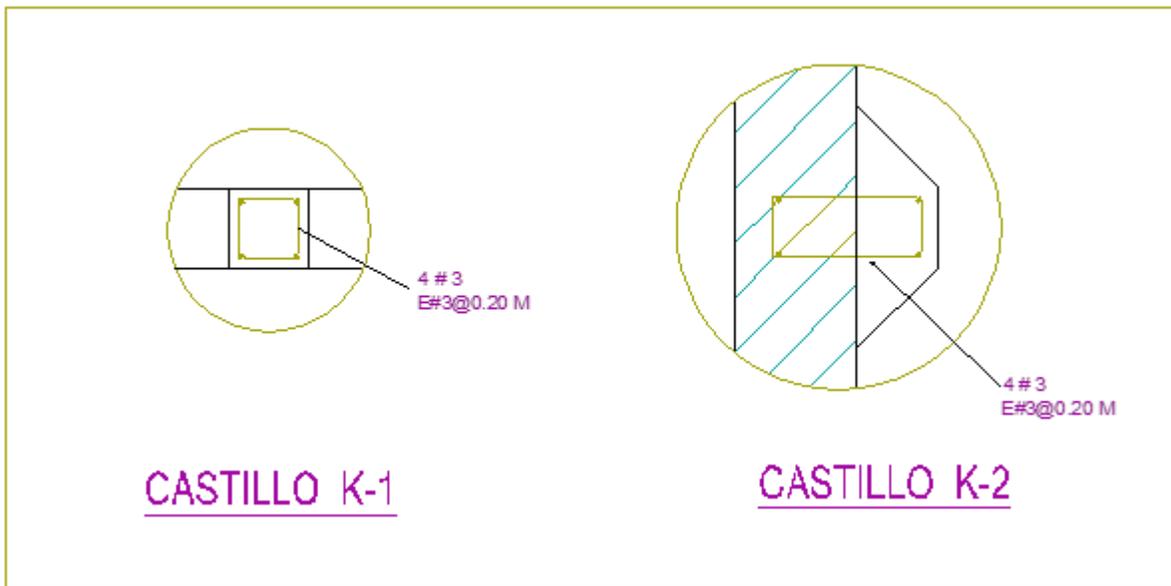
El armado en el muro perimetral está compuesto por varillas del No. 4 colocadas de forma vertical a cada 20 cm y a cada 30 cm en el otro sentido formando parrillas de 20 cm x 30 cm colocadas en ambas caras; tal como se muestra en la figura 5.12.



Fuente: Fuente: Flores, 2010

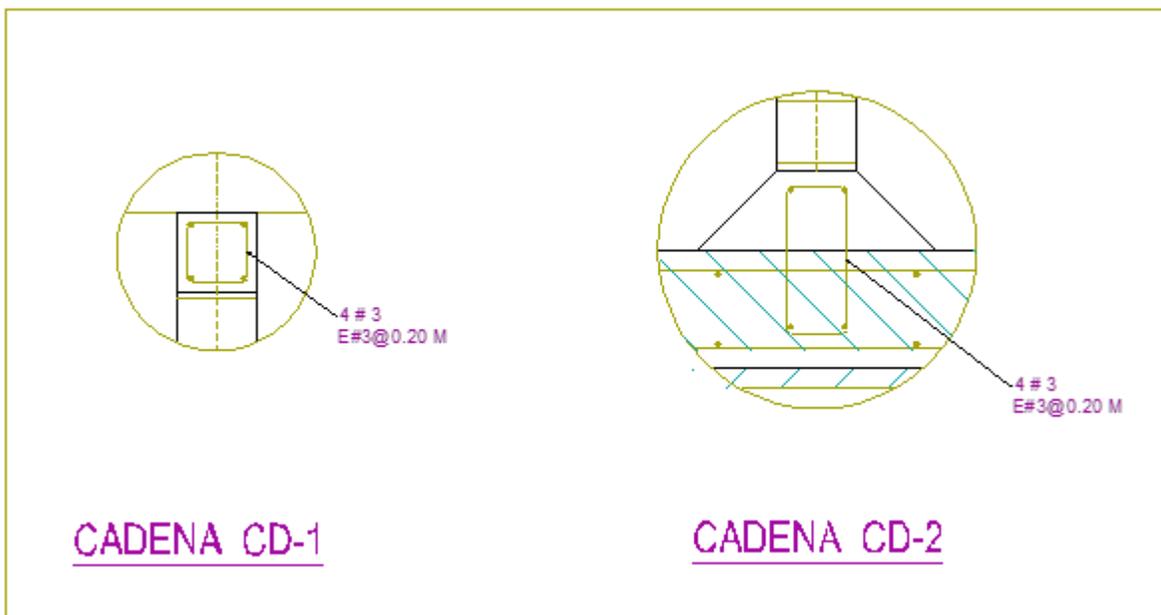
Figura 5.12 Armado en muro de tanque de contacto de cloro.

Las mamparas al estar hechas a base de tabicón cuentan con elementos como castillos y cadenas a diferencia de los muros de concreto armado. Existen dos tipos de castillos, K-1 y K-2, ambos cuentan con varillas del No. 3 con estribos colocados a cada 20 cm; tal como se muestra en la figura 5.13. Para las cadenas se cuenta también con dos tipos, CD-1 y CD-2, las cuales también están armadas con varillas del No. 3 con estribos colocados a cada 20 cm; como se muestra en la figura 5.14.



Fuente: Flores, 2010

Figura 5.13 Armado en castillos de tanque de contacto de cloro.



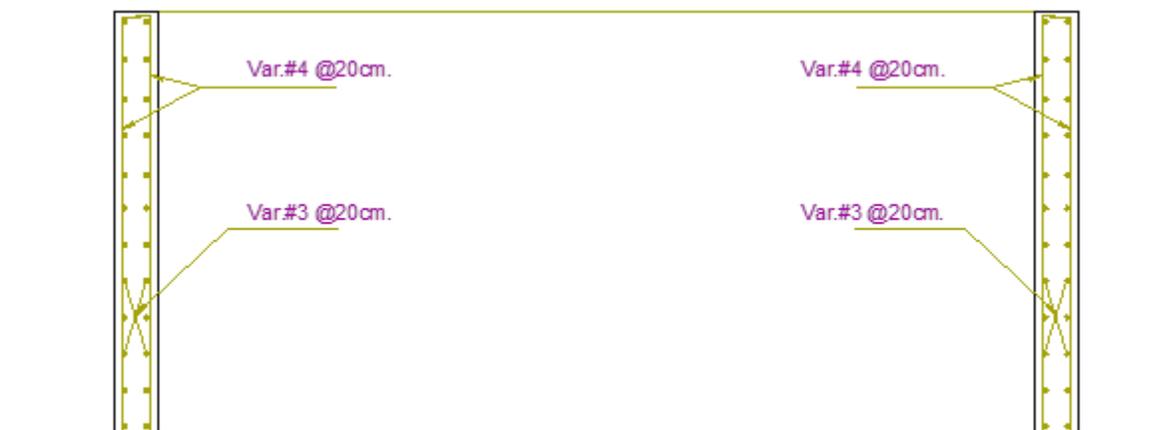
Fuente: Flores, 2010

Figura 5.14 Armado en cadenas de tanque de contacto de cloro.

Tren de tratamiento de lodos

Cárcamo de recirculación de lodos

Para el muro perimetral del cárcamo de recirculación de lodos se tiene un armado compuesto por varillas del No. 4 colocadas de forma vertical a cada 20 cm y varillas del No. 3 en la otra dirección colocadas también a cada 20 cm; tal como se muestra en la figura 5.15, formando así parrillas de 20 cm x 20 cm colocadas en ambas caras del muro perimetral.



Fuente: Flores, 2010

Figura 5.15 Armado en muro perimetral de cárcamo de recirculación de lodos.

El armado de la losa de cimentación del cárcamo de recirculación consta de varillas del No. 3 colocadas a cada 20 cm en ambas direcciones en ambos lechos de la losa; tal como se muestra en la figura 5.16.

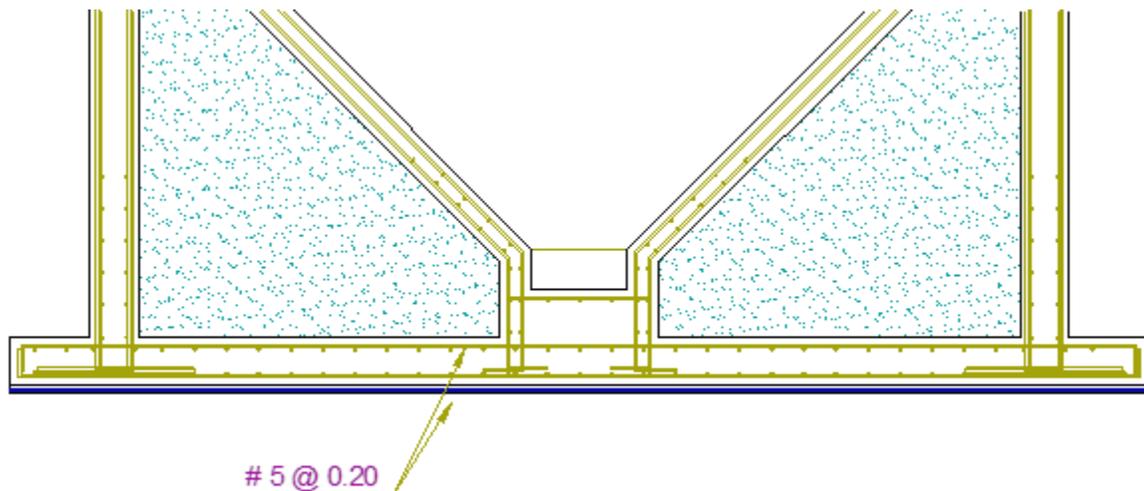


Fuente: Flores, 2010

Figura 5.16 Armado en muro perimetral de cárcamo de recirculación de lodos.

Espesador de lodos

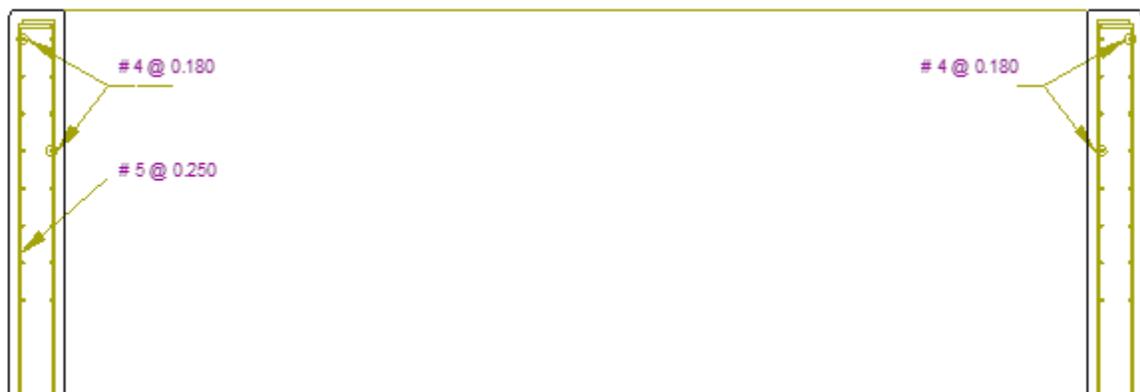
El espesador de lodos cuenta con un armado en su losa de cimentación compuesto por varillas del No. 5 colocadas a cada 20 cm en ambas direcciones y en ambos lechos formando parrillas de 20 cm x 20 cm; tal como se muestra en la figura 5.17.



Fuente: Flores, 2010

Figura 5.17 Armado en losa de cimentación de espesador de lodos.

Para los muros del espesador de lodos se tienen varillas del No. 5 colocadas de forma vertical a cada 25 cm y varillas del No. 4 colocadas en el otro sentido a cada 18 cm, formando así retículas de 25 cm x 18 cm colocadas en ambas caras del muro; tal como se muestra en la figura 5.18.

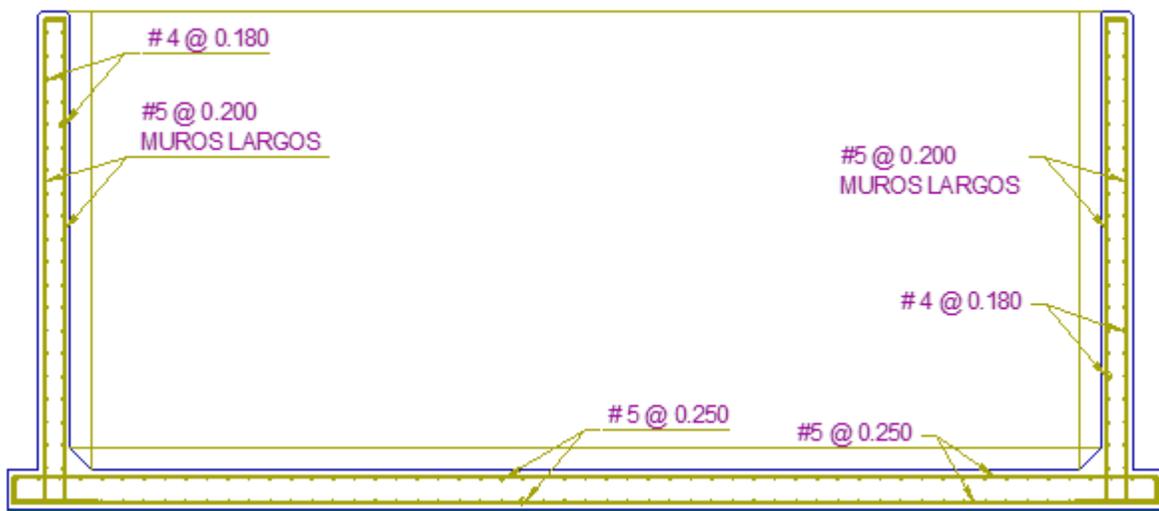


Fuente: Flores, 2010

Figura 5.18 Armado en muros de espesador de lodos.

Digestor de lodos

El digestor de lodos cuenta con un armado diferente para su muro perimetral, el cual está en función de su longitud, por lo tanto, en este caso se hablará de muros largos y muros cortos. Para los muros largos se tiene un armado con varilla del No. 5 a cada 20 cm colocadas de forma vertical y varillas del No. 4 colocadas en el otro sentido a cada 18 cm formando parrillas de 20 cm x 18 cm colocadas en ambas caras del muro. Para la losa de cimentación se tienen varillas del No. 5 a cada 25 cm en ambos sentidos y colocadas en ambos lechos de la losa; tal como se muestra en la figura 5.19.



Fuente: Flores, 2010

Figura 5.19 Armado en muros y losa de cimentación de digestor de lodos.

Al igual que los muros largos, los muros cortos tienen varilla del No. 5, a diferencia de que en éstos la separación es de 25 cm, formando parrillas de 25 cm x 25 cm que están colocadas en ambas caras de los muros.

Filtro prensa

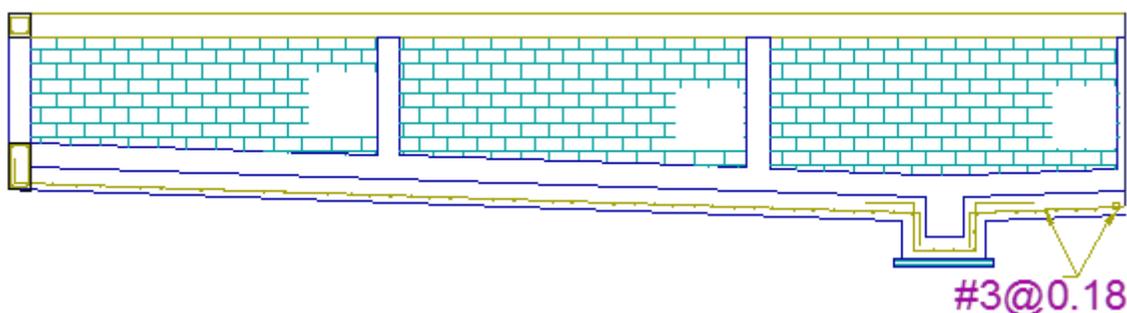
El filtro prensa forma parte del proyecto, mas no se llevó a cabo al final debido a que implicaba grandes costos de operación, por tal motivo sólo se mencionará pero no se abordará como tal en el proceso constructivo.

Lechos de secado de lodos

Debido a que el lecho de secado de lodos cuenta con muros de tabicón se tienen elementos como cadenas y castillos, por lo tanto el armado estará concentrado en la losa de cimentación de los lechos, en sus cadenas y castillos.

Como podemos observar en la figura 5.20, la losa de cimentación cuenta con un armado conformado por varillas del No. 3 colocadas a cada 18 cm en ambos sentidos en su lecho inferior.

El tipo de cadenas utilizadas son del tipo CD-1 y CD-2 y los castillos son del tipo K-1, los mismos ya descritos en el tanque de contacto de cloro.



Fuente: Flores, 2010

Figura 5.20 Armado en lechos de secado de lodos.

5.4 Colado de concretos

Según el manual de agua potable alcantarillado y saneamiento (MAPAS) en su libro número 12 llamado “diseño estructural de recipientes” se especifica lo siguiente:

El colado se hará en forma continua, sin interrupciones, hasta terminar totalmente lo programado del elemento estructura y dejando únicamente aquellas juntas de colado que indique el proyecto.

La compactación y acomodo del concreto se hará de tal manera que se llenen totalmente los moldes sin dejar huecos dentro de la masa del concreto y cubriendo de una manera efectiva el acero de refuerzo.

No se efectuarán colados cuando este lloviendo.

Durante el colado del concreto, la altura de vaciado máxima permisible, será de 1.20 m. La colocación del concreto no deberá ser directa sobre embebidos emparillados muy cerrados o cualquier objeto que provoque la segregación (CNA, 2007).

El colado de concretos consiste en verter o vaciar el concreto en un molde que lo contenga (cimbra), adoptando la forma que se requiera dependiendo de la función que éste deba de cumplir. La elaboración del concreto depende en gran medida de la magnitud de la obra que se realice, es decir, si se trata de una obra pequeña lo ideal será elaborar el concreto en la obra evitando así un sobre costo debido a gastos adicionales como transporte. En cambio, si se trata de una obra de dimensiones importantes (como en este caso), se tendrá que mandar hacer un concreto a una planta que proporcione grandes volúmenes para abastecer la demanda requerida. Es importante realizar las pruebas necesarias al concreto que se ha de utilizar en la obra ya que tiene que cumplir con ciertas especificaciones que garanticen un comportamiento adecuado de las estructuras. La prueba del revenimiento (tal como se muestra en la figura 5.21) es la primera prueba que se le realiza al concreto antes de colarse, consiste en medir la fluidez o consistencia de éste y brinda un parámetro del cual dependerá si el concreto entregado es aceptable o no para utilizarse en el trabajo que se requiere.



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.21 Prueba de revenimiento.

Después se procede a realizar el llenado de cilindros (tal como se muestra en la figura 5.22) para posteriormente realizar las pruebas de compresión del concreto para corroborar la resistencia de éste.



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.22 Llenado de cilindros en obra.

La forma de suministrar el concreto para ser colocado puede variar dependiendo de las condiciones del terreno o de la altura a la que se deba de colar; tal como se muestra en las figuras 5.23, 5.24 y 5.25.



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.23 Colado de concreto de forma directa utilizando una media caña.



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.24 Concreto bombeado en el sitio de colado.



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.25 Colado de concreto.

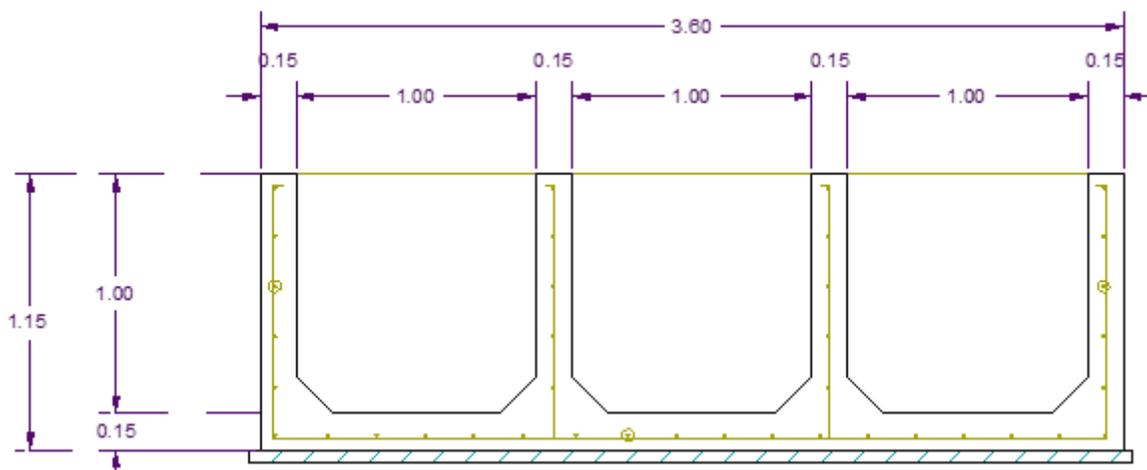
5.5 Muros utilizados

Según el manual de agua potable alcantarillado y saneamiento (MAPAS) en su libro número 13 llamado “diseño, construcción y operación de tanques de regulación” se especifica lo siguiente:

Los muros de concreto reforzado con altura mínima de 3.0 m y que estén en contacto con el agua deben tener un espesor mínimo de 30 cm. En términos generales el espesor mínimo de cualquier elemento estructural en contacto con el agua es de 15 cm. Se requerirá un mínimo de 20 cm. en donde se desee un recubrimiento de concreto de 5 cm. (CNA, 2007).

Tomando en cuenta esto, se analizarán sólo los muros críticos, es decir, los que contendrán una mayor y una menor cantidad de volumen, ya que son los que cuentan con los muros de mayor y menor altura respectivamente.

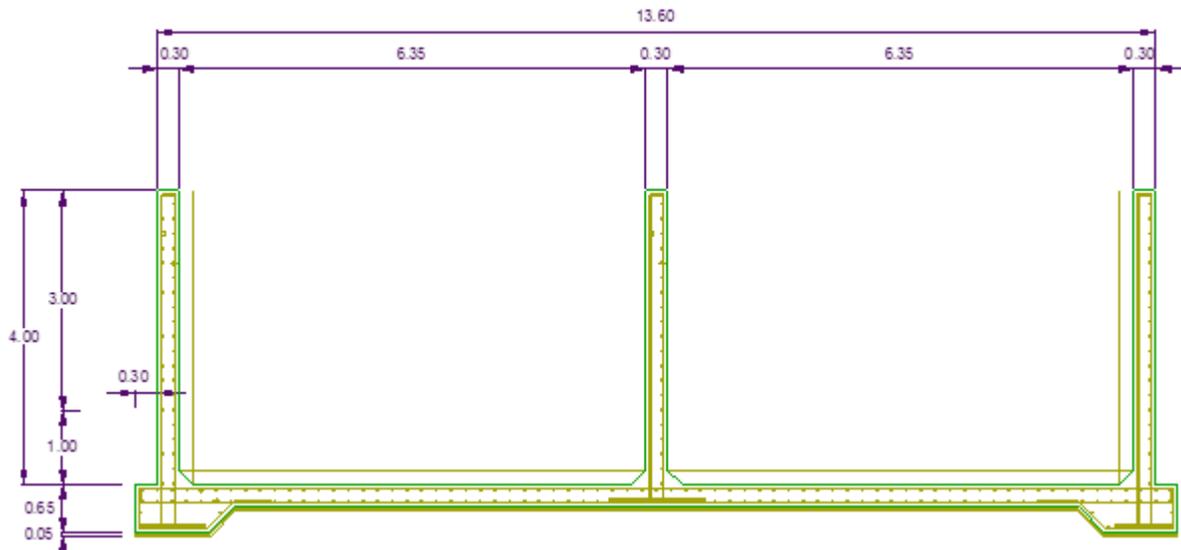
Los muros que tienen una menor altura son los que se encuentran en el canal desarenador (tal como se puede observar en la figura 5.26) y su altura es de 1.00 m, su espesor es de 15 cm atendiendo a lo especificado en el MAPAS en su libro número 13.



Fuente: Flores, 2010

Figura 5.26 Espesor en muros de canal desarenador.

Debido a que la planta de tratamiento está conformada por estructuras de grandes dimensiones, varias de ellas tienen una altura superior a los 3.00 m, por lo que en todas ellas se utilizaron muros con un espesor mínimo de 30 cm, para fines prácticos sólo se analizará una, en este caso será el reactor biológico (tal como se puede observar en la figura 5.27).



Fuente: Flores, 2010

Figura 5.27 Espesor en muros de reactor biológico.

Es importante señalar que los muros de las estructuras que contengan cualquier tipo de líquido (agua en este caso) deberán de ser colados de manera monolítica para evitar infiltraciones y fugas, en caso de que las condiciones no permitan realizar lo anterior mencionado, se tendrá que utilizar una junta de dilatación; tal como se muestra en la figura 5.28.



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.28 Junta de dilatación.

5.6 Equipamiento electromecánico

Al hablar de equipo electromecánico se hace referencia a todo aquel elemento que funciona con partes eléctricas y mecánicas a su vez, tal es el caso de los diferentes tipos de motores, es este subtema se mencionará dicho equipamiento.

- Bombas sumergibles de 25 HP (tal como se muestra en la figura 5.29).



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.29 Bombas sumergibles de 25 HP.

- Sopladores del tipo regenerativo de 50 HP (tal como se muestra en la figura 5.30)



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.30 Sopladores tipo regenerativo.

- Bombas sumergibles de 15 HP.
- Motores de 1.5 HP (Tal como se muestra en las figuras 5.31).



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.31 Motor de 1.5 HP.

- Compresores de 25 HP.
- Bombas de 3 HP (Tal como se muestra en las figuras 5.32).



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.32 Bombas de 3 HP.

- Motor polipasto de 1 HP (tal como se muestra en la figura 5.33)



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.33 Transformador de 750 KVA.

5.7 Energía eléctrica

- Planta de emergencia.

La planta de emergencia se utilizará en los casos específicos en que ocurra una interrupción de energía eléctrica; esta planta estará accionada mediante un motor diésel que generará la tensión de voltaje necesario a 440/220/127 (tal como se muestra en la figura 5.34); suficiente para la alimentación del sistema.



Figura 5.34 Planta de emergencia.

- Tablero eléctrico 220/127 V.

Que es la parte principal de la instalación eléctrica, es donde se tienen todos los dispositivos de seguridad y maniobra de los circuitos eléctricos que componen dicha instalación.

- Transformador de 750 KVA (tal como se muestra en la figura 5.34)

Se trata de un dispositivo electromagnético que será el encargado de pasar la energía eléctrica de un alta a una baja tensión.

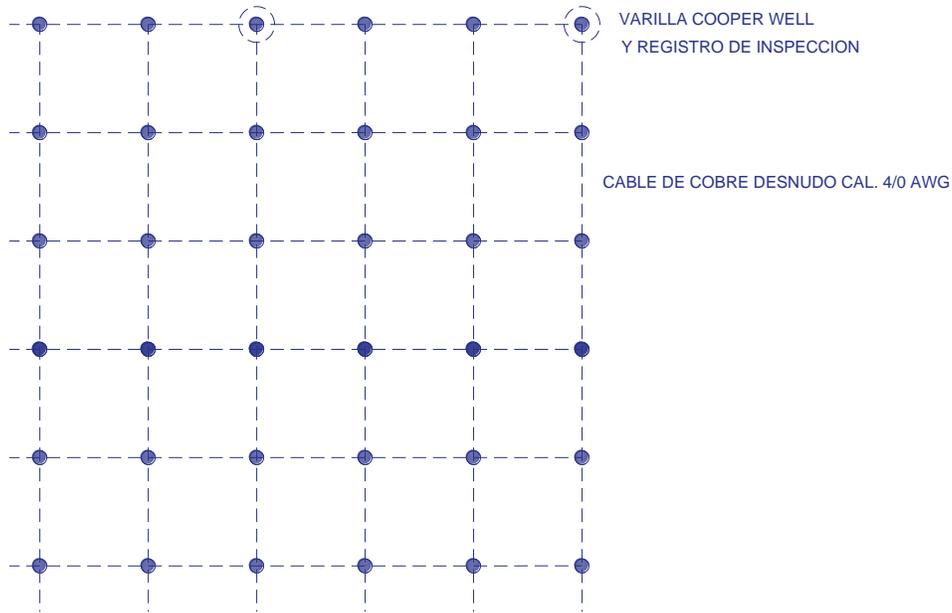


Fuente: Torres, 2012

Figura 5.34 Transformador de 750 KVA.

5.8 Sistema de puesta tierra

El sistema de puesta a tierra tiene como finalidad prevenir choques o descargas eléctricas producidas por condiciones atmosféricas que pudieran propiciar cargas electrostáticas en el ambiente, protegiendo así tanto al personal como al equipo eléctrico con el que se cuenta en la PTAR. El sistema está compuesto por cable de cobre desnudo de diferentes calibres (4/0, 1/0, y 6 AWG) y varillas cooper well con su respectivo registro de inspección; tal como se muestra en la figura 5.35.



Fuente: Flores, 2010

Figura 5.35 Sistema de puesta a tierra.

5.9 Alumbrado

El sistema de alumbrado está compuesto por luminarias led solares montadas sobre postes cónicos de acero de 6 metros de longitud y base de concreto; tal como se muestra en a figura 5.36.



Fuente: Torres, 2012

Figura 5.36 Luminarias led solares.

Además, se cuenta con luminarias tipo reflector de aditivos metálicos de 400 W, ubicadas a la entrada de la PTAR, montadas en estructura tubular de acero de 1 metro de longitud y montadas en muro de mampostería; tal como se muestra en la figura 5.37.



Figura 5.37 Luminarias tipo reflector.



Capítulo 6.

Análisis del funcionamiento de la planta

6 Análisis del funcionamiento de la planta

En este tema se hablará acerca del proceso que se lleva a cabo en cada una de las diferentes etapas que componen la PTAR, desde que el agua residual entra hasta que sale de una manera tratada, describiendo así los tres trenes de tratamiento (tren de tratamiento de agua residual, tren de tratamiento de lodos y tren de tratamiento terciario o avanzado) dispuestos tal como se muestra en el proyecto describiendo así el proceso de lodos activados. De manera que primero se analizará el tren de tratamiento de agua residual.

6.1 Tren de tratamiento de agua residual

Influente

Se le conoce como influente, a la tubería que interconecta al sistema de alcantarillado con la PTAR; y es la parte de llegada donde las aguas residuales entran a la planta para ser tratadas. El sistema de alcantarillado debe de estar compuesto por un sistema de atarjeas, que son las tuberías que reciben las descargas domiciliarias de la población para después pasar a una tubería de mayor diámetro llamada subcolector, luego el sistema de subcolectores se deberán conectar a los colectores para que al final éstos se conecten a una sola tubería llamada emisor, ésta recibirá toda el agua residual del sistema de colectores, de manera que el emisor la canalice a la PTAR, de tal forma que el emisor es el a lo que se le llama influente. El detalle del influente se puede apreciar en la figura 4.4.

Pre tratamiento

El pre tratamiento corresponde a la primera de las etapas del proceso de una planta de tratamiento de aguas residuales, en él se realiza la remoción de los elementos de mayor tamaño que arrastra el agua residual, como son: botellas, hojas, ramas, botellas de plástico y todo tipo de basura, de manera que el agua que entra a las etapas subsecuentes esté libre de toda partícula gruesa que pudiera afectar el correcto funcionamiento de los equipos electromecánicos con los que se cuenta.

Una vez que el agua residual ingresa a la planta se encuentra con una caja derivadora; tal como se muestra en la figura 6.1, en donde se tienen tres compuertas de guillotina que serán las encargadas de dejar pasar el agua por cada uno de los canales desarenadores (se tienen tres canales desarenadores).



Figura 6.1 Caja derivadora.

El agua se deja pasar por una compuerta de guillotina para luego fluir a través de un canal desarenador (tal como se muestra en la figura 6.2) cuya función es propiciar el asentamiento de las partículas de arena de mayor tamaño, éste cuenta con dos tipos de cribado que se realizan mediante rejillas gruesas y finas respectivamente, en las cuales se retendrá la basura que arrastra el agua residual, la remoción de los desechos que se encuentren retenidos en dichas rejillas se realizará de forma manual, por lo cual deberá de estar en constante monitoreo. Una vez que se ha realizado la remoción de las partículas de mayor tamaño, el agua pasa por un medidor de flujo que en este caso es un vertedor tipo sutro y sirve para realizar una medición o aforo del volumen de aguas residuales que ingresan.



Figura 6.2 Canal desarenador.

También se tendrá que hacer la remoción de los lodos producidos por la sedimentación en los canales, la manera de hacerlo será de forma manual cerrando la compuerta del canal y poniendo en funcionamiento alguno de los otros dos, de manera que no se interrumpa el flujo de las aguas residuales.

El agua cruda pasa posteriormente a un cárcamo de bombeo; tal como se muestra en la figura 6.3, donde se canalizará a la siguiente etapa del proceso; el tratamiento primario.



Figura 6.3 Cárcamo de bombeo.

Tratamiento primario

En esta parte del proceso, es donde se realiza la degradación de la materia, el agua pasa a los reactores biológico (tanques de aireación); tal como se muestra en la figura 6.4, que son contenedores superficiales que tienen microorganismos encargados de degradar la materia mediante un proceso de aireación llevado a cabo a través de motores (sopladores) que se encargan de proporcionar oxígeno mediante tuberías que conducen el aire a un sistema de difusores de burbuja fina colocados en el fondo del tanque, de manera que se oxigene el agua propiciando las condiciones necesarias para que los microorganismos cumplan su función natural. Para que la materia sea degradada de una forma adecuada se tendrá un tiempo de retención hidráulico que garantizará lo anterior mencionado.



Figura 6.4 Reactor biológico.

Posteriormente el agua pasa a un sedimentador primario (tal como se muestra en la figura 6.5), se trata de un tanque de forma circular que será el encargado de propiciar la precipitación de las partículas de mayor tamaño hacia el fondo del éste, eliminando así la turbiedad, de manera que el agua se clarifique en el proceso, se recomienda un tiempo de retención de 1.5 hr.



Figura 6.5 Sedimentador primario.

Tratamiento secundario

Esta es la parte del proceso en la cual se remueven los organismos patógenos a través de la cloración del agua, de ahí recibe su nombre el siguiente elemento, el tanque de contacto de cloro (tal como se muestra en la figura 6.6), es un tanque que cuenta con mamparas que permiten que el agua se demore en llegar del punto de entrada al punto al de salida, en él se suministra al agua ya clarificada una dosis de cloro (gas) que va de 2-8 mg/l para el proceso de lodos activados, en él se tendrá un tiempo de retención no menor de 15 minutos para garantizar la remoción de los microorganismos coliformes fecales (Metcalf & Eddy, 1996).



Figura 6.6 Tanque de contacto de cloro.

El agua que se obtenga durante el proceso llevado a cabo en el tren de tratamiento de aguas residuales deberá de cumplir con lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996, de manera que se garantice que el agua que se descargue a los bienes nacionales tenga la calidad adecuada para ser devuelta al cuerpo receptor.

6.2 Tren de tratamiento de lodos

El tren de tratamiento de lodos representa una parte muy importante del proceso llevado a cabo una la PTAR, ya que sin éste no habría una parte encargada de dar la disposición final adecuada a los lodos generados durante el proceso llevado a cabo en el tratamiento de las aguas residuales, de manera que la función de la misma planta se vería incompleta al estar favoreciendo la contaminación de las aguas nacionales y de los suelos, afectando los ecosistemas de las áreas donde se depositen. Su funcionamiento se describe a continuación:

El agua residual arrastra todo tipo de partículas de diferentes tamaños, las más gruesas (basura) son removidas en el pre tratamiento, pero las partículas más finas arrastradas a las partes subsecuentes generan lodos que deberán ser conducidos de alguna manera durante el proceso restante. El proceso como tal (lodos activados) consiste en aprovechar la materia orgánica presente en el agua residual, de manera que los microorganismos aerobios presentes en el reactor biológico la degraden, una vez que se lleva a cabo la degradación de la materia el agua pasa a un sedimentador primario o clarificador que será el encargado de remover las grasas y los aceites que por diferencia de densidades se encuentren en la superficie del líquido, por otro lado, las partículas que se sedimenten pasarán a una caja de válvulas y posteriormente a un cárcamo de recirculación de lodos (tal como se muestra en la figura 6.7) que cada cierto tiempo retornará los lixiviados al reactor biológico para asegurar que los microorganismos no sean arrastrados del todo en el proceso y por lo tanto se mantenga una concentración adecuada de organismos en el reactor.



Figura 6.7 Tanque de recirculación de lodos.

La otra parte de los lodos se conducirá a un espesador (tal como se muestra en la figura 6.8), que es un tanque que elimina la turbulencia producida por el flujo del agua, de manera que se favorezca la sedimentación de las partículas suspendidas, el producto de dicha sedimentación pasará a un digestor de lodos donde el agua nuevamente será oxigenada de manera que la materia orgánica presente se estabilice.



Figura 6.8 Espesador de lodos.

Finalmente, los lodos serán conducidos ya sea a hacia un filtro prensa el cual será el encargado de extraer el agua presente en los lodos a través de presión o hacia los lechos de secado de lodos (tal como se muestra en la figura 6.9), que son unos contenedores donde se deposita el lodo producto del tratamiento y se dejará deshidratar por el calor producido por la acción del sol.



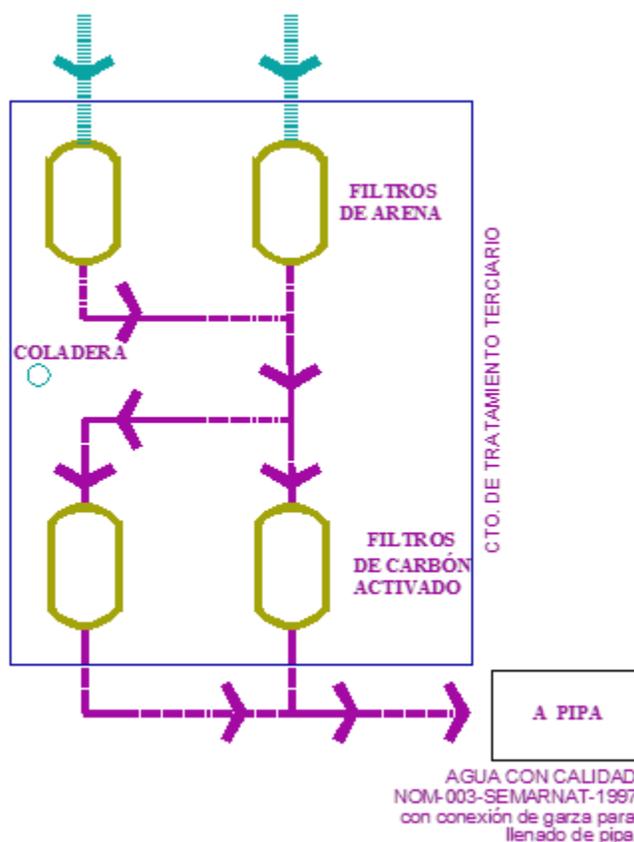
Figura 6.9 Lechos de secado de lodos.

El material resultado del proceso llevado a cabo en el tren de tratamiento de lodos será puesto a disposición final conforme a lo señalado en la NOM-004-SEMARNAT-2002.

6.3 Tren de tratamiento avanzado

El agua que será tratada conforme a la NOM-001-SEMARNAT-1996 en el tren de tratamiento de aguas residuales, es capaz de entregar un agua aceptable para ser descargada a las aguas y bienes nacionales; sin embargo, si se quiere tener un agua de reúso es necesario recurrir a la NOM-003-SEMARNAT-1997 y continuar con un tratamiento terciario o avanzado en el cual se obtendrá la remoción necesaria de los contaminantes que no son eliminados con la acción del tanque de contacto de cloro.

El tratamiento avanzado está compuesto por dos medios de remoción, que son: los filtros de arena y los filtros de carbón activado; tal como se muestra en la figura 6.10.



Fuente: Flores, 2010

Figura 6.10 Tratamiento avanzado.

El agua producto del tren de tratamiento de aguas residuales podrá ser dirigida hacia una cisterna o bien ser enviada hacia un cuerpo receptor. El agua de la cisterna pasará al cuarto de tratamiento terciario o avanzado para continuar con el proceso, donde primeramente pasa por los filtros de arena mediante un flujo lento

donde se realizará la remoción de los microorganismos como bacterias o virus, para luego pasar por los filtros de carbón activado, que están compuestos de un material con una alta cantidad de micro poros donde serán adheridas las partículas restantes que pudieran haber pasado a través de filtración de las arenas. El agua producto del tren de tratamiento avanzado tendrá que cumplir con lo establecido en la NOM-003-SEMARNAT-1997, cumplido esto, será puesta a disposición en pipas para su transporte para ser utilizada como agua de reúso.



Capítulo 7.

Costo del agua tratada

7 Costo del agua tratada

7.1 Costo del proyecto

Para la elaboración del proyecto ejecutivo de la planta de tratamiento de aguas residuales de la población de Apatzingán Michoacán, se realizó el proceso de licitación para la adjudicación del proyecto, realizado por el Arq. Omar Flores Guzmán, este proyecto lo solventó la CONAGUA, la Comisión Estatal del Agua y gestión de Cuencas; y el Municipio de Apatzingán bajo la modalidad tripartita. El costo del proyecto estuvo por el orden de \$750,000.00.

7.2 Costo de la obra, costo de operación y mantenimiento

El costo de la obra estuvo por el orden de \$30'000,000.00 en primera etapa; y \$38'000,000.00 en segunda etapa, para un total de **\$68'000,000.00 (sesenta y ocho millones de pesos)**. Según datos del organismo operador de agua potable.

Los costos de operación asociados al personal que laborará en la planta, serán los que se requieren para las diversas actividades rutinarias de manejo y operación, que con base en la infraestructura instalada se requiera; siendo estos los siguientes: equipo electromecánico, laboratorio, caseta de vigilancia, taller de mantenimiento, sistema de tratamiento en general incluyendo área administrativa; en este apartado se consideraron y fueron estimados los pagos de personal, según proyecto, bajo la consideración de 15 personas con sueldos diversos; para arrojar un monto general de personal de \$144,000.00 al mes, según el desglose mostrado en la tabla 7.1.

Tabla 7.1 Desglose de sueldos del personal de la planta

Personal	Cantidad	Sueldo mensual	Total
Administrador	1	\$25000.00	\$25,000.00
Secretaria	1	\$10000.00	\$10,000.00
Residente	2	\$18000.00	\$36,000.00
Laboratorista	2	\$12000.00	\$24,000.00
Vigilantes	3	\$5000.00	\$15,000.00
Operadores	4	\$5000.00	\$20,000.00
Técnico en mantenimiento	2	\$7000.00	\$14,000.00
		Suma	\$144,000.00

Para fines de operación y mantenimiento, la planta de tratamiento requiere de energía eléctrica y suministro de cloro gas, así como pagos por concepto de suministro de insumos básicos para el funcionamiento de adecuado del sistema.

Los costos por consumo de energía eléctrica fueron estimados, según proyecto al orden de 400 kw/hora; el consumo diario será de 4,800 kw/hora, al mes se tendrá

144,000 kw/hora. Por lo que el consumo de energía eléctrica, es según las cuotas aplicables por la CFE, para el mes de junio de 2016; cargo fijo, independiente de la energía consumida, \$344.89; cargo adicional por la energía consumida, \$1.893 por cada kilowatt-hora. El costo total mensual de consumo de energía eléctrica será de \$273,000.00.

El suministro de cloro estará determinado en función de la dosis de cloro y el gasto a tratar; el consumo mensual estimado será de 0.77 Ton de cloro gas; el costo en el mercado es de \$3,000.00 por cilindro de 1 tonelada nominal; por lo que el consumo será de \$2,310.00 al mes.

Otro de los consumos será el suministro de polímero para los filtros prensa, así como también el mantenimiento del sistema de tratamiento terciario, en el cual es necesario la sustitución de medio filtrante en cierto periodo de tiempo; considerando además los consumos de gasto corriente (papelería, laboratorio, consumos de taller de mantenimiento); para este rubro se tiene un consumo mensual de \$20,000 al mes.

De lo anterior, se tiene que los gastos totales de operación y mantenimiento son: **\$439,310.00 al mes**, por lo tanto, se tendrá un total anual de **\$5'271,720.00**.

7.3 Relación costo-beneficio

Para poder establecer la relación costo – beneficio, se tomó en cuenta los montos totales de proyecto, ejecución de la obra, así como los relacionados con la operación y el mantenimiento del sistema.

El presupuesto de la planta de tratamiento se elaboró con base en las Especificaciones Generales para la Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la CONAGUA y en el Catálogo General de Precios Unitarios para la Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la CONAGUA de 2012; considerando, según lo establecido, los precios para la zona 3, que corresponde a la zona geográfica “C” de la República Mexicana; ya que al estado de Michoacán, según lo establece La Comisión Nacional de los Salarios Mínimos en el Diario Oficial de la Federación con fecha del viernes 31 de diciembre de 2011 pertenece a esta zona; en tanto que los conceptos que no están incluidos en el mencionado catálogo, se obtuvieron directamente de las empresas proveedoras o fabricantes.

En el Municipio de Apatzingán el 13% de la población económicamente activa se dedica a la construcción, por lo que no se tuvieron problemas para contratar mano de obra durante la construcción de la planta de tratamiento.

El objetivo de este análisis, es determinar la viabilidad financiera del proyecto considerando que se subsidia la mayor parte de la inversión requerida. Las participaciones necesarias para la construcción y operación de la planta se obtendrán de acuerdo a la normatividad vigente, marcadas en el programa de estructura de inversiones del programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU); donde se plantea un esquema de financiamiento en el que intervienen los gobiernos Federal, Estatal y municipal aportando de manera tripartita y en conjunto un subsidio del 33.33% de la inversión.

La variable de mayor influencia en la determinación de la viabilidad del proyecto, es la tarifa que será cobrada por concepto de saneamiento a los usuarios del servicio de agua potable y alcantarillado; misma que se verá reflejada en los recibos de pago de agua, y que se deberá aplicar para el pago de la operación y mantenimiento de la planta.

El municipio de Apatzingán pagó la cantidad de \$ 22'666,000.00 a través de los ingresos propios incluyendo las cuotas de los usuarios de agua potable.

Los beneficios obtenidos con la construcción de la planta de tratamiento, son entre otros, a nivel social, económico, cultural, ambiental e incluso políticos; dado que reflejará un mejor indicador de vida social, tanto para la región como para el propio municipio.

La planta de tratamiento traerá sin duda beneficios a la población, puesto que se mejorarán de manera directa las descargas que se hacen en la actualidad al río Apatzingán, afluente del río Tepalcatepec, contribuyendo además a mejorar las condiciones de salubridad del cuerpo receptor, por lo que se beneficiarán a los habitantes de la región, fomentando además la reutilización del agua, tanto para fines agrícolas como riego de áreas verdes municipales.

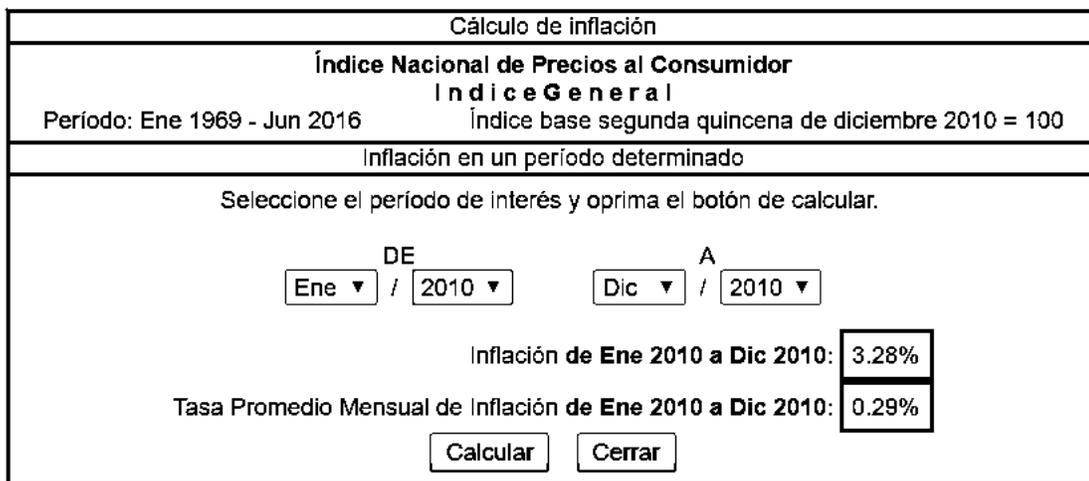
La mejora en las descargas de aguas al cuerpo receptor, beneficiará sin duda alguna al entorno ecológico, reforzando la agricultura, actividad preponderante de la que depende una gran cantidad de habitantes en la región.

En general, se mejorarán notoriamente las condiciones de descarga que se hacen actualmente al Río Apatzingán.

7.4 Costo por unidad de volumen de agua tratada

Para establecer la tarifa por saneamiento, se realizaron los análisis de costos, tal como se muestran en los apartados anteriores; se estableció una tasa financiera de retorno, con la finalidad de analizar las proyecciones económicas correspondientes, basadas en indicadores económicos de nuestro país; uno de ellos, es la inflación media anual, otro, es el incremento salarial respecto a los salarios mínimos y los costos actuales de mercado de los insumos básicos; esto con la finalidad de analizar con base en una tasa de interés proporcional y medida, para así poder determinar el costo a valor futuro y poderlo relacionar con el volumen anual a proyección de gasto futuro.

El costo a valor futuro de los gastos de operación y mantenimiento, tomando en cuenta una inflación de 3.28% según la figura 7.1, es de \$10'052,565/año; de lo anterior, y tomando en cuenta el gasto a tratar al final de la vida útil de la obra, se tendrá un volumen anual de 3'784,320 m³/año.



Fuente: INEGI, 2016

FIGURA 7.1 Tasa de inflación al año 2010.

Las consideraciones hechas para realizar la estimación del costo por metro cúbico de agua tratada, son las que a continuación se mencionan:

Gasto medio (2030)	120 lps
Tasa de interés	3.28 % anual
Periodo de análisis	20 años
Tiempo de construcción de la planta	1 año
Retorno de aguas residuales	75 %

El costo del agua tratada, involucra la inversión por concepto de la construcción total, así como los gastos totales de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, quedando, por lo tanto:

Costo total de construcción de la planta (*)	\$	68'000,000.00
Costo operación y mantenimiento anual	\$	5'271,720.00
Costo total de operación y mantenimiento (20 años)	\$	155'810,057.00
Costo total	\$	223'810,057.00
Volumen real a tratar en 20 años	m ³	70'585,679.00
Costo del agua tratada	\$/m³	3.17

(*) Incluye costos de capital, intereses durante la construcción, otros costos directos y costos indirectos.

- La tarifa debe proporcionar fondos para que el organismo opere la planta y pueda cubrir las anualidades por concepto de operación y mantenimiento correspondiente a nómina de trabajadores en la planta, así como consumos de energía eléctrica, reactivos químicos e insumos en general.
- La tarifa debe ser tal que los beneficios obtenidos por la operación de la planta produzcan un valor presente neto de la inversión mayor que cero.

El primer punto, se refiere a que el organismo operador tenga la solvencia económica para solventar los gastos anuales de operación y mantenimiento, y que estará sujeta a los ingresos de facturación de la cantidad de metros cúbicos tratados y de la eficiencia en la cobranza. El segundo punto, fue considerado para acercar la tarifa lo más posible a valores que hacen del proyecto una inversión rentable.

Así mismo, se considera que los fondos para pagar por los servicios de saneamiento serán recaudados de los usuarios del sistema de agua potable y alcantarillado. Se cobrará una tarifa por metro cúbico de agua residual tratado en la planta. Se propone que los fondos para pagar por este servicio, se obtengan de incrementar la tarifa que los usuarios pagan por metro cúbico de agua potable que consumen.

La tarifa que se propone en este análisis, es entonces, la cantidad que se debe agregar a la tarifa actual (y futura) por metro cúbico de agua potable. De esta manera, la recaudación adicional que obtendrá el Organismo Operador será destinado a pagar por los servicios de tratamiento de las aguas residuales. De lo anterior se desprende que los fondos necesarios para pagar por el servicio de saneamiento dependen directamente de la cantidad de agua potable que los usuarios pagan.



Capítulo 8

Conclusiones y recomendaciones.

8 Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones

Con la revisión del diseño de la planta, de su proceso constructivo y su funcionalidad se logra cumplir el objetivo principal de esta tesis, habiendo señalado que los trenes de tratamiento cumplen según lo establecido en las normas de los organismos que regulan los parámetros que rigen el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.

La planta cumple con un diseño funcional, analizando desde el acomodo de los elementos que la componen, hasta sus dimensiones máximas y mínimas sugeridas según bibliografías especializadas.

El proceso constructivo de la planta, se llevó de manera correcta, realizando las consideraciones necesarias del terreno y de los materiales más adecuados para garantizar un correcto funcionamiento de la PTAR.

Desafortunadamente la planta de tratamiento no ha sido puesta en marcha debido a cuestiones políticas y económicas, de manera que su funcionamiento se teorizó conforme al arreglo dispuesto, así como el costo del agua tratada.

8.2 Recomendaciones

Es recomendable realizar las labores de interconexión al sistema de alcantarillado para poner en operación la planta de tratamiento; toda vez que, de no operarse el sistema, redunda en una obra cuyo deterioro es evidente por abandono y descuido del sistema, cumpliéndose así los beneficios esperados para los cuales se construyó.

Deberá considerarse la plantilla de personal necesario para la operación y el mantenimiento, cuidando que el personal cuente con la capacitación adecuada para la correcta operación del sistema; así como los perfiles deseados para los cargos requeridos.

Previo a la puesta en marcha, se deberá realizar un mantenimiento correctivo; toda vez que el dejar las instalaciones sin uso, ha motivado el deterioro de las mismas.

En el caso del tratamiento de los lodos, se deberá operar el sistema con los lechos de secado, y dejar a las condiciones de operación generales, para verificar la pertinencia o no del suministro e instalación de los filtros prensa. Esta parte de la infraestructura de tratamiento, puede afectar económicamente el sistema, dado que su costo de adquisición es alto, así como su costo de operación por cuestiones de energía eléctrica y polímero químico utilizado en el proceso.

9 Bibliografía

CNA (2007). MAPAS libro 12: "Diseño estructural de recipientes". México D.F.

CNA (2007). MAPAS libro 13: "Diseño, construcción y operación de tanques de regulación". México D.F.

Flores Guzmán, Omar E. (2010). "Proyecto Ejecutivo Planta de tratamiento de Aguas Residuales Apatzingán Michoacán". CONAGUA. CAPAMA, H. Ayuntamiento de Apatzingán. Michoacán México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2015). Cobertura de servicios básicos en México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2015). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Apatzingán, Michoacán de Ocampo.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2015). Regiones socioeconómicas en México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). Calculadora de inflación.

Metcalf & Eddy (1996). "Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento y reutilización". McGraw Hill: México.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. "Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales". Diario Oficial de la Federación 6 de enero de 1997.

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". Diario Oficial de la Federación 21 de septiembre de 1998.

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". Diario Oficial de la Federación 18 de febrero de 2002.

Ramalho, R.S. (1991). "Tratamiento de aguas residuales". Ed. Reverté, S.A. España, 705 pp.

Ruiz Chávez Ricardo (2015). "Apuntes de la materia de plantas de tratamiento de aguas", Facultad de ingeniería Civil UMSNH.

Torres Sánchez, Orlando (2012). "Fotos planta de tratamiento". Proyectos y Construcciones Guerrero de León. Apatzingán, Michoacán México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2009). Mapa de Michoacán, México.

WEBGRAFÍA

Eweb. Leptosoles. 14 de septiembre de 2015. Recuperado de <http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/Grupos/Leptosol.JPG>

INAFED. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. 14 de septiembre de 2015. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/index.html>