

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería



TEMA: “INGENIERÍA BÁSICA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ZONA SUR DE LA POBLACIÓN DE SAN PEDRO ATLAPULCO”

PRESENTA:

JAIME PÉREZ PEÑALOZA

TESINA

PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

EN LA MODALIDAD DE TITULACIÓN POR SERVICIO SOCIAL



México D.F.

2012



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/56/2012

Señor
PÉREZ PEÑALOZA JAIME
Alumno de la Carrera de INGENIERIA CIVIL (404027267)
Presente

En respuesta a su solicitud, para iniciar su trámite de titulación de licenciatura de la carrera de INGENIERIA CIVIL, de acuerdo:

- ▣ Al reglamento General de Exámenes de la UNAM. (RGE)
- ▣ y en apego a la opción IX. "Titulación por servicio social" (artículo 20 del RGE)

Me permito informarle que ha sido aceptada su petición.

Le recuerdo que una vez concluidas sus actividades, deberá presentar a este Comité, su tesina debidamente autorizada, de acuerdo al Reglamento General del Servicio Social (RGSS) de la UNAM, para su revisión y posterior designación de sinodales para la réplica oral, de acuerdo con los artículos 21, 22 y 24 del RGE, así como presentar en la Administración Escolar la documentación requerida para su examen.

Reciba un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 16 de Mayo de 2012
EL PRESIDENTE DEL COMITÉ


M. EN I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JLTS/MTH



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/56/2012

Señor
PÉREZ PEÑALOZA JAIME
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que usted propuso para que sean desarrolladas como tesina, conforme a la opción IX. "Titulación por servicio social", para obtener el título de INGENIERIA CIVIL, han sido aprobadas por este comité.

"INGENIERIA BASICA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ZONA SUR DE LA POBLACION DE SAN PEDRO ATLAPULCO"

INTRODUCCIÓN

- I. Servicio social con aplicación directa a la sociedad
- II. Visitas de reconocimientos a la población de San Pedro Atlapulco
- III. Proyecto: Ingeniería básica en planta de tratamiento de aguas residuales de San Pedro Atlapulco Estado de México
- IV. Presupuesto estimado de la planta de tratamiento de aguas residuales
- V. Conclusiones

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 16 de Mayo de 2012
EL PRESIDENTE DEL COMITÉ


M. EN I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ
JLTS/MTH

AGRADECIMIENTOS

Ha llegado el gran momento, o si bien me acerco al final de una etapa, siento que todo este largo recorrido de aprendizajes, de conocimientos, de caídas y el aprender a levantarse de ellas, por fin están dando frutos; no puedo dejar de agradecer a todos los que han contribuido para que pueda cerrar un capítulo de mi vida. Termino un período como estudiante y comienzo otro nuevo como un profesionista que tiene todas las herramientas y competencias para desarrollarse de manera íntegra y responsable en la vida laboral como Ingeniero Civil.

Es por eso que quiero agradecer, dedicar este trabajo, este proceso que he recorrido con ellos, a las personas más importantes de mi vida, a quienes me dieron la oportunidad de ser parte de este mundo, a los que me han tratado y me han dado todo el amor incondicional, el apoyo, la confianza y la paciencia por creer en mí: mis PADRES. Por enseñarme que el esfuerzo, la responsabilidad son valores únicos y necesarios para poder desarrollarse, y son recompensas que hacen de uno una persona admirable, como ellos lo son. También me enseñaron que el estudio es un bien propio, que el aprender me ayudará a tener herramientas para poder tener una mejor calidad de vida, es por ello que les dedico este trabajo, es un regalo que se merecen, es el regalo de un hijo que está orgulloso y muy agradecido de tenerlos.

Le doy las gracias a mi querida Madre, quien me ha prestado tiempo y ayuda con sus palabras, con su forma atenta e inmediata para estar allí cuando le he solicitado; es ella una persona imprescindible en mi vida.

Agradezco a mi familia, por estar siempre atentos, por prestarme ayuda y colaboración cada vez que lo he necesitado.

A mis grandes amigos y hermanos del alma: Jorge Cervantes Martinez, Odín Martinez Cardoza, (los Esteves Austria) Franz, Sócrates, Ezequiel, Omar Fernández Chávez, el buen Erick Martinez Alcantara. Sus conocimientos, sus consejos y su apoyo en cada momento me han ayudado a continuar y terminar este proceso, sólo darles las gracias infinitas por estar.

En esta aventura que fue la vida universitaria tuve el honor de conocer a grandes personas con las cuales viví experiencias inolvidables, algunos de ellos el ingeniero Oscar Herrera Hernández que desde el primer día de clases hasta la fecha seguimos aprendiendo juntos, tanto en la vida profesional como en la vida cotidiana; el Ing. Edgardo Medina, quien fue parte fundamental en este trabajo; el Ing. Luis Romualdo; Ing. Daniel Luna; Arq.

Cuauhtémoc Escobar y muchos más quienes me apoyaron durante la carrera y me dieron alientos para no desistir en los momentos más críticos de este proceso.

Agradezco al M.I. Gabriel Moreno Pecero por haber confiado en mi persona, por la paciencia y por la dirección de este trabajo. Al Ing. Gerardo Medina Espinoza por los consejos, el apoyo y el ánimo que me brindó para realizar este proyecto.

A las autoridades de San Pedro Atlapulco, quienes me dieron la oportunidad de realizar el anteproyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales para su comunidad, espero que este trabajo sea de utilidad para su población.

En memoria de tres pilares de mi vida Mi Abuela Pomposa Martínez, mi hermano Ramón Pérez Peñaloza y mi amiga Nérida Mendoza Segundo, gracias por compartir su vida conmigo.

ÍNDICE

Introducción	1
Antecedentes	1
1. Servicio social con aplicación directa a la sociedad	4
1.1. Responsabilidades y beneficios que un estudiante de ingeniería civil obtiene al participar en acciones del servicio social con aplicación directa a la sociedad	6
2. Visitas de reconocimiento a la población de San Pedro Atlapulco	8
2.1. Observaciones técnicas en algunos puntos de la infraestructura local actual	11
2.2. Propuestas de acciones ingenieriles en beneficio de la sociedad	14
3. Proyecto: Ingeniería básica en planta de tratamiento de aguas residuales de San Pedro Atlapulco, Estado de México	16
3.1. Objetivos	17
3.1.1. Alcances	17
3.2. Características que influyen en el proyecto	17
3.2.1. Localización	17
3.2.2. Condiciones geográficas	18
3.3. Calidad media de las aguas residuales del arroyo “Muerto”	21
3.3.1. Metodología	21
3.3.2. Resultados <i>in situ</i>	22
3.4. Gastos de diseño	23
3.4.1. Población de diseño	23
3.4.2. Gastos: mínimo, medio, máximo instantáneo y máximo extraordinario.	24
3.4.3. Descripción y evaluación de alternativas	27

3.4.4.	Propuestas y descripción de alternativas de tratamiento: diagramas de flujo	28
3.5.	Canal de aproximación y cribado	29
3.6.	Desarenador	31
3.7.	Tanque de regulación	32
3.8.	Sedimentador primario	34
3.9.	Filtro percolador	36
3.10.	Sedimentador secundario	39
3.11.	Digestor de lodos	40
3.12.	Lecho de secado de lodos	43
3.13.	Distribución de las instalaciones físicas en el terreno propuesto	44
4.	Presupuesto estimado de la planta de tratamiento de aguas residuales	46
	Conclusiones y recomendaciones	64
	Glosario	66
	Bibliografía	68

Introducción

Antecedentes

El servicio social es la búsqueda de la unidad nacional y la solidaridad social, a través de uno de los compromisos que un estudiante universitario tiene como deber moral hacia la comunidad en la que se desarrollará como profesionista.

Todo estudiante universitario debe comprender que la formación académica implica desarrollar en él una conciencia de compromisos y participación en la dinámica socioeconómica del país por medio de diversas acciones enmarcadas en la prestación del servicio social mediante programas que permitan el avance en los aspectos sociales, científicos, políticos y económicos.

De esta forma, el servicio social es un instrumento valioso que estimula la participación activa de los estudiantes en la solución de problemas específicos por medio de la aplicación de los conocimientos y las habilidades que han adquirido durante su formación académica. Esto permite el desarrollo de una conciencia social, que se traduce en la aportación de un beneficio a la sociedad, ya sea de tipo científico, tecnológico, económico y/o cultural; asimismo, constituye una forma de retribuir, en parte, al país lo que éste invierte en su formación profesional.

La prestación del servicio social tiene la misión de contribuir a la formación integral del estudiante universitario ofreciendo programas en los que: aplique y enriquezca sus conocimientos y habilidades profesionales en la solución de problemas y necesidades del país; **enfrente escenarios reales** del ejercicio de su profesión; fortalezca su espíritu cívico y de retribución a la sociedad; adquiera estrategias y encuentre oportunidades de incorporarse al mercado laboral.

México es un país con más de 112,400,000 habitantes, de los cuales poco más de la mitad experimentan diferentes grados de pobreza, lo que, consecuentemente, genera la exigencia de satisfacer una serie de necesidades para mejorar su calidad de vida; entre esas necesidades se tienen aquellas cuya satisfacción depende directamente de la actividad de un profesionista.

El mecanismo que afortunadamente existe en México para lograr lo antes anotado es el servicio social; su impacto positivo se debe dar prioritariamente atendiendo a las necesidades que se presentan en las localidades más desprotegidas; estas consideraciones, en principio, han dado lugar a que la Dirección de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional Autónoma de México haya considerado necesario el generar el

Proyecto denominado “SERVICIO SOCIAL CON APLICACIÓN DIRECTA A LA SOCIEDAD”, en el cual, alumnos y profesores de esta Facultad han realizado acciones de servicio social en diferentes partes del país, como son en los estados de Hidalgo, Oaxaca, Guerrero, Morelos y Estado de México.

Dentro de este marco, el trabajo que se presenta a continuación fue realizado para la comunidad de San Pedro Atlapulco, municipio de Ocoyoacac, en el Estado de México.

San Pedro Atlapulco, es una población rica en recursos naturales como sus bosques y manantiales, actualmente desarrolla la piscicultura, lo que les permite generar ecoturismo para brindarlo a los habitantes tanto del país como del extranjero, lo que bien podría aumentarse si se le apoyara con una infraestructura de desarrollo global.

Las autoridades de la comunidad evalúan y proponen distintas obras para el mejoramiento de la comunidad en sus asambleas comunales. Actualmente se han realizado obras muy importantes como el nuevo Auditorio y la Casa de Cultura, el mejoramiento de las calles centrales cambiando la carpeta asfáltica por concreto estampado.

Cabe señalar que el pueblo cuenta con un decreto presidencial otorgado por el licenciado Miguel Alemán Valdez en 1947, en el que se le otorga el manejo de los recursos hidráulicos provenientes de sus manantiales; por ello la Ciudad de México otorga un pago como compensación por uso de derecho de agua, ya que los manantiales aportan una cantidad importante a la cuenca de Lerma, la cual es parte del sistema Cutzamala que abastece a la red de agua potable del Distrito Federal.

Con el fin de dar un uso adecuado a esos recursos económicos en el sentido de que beneficien a la comunidad, las autoridades de San Pedro Atlapulco, se acercaron a la Facultad de Ingeniería para ser considerados en el proyecto “Servicio Social con Aplicación Directa a la Sociedad” y así buscar e impulsar nuevas propuestas para su desarrollo.

Después de varias visitas de campo y algunas reuniones con la población y sus autoridades se determinaron alternativas de solución a las propuestas de obras a realizar y también se establecieron otras como son:

- Remodelación de la plaza central.
- Reestructuración vial.
- Taller, sala de exhibición y venta, para ceramistas.
- Planta de tratamiento de aguas residuales.
- Embotelladora de agua.
- Aserradero.
- Planta trituradora de agregados pétreos.

Las obras mencionadas son algunas que se han propuesto hasta el momento; pero se vislumbran otras ya que el potencial de la comunidad es muy vasto.

Atendiendo la preocupación de las autoridades de la comunidad en entregar una mejor calidad de agua al Río Muerto, reduciendo la contaminación en las zonas de descarga existentes y concientizar a la población sobre el uso correcto del agua potable, se considero pertinente participar en el proyecto “Servicio social con Aplicación Directa a la Sociedad” de San Pedro Atlapulco, específicamente en la Ingeniería Básica de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la zona sur de la población, el trabajo escrito que se transcribe en este documento corresponde a la obra citada.



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería



Servicio Social

con aplicación directa a la Sociedad

En las comunidades de San Pedro Atlapulco y
San Miguel Atlautla, Estado de México



1.-Servicio Social con Aplicación Directa a la Sociedad.

La Universidad Nacional Autónoma de México, y por extensión todas las Facultades, Escuelas, Institutos y Centros, que en ella existen, tiene entre sus funciones sustantivas el incrementar los lazos de cooperación, apoyo y ayuda con diversos organismos del sector público y privado nacionales para contribuir en lo que corresponde, a dar solución a los grandes problemas que en ellos existen, priorizando a aquellos correspondientes a las poblaciones con más escasos recursos económicos de nuestro país.

"La misión de la Facultad de Ingeniería es formar integralmente recursos humanos dentro de un proceso de mejora continua con calidad, flexibilidad, innovación, integridad y evaluación en los niveles de licenciatura, especialidad y posgrado, para que sean competitivos en el ámbito nacional e internacional como profesionales calificados del mayor reconocimiento; con habilidades y actitudes que les permitan el mejor desempeño en el ejercicio de su profesión, la investigación y la docencia; con capacidad para aprender durante toda la vida y mantenerse actualizados en los conocimientos de vanguardia; con una formación humanista que sustente sus actos y sus compromisos con la Universidad y con México, para que coadyuven al mejoramiento social, económico, político y cultural de la nación."¹

El ser copartícipes en la solución de tales problemas, requiere de una estructura de trabajo, que no debe de apartarse de la institucionalidad universitaria, ni tampoco, asumir, interrumpir o tomar responsabilidades que corresponden a otras instancias o dependencias gubernamentales. Esta estructura de trabajo en realidad ya existe, como una acción que durante muchos años ha estado presente en la vida de los universitarios: *el Servicio Social*, figura que, si es orientada correctamente, con base en la esencia del concepto, responde a esta parte tan fundamental en la vida de la Universidad Nacional Autónoma de México. El reorientar esta labor no solo permite mantener en una constante la presencia de la Universidad en el acontecer nacional, sino propicia al interior de la misma un **impacto académico directo, personal, profesional y humano en los que en ella participan**, recordando que "Los alumnos de ahora serán los profesionales del mañana, por lo tanto debe sembrarse en ellos la simiente de **responsabilidad con la sociedad, sobre todo con los sectores más desprotegidos del país**. El espíritu crítico y creativo, el sentido de solidaridad, la conciencia del privilegio que denota ser universitario, el aprovechamiento de todos los elementos que les brinda la Universidad, el mejor uso de ellos; todo esto, en su

¹ La misión, valores y principios que orientan el cambio. Plan de desarrollo de la Facultad de Ingeniería 2003-2007. p. 9.

conjunto, debe ser parte de la formación integral de cada estudiante que haya pasado por las aulas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México”.²

1.1.- Responsabilidades y beneficios que un estudiante de ingeniería civil obtiene al participar en acciones del servicio social con aplicación directa a la sociedad.³

Los próximos ingenieros civiles responsables del desarrollo y progreso del país son los estudiantes que hoy por hoy, estudian, investigan y atienden las labores propias, sin embargo, el contacto con la sociedad es muy poca, ya que las prácticas efectuadas sólo se realizan a obras ya consolidadas y pocas veces se habla de los anteproyectos, dejando en segundo plano a las personas que directa o indirectamente se ven afectadas o beneficiadas.

Este programa presenta la oportunidad de iniciar un proyecto, comenzando por conocer el entorno social, cultural y económico de las poblaciones atendidas con la finalidad de encontrar las mejores alternativas de solución a los problemas que se presentan y se detecten dentro de las comunidades apoyados en la visitas de campo que se realizan.

Actualmente se puede calificar de forma exitosa, en el sentido de que a corto plazo se han destacado las actividades realizadas ya que contribuyeron al desarrollo de la calidad de vida de los habitantes de las zonas del país donde se ha aplicado este programa. Sin embargo, un estudiante de ingeniería civil por si solo no puede atacar todos los problemas que se pueden presentar dentro de una comunidad, por lo que tiene que apoyarse en sus profesores, ingenieros con experiencia, además de conocer los puntos de vista que pueden aportar profesionistas de las diferentes áreas, trabajar en conjunto y así encontrar las soluciones más adecuadas; por lo que deben formarse grupos inter y multidisciplinarios que actúen con el único propósito de ayudar.

El “Servicio social con aplicación directa a la sociedad” constituye una forma de proceder en que todos sus actores ganan, así puede afirmarse que sin duda la sociedad gana; la institución que lo realiza también es ganadora puesto que cumple su función en formar profesionistas más eficientes para México; los académicos que intervienen ganan al estar directamente en contacto con la realización de las actividades profesionales que el país requiere y, los alumnos se ven ampliamente beneficiados, tomando en cuenta que:

1. Los futuros ingenieros civiles aprenden a aplicar los conocimientos adquiridos en las aulas.
2. Los estudiantes aprenden a integrar conocimientos.

² Valores. Responsabilidad social .Plan de desarrollo de la Facultad de Ingeniería 2003-2007. p. 10.

³ Informe Final. Programa de Servicio Social Comunitario Multidisciplinario 2001-2003. Gabriel Moreno Pecero y Antonio Silva Madrid.

3. Desde esta etapa, los futuros profesionistas, aprenden a actuar en equipos inter y multidisciplinario.
4. Los alumnos aprenden a realizar propuestas técnicas y económicas incluyendo alcances y responsabilidades de: las comunidades, las autoridades municipales, estatales y federales, así como los de la propia Universidad Nacional Autónoma de México.
5. Los estudiantes aprenden a interactuar con organizaciones sociales de diferente cultura, preparación e idiosincrasia.
6. Se contribuye al incremento en la eficacia terminal.
7. Los estudiantes adquieren seguridad y autoestima.
8. Se fortalece la decisión de ser ingenieros de calidad.
9. Se tiene plena satisfacción de servir a la sociedad de la que forman y formarán parte como individuos y profesionistas.
10. Presencia activa e importante, así como fortalecimiento de la imagen de la Universidad Nacional Autónoma de México y de la Facultad de Ingeniería en la vida nacional, al contribuir, en lo que a ella corresponde, a solucionar problemas de interés nacional.

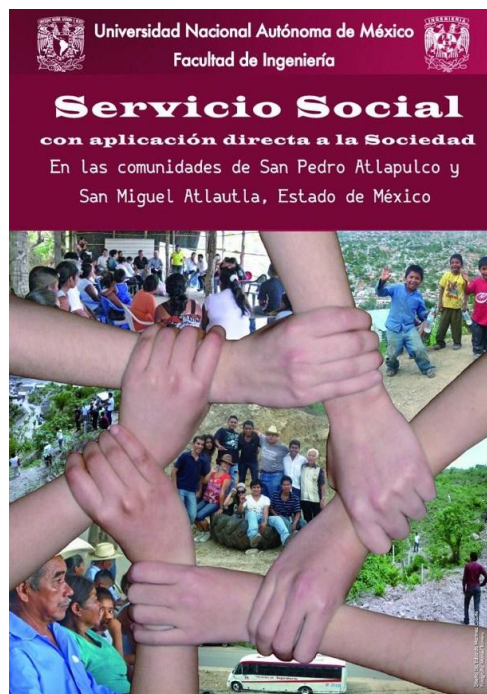
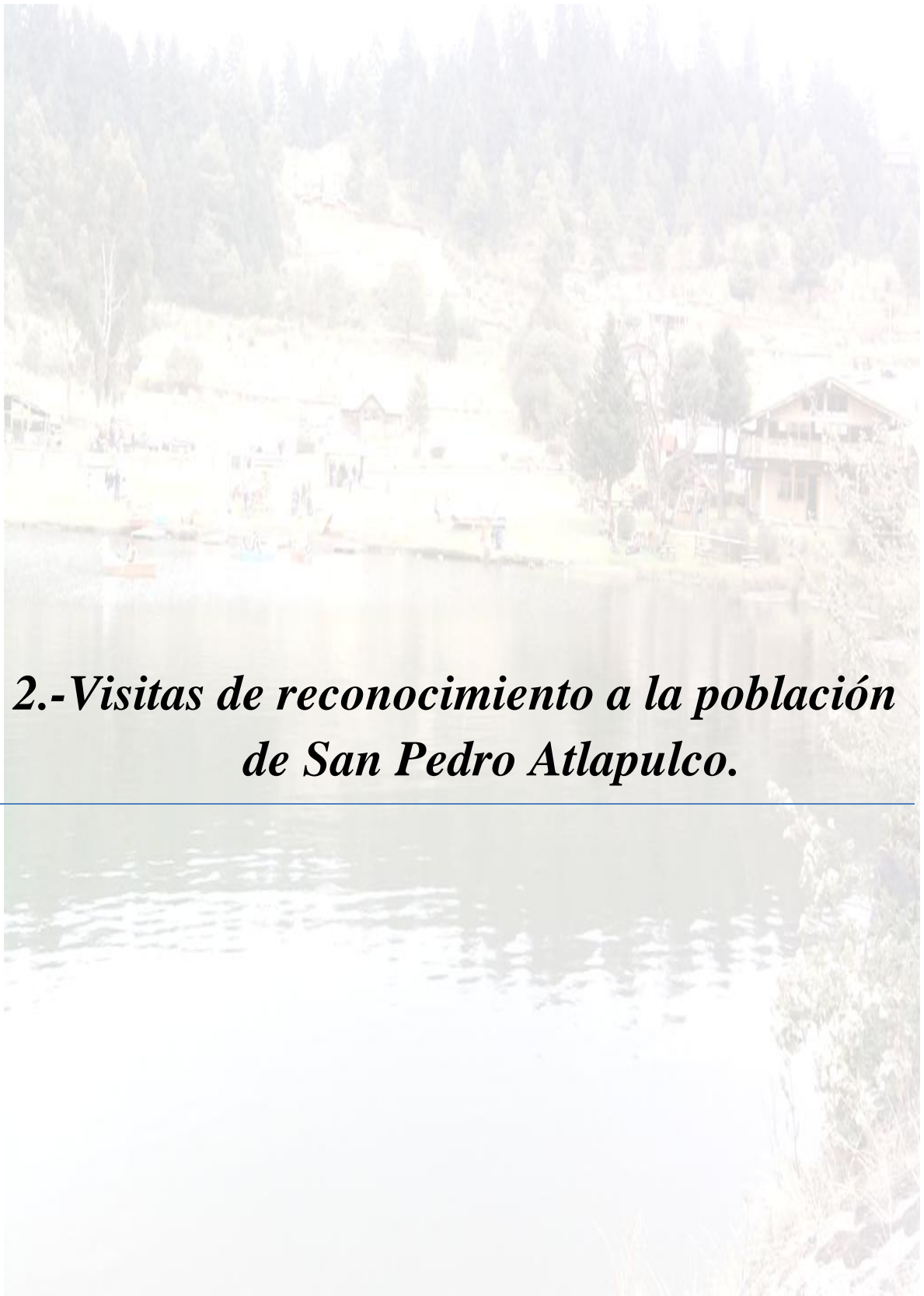


Figura 1.1. Cartel elaborado con imágenes del servicio social realizado en Tlapa de Comonfort Guerrero, promocionando el nuevo servicio a realizar en San Pedro Atlapulco, Estado de México.



***2.-Visitas de reconocimiento a la población
de San Pedro Atlapulco.***

San Pedro Atlapulco es una comunidad rural que se reconoce como Otomí o Hñahñu. Se encuentra en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México, en los límites del Parque Nacional Miguel Hidalgo, comúnmente llamado La Marquesa, a 43 kilómetros de la ciudad de México y a 39 de Toluca. Está enclavado en pleno bosque de oyameles, pinos, encinos y laurelillos, y cuenta con una gran cantidad de acuíferos que surten de agua a la población local, a los municipios de Ocoyoacac, Huixquilucan y Lerma, y a una parte de la zona suroeste del Distrito Federal.

En el centro urbano de Atlapulco viven tres mil setecientos siete personas, 48 por ciento son hombres y el resto mujeres. Esta población sustenta su vida diaria en la organización comunal en torno al territorio, la asamblea, el comisariado, el tequio y las fiestas. Sus fiestas importantes están relacionadas con los tiempos del ciclo agrícola: el carnaval, la bendición del maíz, el culto a los muertos y la peregrinación por las montañas sagradas de Chalma.

En la parte baja de los bosques están asentados siete valles, en los que actualmente los comuneros ofrecen servicios turísticos: Potrero, Conejo, Silencio, Rancho Viejo, Monjas, Cerrito del Ángel y Carboneras. Son valles que poseen un gran atractivo natural y que, como están cercanos a las ciudades de México y Toluca, son muy concurridos para andar a pie, a caballo, en cuatrimoto o en lancha, consumir alimentos, comprar artesanías y dulces cristalizados, respirar aire puro y estar en tranquilidad con la familia.



Figura 2.1. Valle del Conejo. Atlapulco 2011.

La prestación de servicios turísticos constituye actualmente la principal actividad económica en Atlapulco; se ofrece principalmente los sábados, domingos y días festivos; sólo los restaurantes ubicados a la orilla de la carretera operan diariamente. Son de oferta individual (comida, dulces, artesanías, caballos, cuatrimotos) y colectiva (paseos en lancha, tobogán, pesca de truchas, aventura en bosques, kioscos y áreas para comer y descansar).

Los primeros representan los giros económicos que cada comunero puede desarrollar y cada negocio es propiedad de no más de dos personas. Los segundos son los que establecen las directivas de los valles y sus ingresos se utilizan para mejoras que benefician a la comunidad.

Los requisitos para desarrollar servicios individuales son: ser oriundo de la comunidad, estar al corriente en faenas y cooperaciones y haber cumplido los cargos públicos o eclesiásticos que la comunidad le haya encomendado. Con esto cubierto, el interesado presenta su solicitud para que sea autorizada por la Delegación Municipal, el Consejo de Participación Ciudadana, el Consejo de Vigilancia y el Comisariado de Bienes Comunales. Luego la presenta a la directiva del valle que le correspondió y de inmediato se le asigna el lugar en que podrá desarrollar su actividad productiva.

Hasta ahora la comunidad ha logrado combinar su institucionalidad comunitaria (agraria, civil y religiosa) con la defensa de su territorio y el desarrollo de una actividad económica vinculada con la recreación sabatina y dominical de los habitantes de las ciudades cercanas. Sin embargo, su vecindad con otras comunidades con las que comparte económica, social y culturalmente el espacio de La Marquesa, si bien le ha permitido llevar una vida en común, también la ha involucrado en la disputa por ese territorio. La historia de posesiones y despojos a que se han visto sometidas algunas de esas comunidades, ha tornado difuso los límites territoriales, lo que ha dado lugar a conflictos comunales de los cuales no se ha escapado Atlapulco.

El territorio de La Marquesa también ha estado en la mira de funcionarios públicos y empresarios privados. Su conversión en parque nacional en 1943 significó para las comunidades, entre ellas Atlapulco, la expropiación de varias hectáreas. En 1964 se le expropiaron 150 hectáreas a San Jerónimo Acazulco, comunidad cercana a Atlapulco, a favor del Instituto Nacional de Energía Nuclear; desde esas fechas, ésta y otras comunidades han sufrido continuas expropiaciones por derechos de vía, instalación de torres y gasoductos.

Por parte del arquitecto Henry Cabroler, profesor de la facultad de Arquitectura de la UNAM y miembro del grupo de Servicio Social con Aplicación Directa a la Sociedad, se ha propuesto establecer en San Pedro Atlapuco el primer pueblo ecológico de México. Este proyecto contempla la construcción de hoteles o villas de descanso, aplicando tecnologías verdes en su construcción y operación con el fin de causar el menor impacto ambiental, creando nuevas oportunidades de empleo e impulsando tanto al turismo nacional como al extranjero que busca un espacio alejado de las grandes ciudades.

2.1.- Observaciones técnicas en algunos puntos de la infraestructura local actual.

En las visitas realizadas se tuvo la oportunidad de recorrer gran parte de la población conociendo la arquitectura que se estila, usos, costumbres y algunos lugares importantes como son el taller de ceramistas, la Casa de Cultura, la remodelación del nuevo auditorio, los pozos de regulación y la zona de barrancas, entre otros.

Se implementaron nuevos sistemas constructivos en la infraestructura actual como lo fue en la construcción de la Casa de Cultura, actualmente ubicada dentro del predio del Auditorio, donde se implementó la construcción de la estructura a base de vigas metálicas, lo cual permitió contar con claros más largos y obtener mayores áreas de trabajo en los nuevos talleres. El tejado a base de lámina metálica, está equipado con un sistema de captación de agua pluvial con lo cual garantizan el abasto de agua dentro de las instalaciones cuando existan eventos con gran demanda, como lo son las juntas comunales que se realizan en el auditorio mensualmente.



Figura 2.2. Construcción de la Casa de cultura San Pedro Atlapulco, septiembre 2011.

El agua potable con que cuenta la comunidad proviene de manantiales que se encuentran dentro de sus límites ejidales y es uno de los recursos más importante pues no solo abastece a la comunidad, también aporta un gasto considerable a la Ciudad de México por vía del sistema Cutzamala.



Figura 2.3. Foto aérea, Google earth 2012.

Se cuenta con dos tanques de regulación para poder almacenar y distribuir el agua proveniente de los manantiales, pero la cantidad que emana de estos es muy grande y el primer tanque presenta fallas al no tener capacidad suficiente para poder contener ese gasto constante.



Figuras 2.4 y 2.5. Tanques de regulación de agua potable.

En la primera fotografía (figura 2.4) podemos observar la presencia de humedad en las paredes proveniente de las uniones constructivas y la más evidente esta en un tubo de excedencias, el cual desemboca en el segundo tanque.

La siguiente imagen (figura 2.5) muestra la desembocadura de los tubos que provienen del primer tanque, los cuales presentan fugas en las uniones por falta de silletas. El tanque de

color blanco que también se observa en la imagen almacena cloro, el cual dosifican por medio de una válvula de forma ineficiente.

Con el apoyo económico que reciben las autoridades por la aportación de agua potable al valle de México, se han realizado obras en beneficio de la comunidad, y una de las más importantes es la red de drenaje, la cual cubre aproximadamente un 90% de la población y se sigue expandiendo con un sistema separado de aguas residuales y pluviales, sin embargo, la disposición de éstas es directo a los ríos que se encuentran en las partes bajas de la zona urbana sin ningún tratamiento.



Figuras 2.6 y 2.7. Zonas de descarga de aguas residuales, arriba a la izquierda zona de descarga norte, a la derecha zona sur.

Desafortunadamente también se encuentra el problema generado por la basura, ya que no se cuenta con un programa eficiente de recolección, lo que genera, por una parte, que las zonas de descarga sean empleadas como tiraderos clandestinos, y por otra, que las personas opten por quemarla produciendo mayor contaminación.

Este problema es muy fuerte y debe ser tratado en forma inmediata, pues no solo se afecta a las personas que viven cerca de las zonas de descarga, sino también al ecosistema que se encuentre aguas abajo de estos tiraderos clandestinos.

2.1.2. Propuestas de acciones ingenieriles en beneficio de la sociedad de Atlapulco.

Se deben generar acciones en los aspectos antes comentados, para lo cual se presentó a las autoridades correspondientes una serie de propuestas para ser analizadas y discutidas en la propia comunidad a fin de que ellas tomen la decisión que consideren más pertinente.

En cuanto a problemas existentes en los tanques de regulación de agua potable; se recomienda:

- Realizar aforos en el manantial que abastece de agua potable a la población para estimar un gasto diario de aportación al tanque.
- Dimensionar con base en los resultados obtenidos el tanque más adecuado para almacenar y contener el agua necesaria sin afectar las instalaciones actuales en la red de agua potable.
- Analizar las alternativas entre la construcción de un nuevo tanque regulador o ampliar el existente en la parte más alta de la población.
- Cambiar la tubería existente entre los tanques reguladores, actualmente de hierro fundido por PVC de alta resistencia.
- Mejorar el proceso de desinfección del agua, por medio de una planta dosificadora de cloro para lo cual se deben hacer los estudios de la calidad del agua correspondientes.

Con respecto al problema de la basura y la contaminación de las zonas de descargas de agua pluvial y residual se hacen las siguientes propuestas:

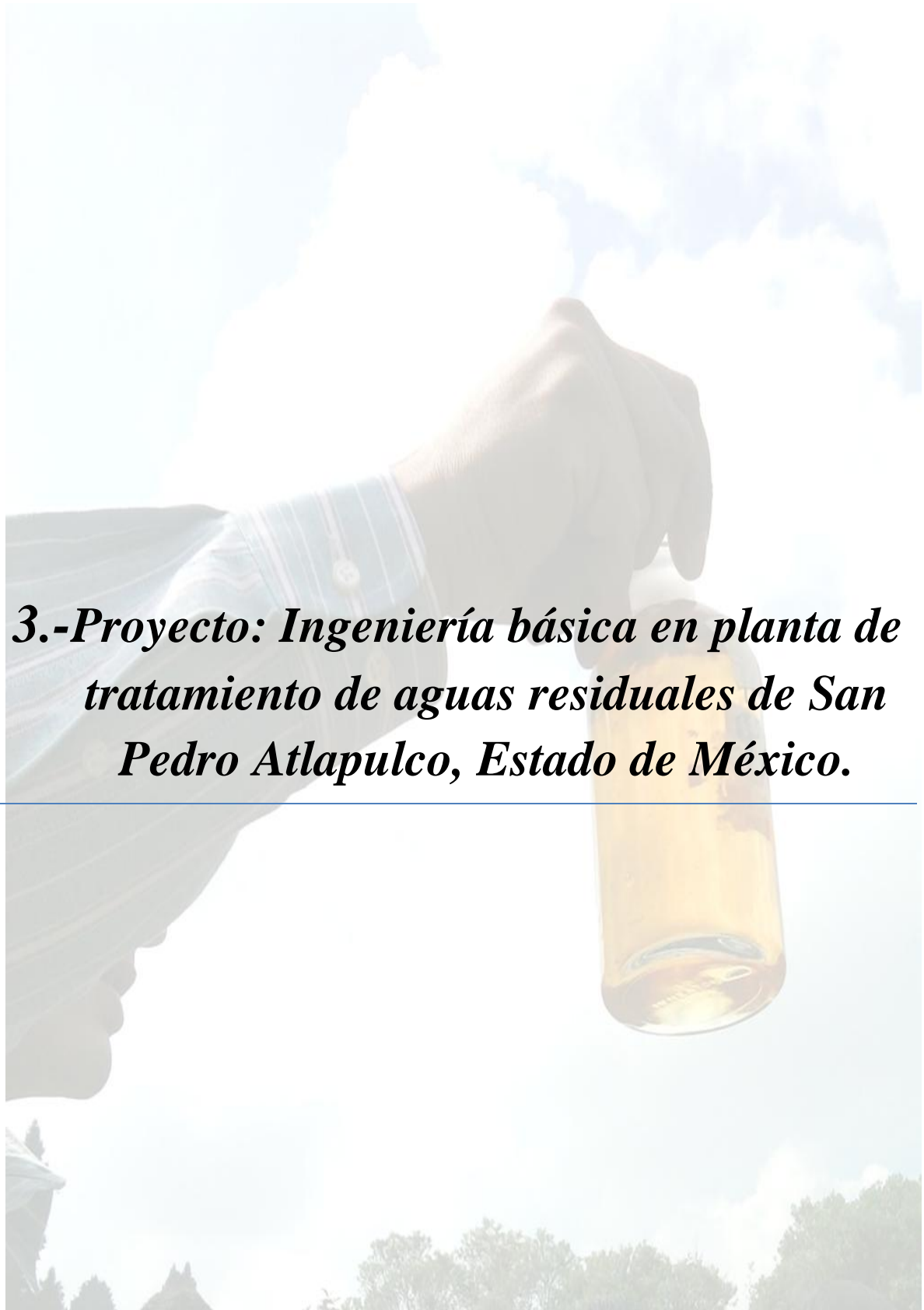
- Realizar campañas de separación de basura.
- Impulsar la creación de centros de reciclaje dentro de la población.
- Realizar faenas de limpieza en la zona de descargas y a lo largo del Arroyo Muerto y el Río de México en la zona norte.

Las autoridades comunales han solicitado el apoyo a la Facultad de Ingeniería para realizar el anteproyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales para la zona sur, donde se produce la mayor cantidad de aguas residuales, con la finalidad de reducir el impacto ambiental que éstas generan al ecosistema aguas abajo de la zona de descarga.

El construir una planta de tratamiento de aguas residuales no solo da una mejor imagen ante la sociedad, sino más importante aún, el agua que se aportaría a los poblados que se encuentra aguas abajo y al sistema Cutzamala tendría una mejor calidad ya que el tiempo de saneamiento natural sería más corto.

El producto derivado del saneamiento del agua dentro de la planta, mejor conocido como “lodos de desecho” puede ser vendido como fertilizante o ser empleado para la restauración y conservación de los bosques y valles de San Pedro y sus alrededores.

En el siguiente capítulo se explicarán los procesos, el dimensionamiento de la infraestructura necesaria en el saneamiento del agua residual y un presupuesto estimado del costo total de la construcción de la planta.

A hand holding a glass of beer against a bright sky background. The hand is wearing a blue and white striped shirt. The glass is filled with a golden liquid, likely beer. The background is a bright, overexposed sky with some clouds. The text is overlaid on the image.

***3.-Proyecto: Ingeniería básica en planta de
tratamiento de aguas residuales de San
Pedro Atlapulco, Estado de México.***

3.1.-Objetivos.

- Realizar los estudios de calidad del agua residual y del cuerpo receptor para diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la localidad de San Pedro Atlapulco.
- Elaborar la ingeniería básica del proyecto para la zona sur de la población, de acuerdo a lo establecido en la normatividad ambiental en materia de control de la calidad del agua, considerando en el análisis de alternativas, los aspectos de uso eficiente de la energía y del manejo adecuado de los lodos de desecho.
- Desarrollar planes y programas para el cuidado del agua potable dentro de la comunidad.
- Cuidado y restauración de la zona de barrancas donde se encuentran las descargas de aguas residuales.

3.1.1.- Alcances.

- Obtener parámetros básicos de los estudios de la calidad media del agua residual para la generación de la ingeniería básica de la planta de tratamiento.
- Proponer a las autoridades locales el implementar planes y programas del cuidado del agua potable y el rescate de la zona de barrancas en las juntas y faenas del pueblo.
- Impulsar el uso y/o venta del lodo residual estabilizado para uso de composta en sembradíos así como en la restauración de los bosques locales.

3.2.-Características que influyen en el proyecto.

3.2.1.- Localización.

El municipio de Ocoyoacac se localiza en la porción central del Estado de México y colinda con los municipios de Lerma y Huixquilucan al norte; con Lerma, San Mateo Atenco y Metepec al oeste; con Jalatlaco, Capulhuac y Santiago Tianguistenco al sur y con el Distrito Federal al este. Cuenta con una superficie total de 13,471 hectáreas.

Se ubica en las siguientes coordenadas geográficas: al norte 19°19', al sur 19°12' de latitud norte; al este 99°20', al oeste 99°30' de longitud oeste. El municipio de Ocoyoacac representa el 0,57% de la Superficie total del estado.



Figura 3.1. Localización geográfica

3.2.2.- Condiciones Geográficas

Clima

Semifrío húmedo con lluvias en verano, lo que significa que presenta dos periodos de lluvia al año. Uno en los meses de junio-agosto y el otro más corto de octubre a noviembre y la temperatura que se presenta a lo largo del año va de los -3°C a los 18°C . Zona apta para el desarrollo de bosque tipo Oyamel (Abies). Sin embargo su crecimiento ha disminuido por el desarrollo de la actividad turística.

Las tormentas más intensas se registran en los meses de julio, agosto y septiembre, la precipitación oscila entre 1 400 mm hasta 1 800 mm en las partes altas. Las granizadas se intensifican en los primeros cuatro meses del año, las heladas se presentan de mediados de octubre a marzo.

Los vientos dominantes en el municipio se presentan principalmente en el invierno de norte a este y en primavera de sur a norte. La precipitación anual promedio se encuentra entre los 1 000 mm.

Geología

El área municipal se localiza dentro de una zona de actividad volcánica, constituida por una secuencia de rocas formadas por derrames piroclásticos y en menor proporción, por derrames continentales.

Existe gran presencia de material aluvial (AL) y porciones de brecha volcánica (BV). Dadas estas condiciones la zona permite la recarga de los mantos acuíferos, ya que el suelo presenta una permeabilidad alta-media.

Topografía

La gran variación en la formación y relieve del territorio y de su entorno permite la formación de escurrimientos que se convierten en afluentes que atraviesan en el valle, lo cual se convierte en un atractivo turístico importante. Por otro lado la forma del relieve también limita la zona de comercio y de servicios.

Las pendientes se encuentran en un nivel medio enmarcadas en un rango del 5 al 15%.

Edafología

Suelo mayormente Andosol (ANh) que por su naturaleza es muy susceptible a la erosión, lo cual se incrementa por el tipo de actividad que se realiza en el valle, por lo que se confirma que el uso actual del suelo no es de acuerdo a su aptitud natural, que es de tipo forestal o pecuario. Sus principales unidades de suelo, son: Andosol húmico (Anh): | Rico en materia orgánica, ácido y pobre en nutrientes con hojarasca de pino o encino, Andosol ocrico: Suelo color claro, pobre en materia orgánica y nutrientes, Cambisol crómico (CMc) con Leptosol. De formación climática con gran presencia de nutrientes.

El suelo se ve afectado por el turismo (los pisotones de los caballos, las entradas de los autos a zonas verdes) esto proporciona que el suelo quede desprovisto de vegetación haciéndolo susceptible a la erosión loica e hídrica y alterando su estructura por compactación.

Hidrología

En el municipio de Ocoyoacac hay 17 pozos que explota la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Gobierno del Distrito Federal y que forman parte del Sistema Lerma, que desde 1951, abastecen al Distrito Federal.

El Río Atlapulco o Río Muerto al sur y el Río de México son los principales cauces que rodean a la comunidad y los cuales aportan una cantidad considerable de agua al sistema Cutzamala.

Este recurso natural es punto estratégico de la actividad propia del turismo y juega un papel muy importante para los comuneros que los aprovechan, por lo que su administración debe de ser lo más sustentable posible.

En el valle, el agua tiene diferentes usos, como atractivo visual principalmente, para aseo y lavado de restaurantes, para riego de las pistas de motos, para criadero de truchas, para riego de pastos, para baños, entre otros. No hay control sobre el vertido de residuos sólidos (basura, bolsas, vasos) ni de las aguas residuales provenientes principalmente de los restaurantes (aceites, grasas, detergentes) lo cual se debe a la falta de sensibilización tanto del turista como de los propios comuneros. La profundidad del cauce disminuye cada año.

Uso de suelo

El uso actual del suelo, fuera del área urbana, es en gran parte para recreación. Las áreas verdes se ven afectadas principalmente por los accesos de automóviles, circuitos para motocicletas, lagunas artificiales, senderos para recorridos en caballos y restaurantes que no están debidamente ubicados al no existir un plan de desarrollo dentro de los valles.

El tipo de suelo es apto para la silvicultura, mas no para cultivos anuales o monocultivos debido a la poca profundidad del suelo, además de las pendientes que facilitan la erosión del mismo.

Medio natural

Flora: la vegetación del lugar ha sido modificada por completo; originalmente era una zona de bosque oyamel (Abies), ahora podemos encontrar especies exóticas como la de eucalipto, y áreas reforestadas con especies de pino. Los árboles de la región están enfermos, pues presentan características como follaje seco, poco crecimiento y presencia de plaga.

Fauna: no hay gran referencia en cuanto a las especies que se pueden encontrar en esta región. Pero se han visto: víboras de cascabel, conejos, ardillas, zorrillos, murciélagos, búhos y gavilanes, entre otros. Las actividades turísticas de los valles han ocasionado su migración a partes más alejadas de la comunidad.

3.3.- Calidad media de las aguas residuales del arroyo “Muerto”.

El estudio de la calidad del agua, requiere de procesos cronológicos y de requisitos necesarios para establecer un resultado correcto, inicialmente, debe identificarse el problema, que en este caso, es necesario determinar las características y parámetros físicos y químicos del arroyo Muerto que se encuentra con el Río Muerto en la Cuenca del Río Lerma.

Estando en el lugar de estudio, se obtienen las muestras y los parámetros posibles en ese momento, para más tarde continuar con los necesarios en laboratorio.

Los resultados que se muestran fueron los promedios de cuatro estudios realizados por los estudiantes de posgrado en ingeniería ambiental y alumnos del grupo de Servicio Social, en el sitio de descarga y cuerpo receptor, en diferentes fechas de finales del 2010 y la última el día 10 de noviembre del 2011.

3.3.1.- Metodología.

Los Alumnos de posgrado establecieron los sitios de muestreo, en cada uno de ellos se hicieron mediciones *in situ* y se tomó una muestra simple de 5 litros. Una de estas estaciones se encuentra en la descarga de agua residual municipal y las siguientes estaciones se propusieron sobre el arroyo Muerto y el río Atlapulco, donde se encuentran asentamientos urbanos y por tanto existen descargas de agua contaminada, estas últimas se realizaron con la finalidad de conocer la calidad del agua del cuerpo receptor (Río Atlapulco).

La primera estación de muestreo del río Atlapulco (río Muerto) fue a una altura de 2987.74 msnm, aguas abajo de donde nace el río, ahí se tomó una muestra representativa y se determinaron en sitio con los equipos electrónicos los parámetros de temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y sólidos disueltos.

Posteriormente en la segunda estación de muestreo, que se ubicó en el río a una altura aproximada de 2972.32 msnm, se volvió a tomar una muestra representativa y se procedió a medir los parámetros antes mencionados.

Ya en la zona urbana, donde hay densidad de población considerable, se ubicaron los otros tres puntos de muestreo, uno donde se presentan la mezcla de descargas de aguas negras provenientes del arroyo Muerto y de la corriente del río Atlapulco, aproximadamente a una altura de 2795.63 msnm, tornándose el agua de color grisáceo, los otros dos puntos de muestreo fueron antes y después de la mezcla y se midieron sus respectivos parámetros.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la unidad de posgrado de la Facultad de Ingeniería UNAM de la División de Ingeniería Civil y Geomática, de acuerdo a la normatividad vigente.

3.3.2.- Resultados *in situ*.

La tabla 1 muestra los resultados más relevantes para el proyecto obtenidos *in situ*, por los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en los laboratorios de la misma.

Parámetros	Zona de descarga	Arroyo Muerto	Río de México (zona de mezcla)
Tirante [m]	0.05	0.08	14
Ancho [m]	0.30	0.52	0.9
Área [m ²]	0.008	0.0416	0.126
Velocidad [m]	1.669	0.468	0.875
Gasto [m ³ /s]	0.0072	0.0119	0.1102
pH	9.5	9.2	9.1
Temperatura [C°]	14.7	15.6	14.5
Conductividad [µs]	1800	1846	995
Oxígeno disuelto [mg/L]	5.1	1.72	5.35
SDT [mg/L]	138	280	140
Coliformes totales	Sí	Sí	Sí
Coliformes fecales	Sí	Sí	Sí
DBO ₅₋₂₀	260	162	268
ST [mg/L]	340	245	250
SFT [mg/L]	250	210	95
SVT [mg/L]	145	35	155
SST	110	20	11
SSF	25	11	5
SSV	75	9	6

Tabla 1, resultados de laboratorio.

3.4.- Gastos de Diseño.

3.4.1.- Población de Diseño.

Para la selección de criterios de diseño de la planta se tomó en consideración un periodo de 15 años contemplando el periodo de construcción.

Con base en los estudios realizados por el INEGI, la población en San Pedro Atlapulco en años anteriores fue:

Población	año
4288	2010
3828	2005
3662	2000

Tabla 2. Datos de población publicados por el INEGI.

Utilizando el método geométrico se calcula la población estimada para el año 2027:

$$P_f = P_0(1 + T.C.)^n$$

$$T.C. = (PU/PP)^{\left(\frac{1}{n}\right)} - 1$$

POBLACIÓN DE SAN PEDRO ATLAPULCO

AÑO	POBLACIÓN TOTAL
1995	3289
2000	3662
2005	3828
2010	4288

Fórmulas de proyección a 15 años de la población

$$P_f = P_0(1 + T.C.)^n$$

$$T.C. = (PU/PP)^{\left(\frac{1}{n}\right)} - 1$$

T.C.=

PU	4288
PP	3662
T	2010
t0	2005
n	15

$$T.C. = (4288/3662)^{\left(\frac{1}{15}\right)} - 1 = 0.01783972$$

$$P.F. = 4288 * (1 + 0.010576)^{15} = 5791.67878$$

La población final a 15 años sería de 5792 habitantes, pero debido a la localización geográfica de la comunidad no se puede tomar un 100% de aporte de agua, debido a que el abastecimiento de agua potable se hace por gravedad y la comunidad se encuentra dividida por un parteaguas natural.

Apoyados por una foto satelital se pudo determinar el camino del parteaguas así como el área urbana con ayuda del software AutoCAD.

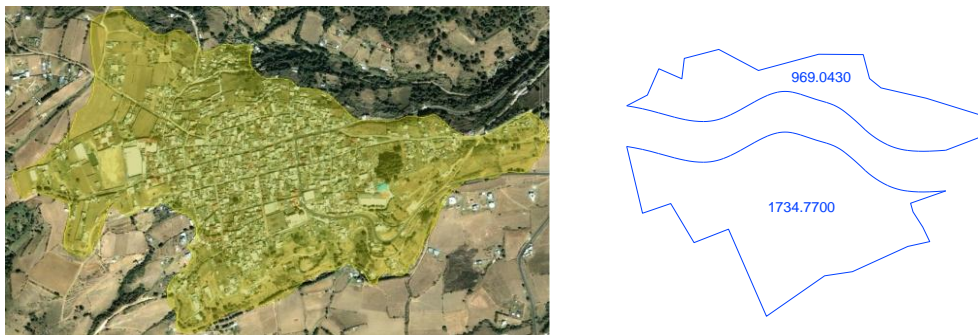


Figura 3.2. Determinación del área de estudio.

Teniendo como zona de estudio la parte sur del poblado, con ayuda de imágenes satelitales podemos estimar una superficie total de 1734 [u²], y suponiendo que la población está repartida uniformemente, se tendría que considerar sólo el 64% de la población en estudio y por consecuencia el mismo porcentaje del abasto de agua potable.

La población en estudio para la zona sur será de 3707 habitantes y para la zona norte su complemento de 2085 habitantes.

3.4.2.- Gastos: mínimo, medio, máximo instantáneo y máximo extraordinario.

Para determinar los gastos de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se debe tomar en cuenta la dotación de agua potable en base al “Estudio de actualización de dotaciones en el país” efectuado por CONAGUA, la cual nos indica algunos parámetros que son:

Consumos Domésticos *per cápita*.

CLIMA	Consumo por clase socioeconómica (l/hab/día)		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
Cálido	400	230	185
Semicálido	300	205	130
Templado	250	195	100

Temperatura media anual [°C]	Tipo de clima
Mayor que 22	Cálido
de 18 a 22	Semicálido
de 12 a 17.9	Templado
de 5 a 11.9	Semifrío
Menor que 5	Frío

Tablas 3 y 4. Dotación de agua potable CONAGUA.

Tomando como referencia los datos de la estación meteorológica número 00015045, La Marquesa, Ocoyoacac para determinar la temperatura media anual.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL
NORMALES CLIMATOLÓGICAS 1971-2000

ESTADO DE: MEXICO

ESTACION: 00015045 LA MARQUEZA, OCOYOACAC LATITUD: 19°18'31" N. LONGITUD: 099°23'16" W. ALTURA: 2,989.0 MSNM.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	16.7	17.8	19.6	20.3	20.3	18.3	16.6	16.7	16.5	16.5	16.4	16.4	17.7
MAXIMA MENSUAL	19.5	20.0	22.0	23.9	23.9	21.5	18.5	18.5	18.9	18.6	18.5	18.6	
AÑO DE MAXIMA	1982	1986	1991	1983	1983	1998	1998	1986	1986	1985	1982	1985	
MAXIMA DIARIA	25.0	29.0	29.6	27.0	28.0	25.5	21.4	21.4	24.4	22.4	21.3	28.6	
FECHA MAXIMA DIARIA	12/1986	06/1979	17/1991	20/1983	02/1983	08/1989	25/1998	17/1973	09/1998	31/1997	10/1994	13/1985	
AÑOS CON DATOS	25	27	26	27	27	27	27	27	26	26	26	26	
TEMPERATURA MEDIA													
NORMAL	7.7	8.6	10.0	11.3	12.3	12.4	11.4	11.5	11.4	10.2	8.6	7.9	10.3
AÑOS CON DATOS	25	27	26	27	27	27	27	27	26	26	26	26	
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-1.3	-0.5	0.5	2.3	4.2	6.5	6.2	6.2	6.3	3.9	0.9	-0.6	2.9
MINIMA MENSUAL	-5.2	-5.0	-3.4	-1.2	0.0	4.8	3.6	4.0	3.8	1.0	-1.9	-4.1	
AÑO DE MINIMA	1996	1998	1996	1989	1976	1994	1994	1974	1974	1987	1988	1990	
MINIMA DIARIA	-10.8	-9.3	-10.2	-4.8	-3.7	-2.0	-0.3	0.3	-3.2	-7.4	-7.0	-9.3	
FECHA MINIMA DIARIA	28/1988	04/1998	02/1998	09/1996	16/2000	01/1980	14/1999	24/1997	30/1995	10/1995	27/1979	15/1997	
AÑOS CON DATOS	25	27	26	27	27	27	27	27	26	26	26	26	

Figura 3.3. Reporte de la estación meteorológica "La marquesa"

Para los casos de los climas semifríos se consideran los mismos valores que para el clima templado (el clima se selecciona en función de la temperatura media anual).

La temperatura promedio anual del municipio es de 10.3°C por lo que se tomó como un clima semi-frío, la población es popular por lo que se consideró una **dotación de 100 [l/hab/día]**.

La aportación estimada a la planta de tratamiento es 80% de la dotación del agua potable por lo tanto:

$$\text{Aportación} = 0.80 * (100) = 80 \text{ l/hab/día}$$

GASTO MEDIO.

$$Q_{med} = \frac{P * A}{86400} = \frac{3707 * 80}{86400} = 3.432 \text{ l/seg}$$

GASTO MÍNIMO.

$$Q_{min} = 0.5 * Q_m = 0.5 * 3.432 = 1.716 \text{ l/seg}$$

GASTO MÁXIMO INSTANTÁNEO.

$$QMI = M * Q_m$$

Coeficiente de Harmon $M = 1 + \frac{14}{4+P^2}$

$$QMI = M * Q_m = 3.362 * 1.716 = 5.771 \text{ l/seg}$$

Con base en los muestreos realizados y a un aforo en la zona de descarga se demostró que el gasto real en esta zona, en la actualidad es de 0.0072[m³/s], lo cual fue corroborado por dos métodos:

- Manning $v = Rh^{\frac{2}{3}} * \frac{S^{\frac{1}{2}}}{n}$
- Caída libre $v = \left(\frac{g}{2} * \frac{X_2^2}{X_1}\right)^{\frac{1}{2}}$

Obteniendo la velocidad se calculó el gasto en función del área, que en este caso fue tomada la sección correspondiente al tirante dentro del tubo a la salida en la zona de descarga.

$$Q \left[\frac{m^3}{s} \right] = v[m/s] * A[m^2]$$

Lo que nos indica que la aportación es mayor a lo propuesto por la CONAGUA, la cual debe ser considerada de 280[l/hab/día], ya contando la reducción del 20%, pues el aforo se realizó en la zona de descarga, por lo tanto, realizando los procesos anteriores pero considerando esta dotación, los gastos de diseño deben ser:

Gastos (Q)	[l/s]	[m³/s]
Medio	12.663	0.0127
Mínimo	6.332	0.0063
Máximo instantáneo	42.583	0.0426
Máximo extraordinario	63.875	0.0639

Tabla 5. Gastos de diseño.

3.4.3.- Descripción y evaluación de alternativas.

El proyecto de una planta de tratamiento es uno de los productos más importantes de la ingeniería ambiental. Para seleccionar y analizar los diagramas de flujo de los procesos viables, se aplica el conocimiento teórico y la experiencia obtenida en la práctica. Esta última es importante en el proyecto y disposición de las instalaciones físicas y en la preparación de planos y especificaciones. Las actividades de la planeación y diseño de una planta de tratamiento, en conjunto, se denominan ingeniería básica del proyecto.

Entre estas actividades, las más importantes son: preparación de diagramas de flujo de procesos, obtención de los datos básicos de diseño, balances de sólidos, líneas piezométricas e implantación.

Una vez que se ha definido la calidad del efluente requerida, el diseño de la planta se realiza de acuerdo con la siguiente secuencia de actividades:

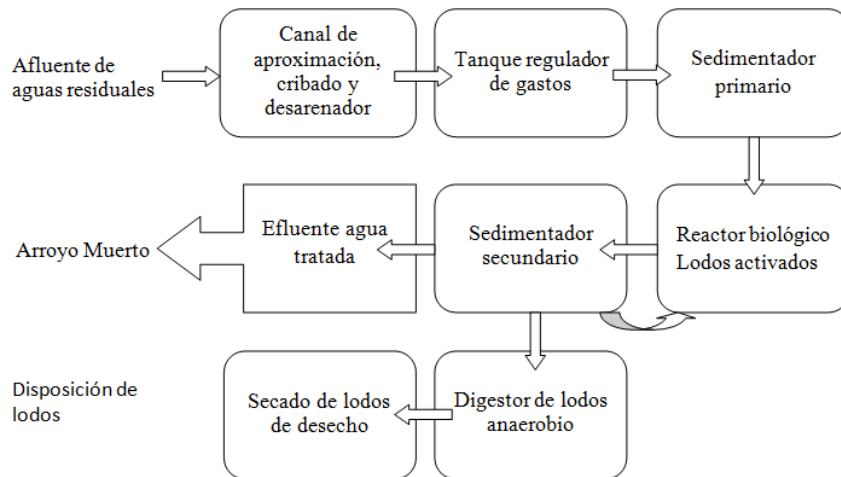
- Síntesis de alternativas de diagramas de flujo
- Aforo y muestreo
- Selección de criterios de diseño
- Dimensionamiento de las instalaciones físicas
- Preparación de balances de sólidos
- Distribución en el terreno de las instalaciones físicas

3.4.4. Propuestas y descripción de alternativas de tratamiento: diagramas de flujo.

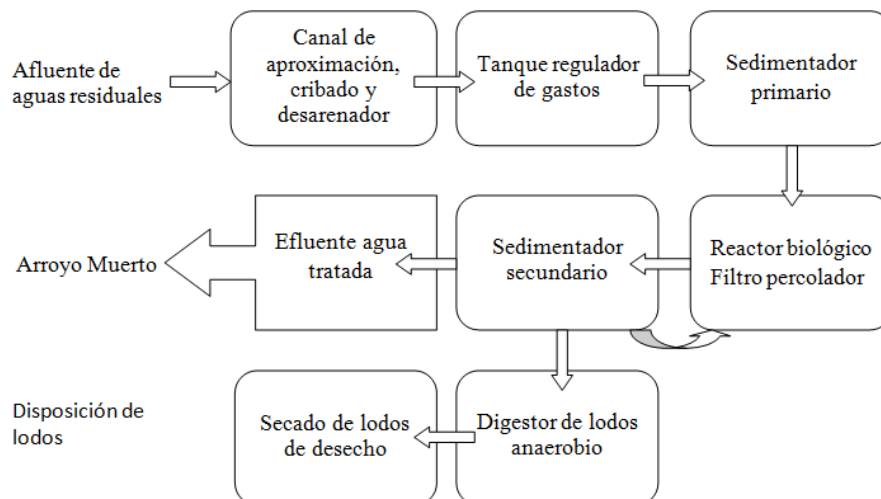
Para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Pedro Atlapulco, municipio de Ocoyoacac, se proponen las siguientes alternativas:

Propuesta de tren de tratamiento

Utilizando un reactor de lodos activados como sistema de saneamiento.



Segunda propuesta: utilizando un filtro percolador como reactor biológico como sistema de saneamiento.



En las dos propuestas se considera una recirculación del Sedimentador secundario al reactor biológico.

Analizando las alternativas propuestas, se ha optado por el filtro percolador como reactor biológico debido a que su costo es menor comparado con el del reactor de lodos activados el cual además, requiere de un equipo y operación más especializado.

Los materiales que pueden ser empleados dentro del filtro percolador como la piedra de río o la madera pueden ser adquiridos dentro de la región, lo cual reducirá el costo, además que los operadores encargados de la planta no requerirán una capacitación tan extensa como en la otra alternativa.

A continuación se presentan los procesos antes mencionados, así como los cálculos correspondientes en cada uno de ellos.

3.5.-Canal de aproximación y cribado.

Corresponde a un canal no erosionable construido en concreto cuyo dimensionamiento se hace a partir de la ecuación de flujo uniforme, donde se decide acerca de las dimensiones finales con base en la eficiencia hidráulica, aspectos prácticos constructivos y económicos.

Los factores que se consideran en el diseño son:

- La clase de material que conforma el cuerpo del canal, que define el coeficiente de rugosidad como $n = 0.014$ para revestimiento en concreto.
- La velocidad mínima permisible que evita la sedimentación de partículas sólidas en el agua residual es de 0.6 [m/s].
- La pendiente del fondo del canal, se establece en 1% y las pendientes laterales igual a cero debido a que se trata de un canal de sección rectangular.
- El caudal de diseño corresponde al gasto máximo extraordinario de 63.87 [L/s].
- La longitud total del canal se propone 3 [m], más 1 [m] para el habilitado de las rejillas.

Para el diseño de este canal se propone partir del gasto y sugerir un ancho de canal para obtener un tirante “y”.

Se debe obtener un área que tenga la capacidad de dar paso a un gasto extraordinario, la cual se puede determinar si dividimos el gasto máximo [m^3/s] entre la velocidad mínima

permisible de 0.6 [m/s] a lo cual nos arroja un área de 0.106 [m²]. Despejando de la fórmula $A=b*y$ y proponiendo un ancho de plantilla de 0.50 [m] nos arroja un tirante de 21 [cm].

Finalmente al establecer un borde libre de 30 [cm], la profundidad total del canal de aproximación será de 51 [cm], considerando el método constructivo se propone una altura de 50 cm por lo que sus dimensiones serían las siguientes:

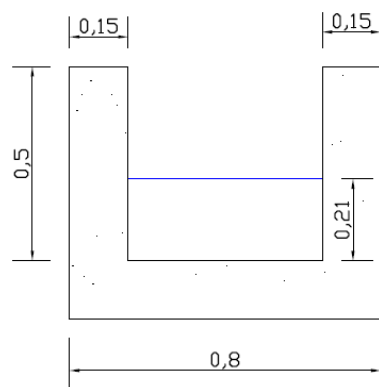


Figura 3.4. Dimensionamiento en metros del canal de aproximación.

Para el diseño de las cribas de limpieza manual se determinaron las siguientes especificaciones considerando barras redondas:

Separación entre barras	3.00 cm
Espesor de barras	0.952 cm
Número de barras	13
Ángulo de inclinación	60°
Hipotenusa	25 cm

Tabla 6. Dimensionamiento de rejilla de cribado.

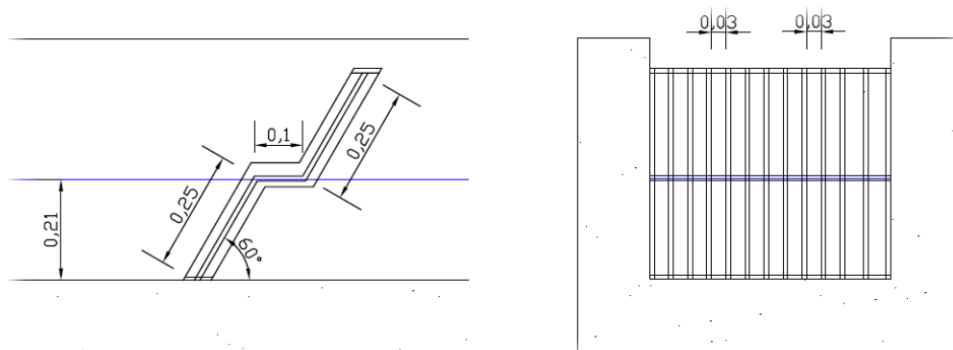


Figura 3.5. Rejilla de cribado, acotaciones en metros.

3.6.-Desarenador.

El desarenador tiene por objeto extraer del agua servida la arena y partículas sólidas más o menos finas de origen inorgánico, de forma que la arena retenida no arrastre materias contaminadas, con el fin de evitar que se produzcan sedimentaciones en los canales y conductos, para proteger las partes móviles de los equipos de la planta contra la abrasión y para evitar sobrecargas de sólidos en las unidades de tratamiento biológico.

Teoría de sedimentación. Fue desarrollada por Hazen y Stokes. Su modelo de sedimentación considera que la velocidad de sedimentación (V) de una partícula sólida es directamente proporcional al cuadrado del diámetro.

$$V = \left(\frac{g}{18 * \mu} \right) (\rho_p - \rho_w) d^2$$

Calculando una velocidad de arrastre de $V_a=2.154$ [m/s] y la velocidad de traslación horizontal $V_h= 0.718$ [m/s]

Para este caso se pretenden retirar sedimentos con un tamaño máximo de partícula de 0.18 [mm], por lo que el desarenador debe contar con las dimensiones siguientes:

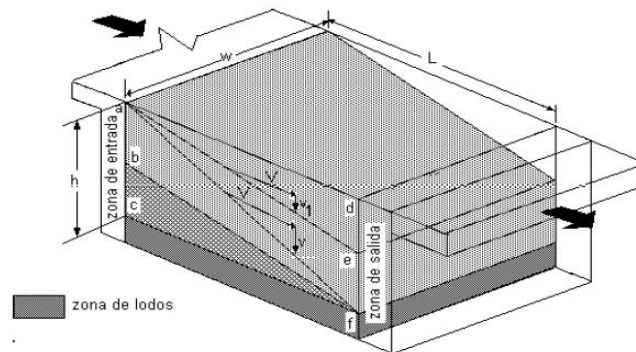


Figura 3.6. Esquema de un tanque de sedimentación ideal (César Valdez, 2003).

Las dimensiones constructivas al interior del desarenador deben ser:

w [m]	0.50
L[m]	5.50
h [m]	0.50
Volumen [m³]	1.37

Tabla 7. Dimensionamiento del desarenador

3.7.-Tanque de Regulación.

Las variaciones horarias del gasto de agua residual pueden tener un efecto adverso en el funcionamiento de los procesos de la planta; el cambio constante de la cantidad y concentración del agua residual a ser tratada propicia que la operación eficiente de los procesos sea difícil.

Además, muchas unidades de tratamiento tendrían que diseñarse para las condiciones de gasto máximo extraordinario, provocando su sobredimensionamiento para las condiciones promedio.

Para prevenir esta situación, es conveniente considerar en el proyecto la construcción de un tanque de igualación u homogeneización, cuya función es amortiguar las variaciones de las descargas de aguas residuales con el fin de tratar un gasto uniforme. La igualación se puede usar también para amortiguar las variaciones en el pH y en la concentración de constituyentes tóxicos presentes en el agua residual a tratar. La igualación del gasto no forma parte de un proceso de tratamiento, pero puede mejorar significativamente el funcionamiento de una planta existente e incrementar su capacidad útil. En el proyecto de plantas nuevas, la igualación del gasto puede reducir el tamaño y costo de las unidades de tratamiento.

De la variación del gasto horario típico publicado por CONAGUA, tenemos un coeficiente de regulación $R = 11$, por lo tanto la capacidad de regulación será:

$$C = (1.2)(R)(Qmd) = 236.20 [m^3]$$

Para contener la cantidad de volumen de almacenamiento se proponen las siguientes dimensiones considerando el proceso constructivo:

Volumen [m³]	238.70
Altura interna [m]	3.85
Ancho [m]	6.20
Largo [m]	10.00

Tabla 8. Dimensionamiento del tanque regulador utilizando una variación de gasto típico.

Comprobando con el método gráfico se tiene la siguiente tabla con una dotación para comunidad considerando un hidrógrama típico de la zona de descarga de aguas residuales.

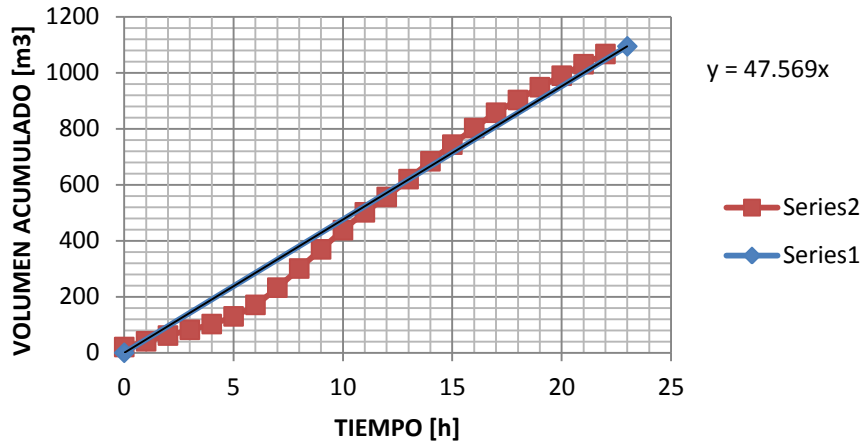


Figura 3.7. Curva masa

Utilizando este método podemos determinar el gasto de diseño que es la pendiente de la línea de tendencia $Q = 47.56 \text{ [m}^3/\text{h]}$ (figura 3.7), además, el volumen requerido será el resultado de la operación entre el máximo faltante menos el máximo excedente (figura 3.8).

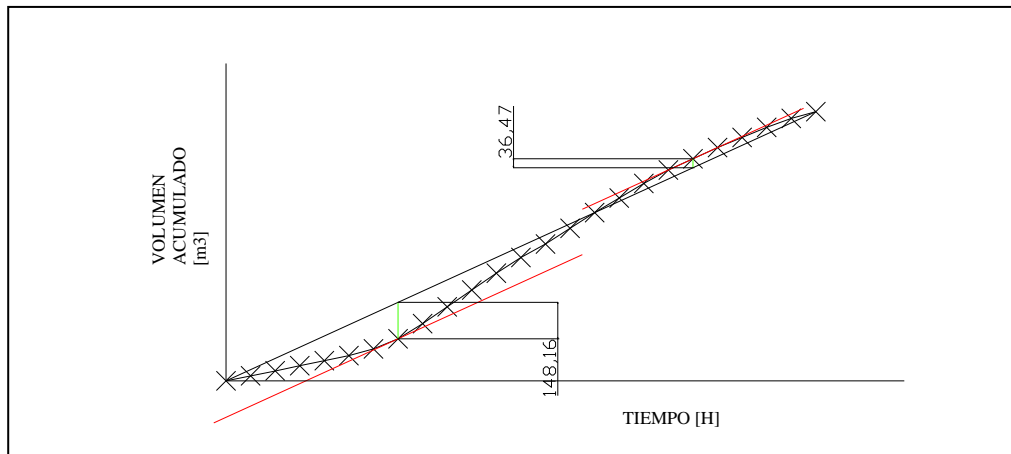


Figura 3.8. Método Gráfico para cálculo de volumen de tanque regulador de gastos.

$$V[\text{m}^3] = 148.16 - 36.47 = \mathbf{111.69[\text{m}^3]}$$

Las dimensiones internas considerando el proceso constructivo del tanque de regulación serían:

Ancho [m]	6.0
Largo [m]	7.00
Altura [m]	3.00
Volumen [m³]	126

Tabla 9. Dimensionamiento interno del tanque de regulación de gastos

3.8.- Sedimentador Primario.

El objetivo del Sedimentador primario es remover una fracción de materia orgánica en suspensión; debe tener un tiempo de retención entre 1.5 -3 horas, ya que el material orgánico es ligeramente más pesado que el agua, se sedimenta lentamente y también este tiempo es suficiente para remover del 50 al 65% de sólidos sedimentables y del 25 al 35% de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno).

Siempre que un líquido contenga sólidos en suspensión y se encuentre en un estado de relativo reposo, los sólidos de peso específico superior al del líquido que lo contiene, en este caso el agua residual, tenderán a depositarse en el fondo y estos ser retirados fácilmente por medios mecánicos y llevados a un tanque estabilizador. Los sólidos, grasas y espumas que tienen un peso específico menor, tienden a ascender y estos pueden ser retirados por medio de rastras mecánicas o manuales.

El gasto para calcular las dimensiones, tiempo de retención y porcentajes de remoción de sólidos suspendidos y DBO es el gasto proveniente del tanque regulador.

$$Q_{diseño} = Q_{Salida\ tanque} = 1141.55 \text{ m}^3/d$$

Conociendo el gasto y utilizando una carga superficial de 35 [$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$], las características del Sedimentador primario son:

Q diseño [m^3/d]	1141.55
Eficiencia [%]	60.00
Carga superficial [$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$]	35.00
Área Sedimentador [m^2]	31.26
Diámetro interno [m]	6.30
Tanque circular: Diámetro [m]	6.60
Profundidad [m]	3.60
Volumen [m^3]	112.53
Tiempo retención [hr]	2.47
Número de vertedores	2

Tabla 10. Características de diseño del Sedimentador primario.

Conociendo las características del agua residual y considerando un 95 % de humedad en los sólidos totales y con nuestro diseño del sedimentado primario se calcula la producción de lodos.

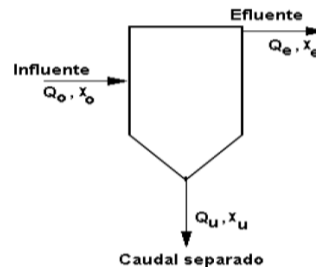


Figura 3.9. Diagrama de un balance de masas dentro del Sedimentador primario.

SS (mg/L)	DBO (mg/L)	Área (m ²)	Qdis m ³ /d
220.00	260.00	31.26	1141.656

Para el gasto de diseño se tiene:

Qm m ³ /d	CS (m ³ /m ² d)	Xe %	DBO %	Xe mg/L	DBO mg/L
1141.656	36.521	65	35	77	169.0

Qo m ³ /d	Xo mg/L	Xu mg/L	Xe mg/L	Qe m ³ /d	Qu m ³ /d
1141.656	220.00	50000.00	77	1138.38583	3.270

Tabla 11. Características del afluyente y efluente en el Sedimentador primario.

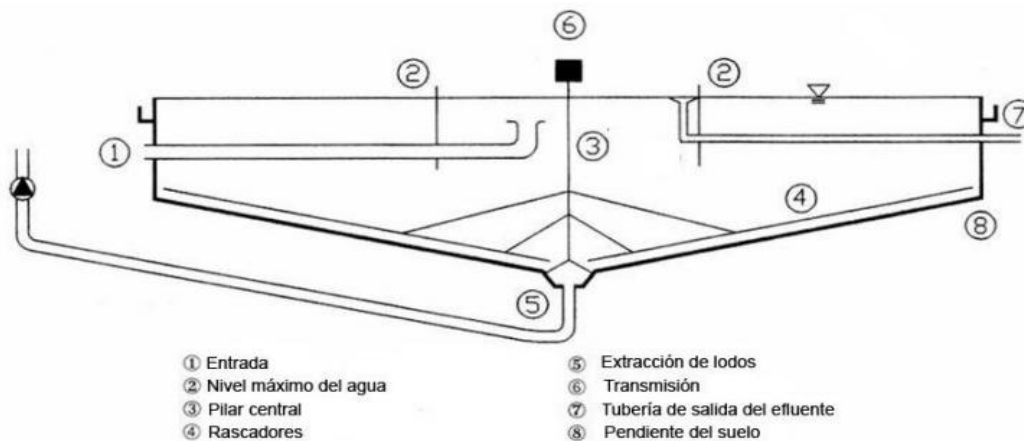


Figura 3.10. Diagrama de un Tanque de sedimentación primaria circular (Horan, 2003).

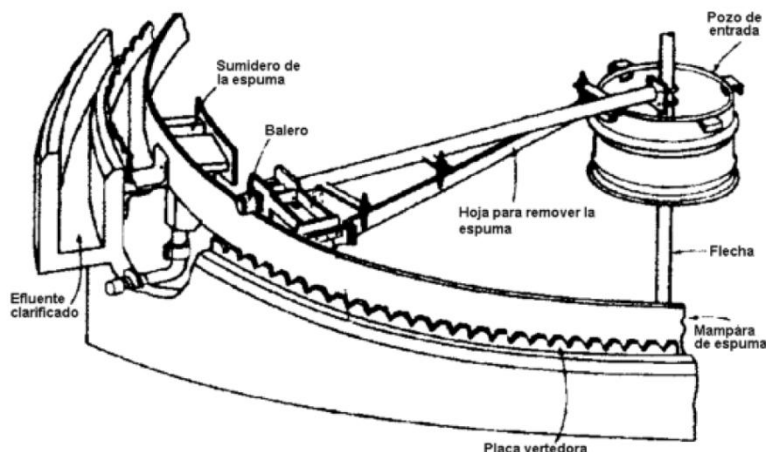


Figura 3.11. Dispositivo de remoción de espumas de un Sedimentador primario circular

(César Valdez, 2003).

3.9.-Filtro Percolador.

Un filtro percolador es un filtro biológico de lecho fijo que opera bajo condiciones principalmente aerobias. Se “deja caer” o rocía agua de desecho decantada sobre el filtro. Al migrar el agua por los poros del filtro, la materia orgánica se degrada por la biomasa que cubre el material del filtro.

El filtro percolador se llena con material de alta superficie específica, tales como piedras, grava, botellas de PVC trituradas, o material filtrante preformado especialmente. Preferiblemente debe ser un material con una superficie específica de entre 30 y 900 $[m^2/m^3]$. Para prevenir obstrucciones y asegurar un tratamiento eficiente es esencial un pre-tratamiento. El agua residual pre-tratada se “deja caer” sobre la superficie del filtro. Los organismos que se desarrollan en una delgada capa en la superficie del material oxidan la carga orgánica produciendo dióxido de carbono y agua, generando nueva biomasa.

El agua residual entrante es rociada sobre el filtro con el uso de un rociador rotatorio. De esta manera, el material del filtro pasa por ciclos de saturación y de exposición al aire. Sin embargo, el oxígeno se reduce en la biomasa y las capas más internas pueden ser anóxicas o anaeróbicas. El filtro normalmente tiene de 1 a 3 m de profundidad, pero los filtros hechos con material plástico más ligero pueden ser de hasta 12 m de profundidad.

El material ideal para el filtro tiene una elevada relación superficie/volumen, es ligero, duradero y permite que el aire circule. Siempre que estén disponibles, las piedras trituradas

o la grava son la opción más económica. Las partículas deben ser uniformes de manera que el 95% de las partículas tengan un diámetro entre 7 y 10 cm.

Ambos extremos del filtro están ventilados para permitir que el oxígeno pase a lo largo de su superficie. Una losa perforada sostiene el fondo del filtro y permite que el efluente y el exceso de lodo se recolecten.

Con el tiempo la biomasa engrosará y la capa sujeta se quedará sin oxígeno; entrará en un estado endógeno, perderá su habilidad de mantenerse sujeta y se liberará. Las condiciones de alta carga provocarán también la separación. El efluente recolectado debe ser clarificado en un tanque de sedimentación para eliminar cualquier biomasa que se haya desprendido del filtro. El índice de carga hidráulica y de nutrientes (la cantidad de agua residual que se surte al filtro) está determinada por las características del agua residual, el tipo del material del filtro, la temperatura ambiental y las necesidades de descarga.

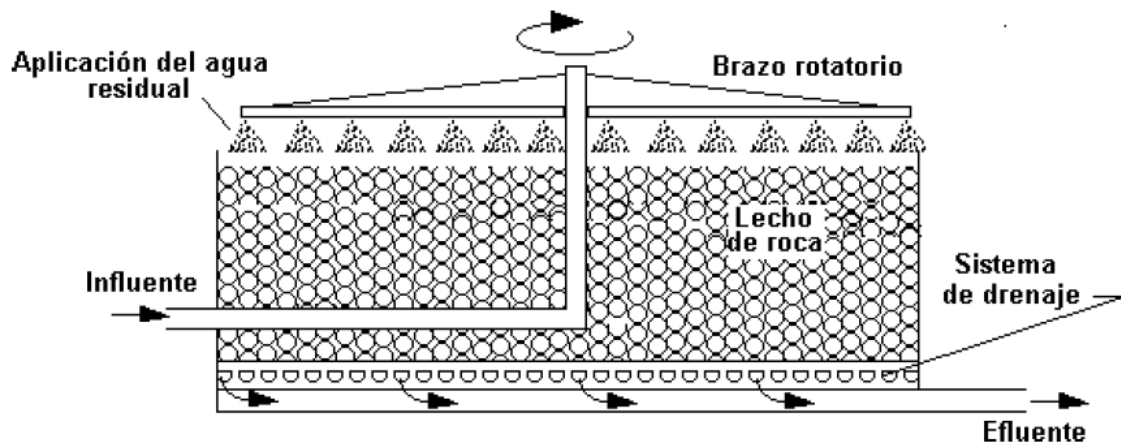


Figura 3.12. Esquema de la sección transversal de un filtro percolador (César V. 2003).

El filtro biológico se calculó considerando una temperatura del agua a 10[°C] pues es la temperatura promedio anual en el lugar y es el caso más desfavorable que puede presentarse.

Se debe tener en cuenta que existe desprendimiento de la biomasa, lo cual afecta a la cantidad de sólidos en suspensión incrementado su cantidad en el efluente del filtro percolador, los cuales deben ser removidos en el Sedimentador secundario.

Las especificaciones de diseño son:

Q de diseño [m³/día]	1140.02
DBO afluente [mg/l]	169.00
Diámetro interno del filtro [m]	10.00
Altura interna del filtro [m]	3.50
Volumen de lecho de roca [m³]	274.89
Carga orgánica [Kg/l]	0.70

Tabla 12. Características de diseño para el filtro percolador.

Calculando la constante de tratabilidad para 10 °C de la fórmula

$$Kt = K_{20} * 1.035^{20-t}$$

Donde K₂₀ es 0.06 [min⁻¹] y el resultado K₁₀= 0.042 [min⁻¹].

Utilizaremos la ecuación de Eckenfelder (Metcalf y Eddy 1991):

$$\frac{se}{s0} = e^{-\left(\frac{kh}{q^n}\right)}$$

Se= Concentración de sustrato en el efluente

S0= Concentración de sustrato en el afluente

h= profundidad del medio

q= tasa de carga hidráulica m³/m² min

k= constante de tratabilidad de AR con relación al medio, min⁻¹

n= coeficiente relativo a las características del medio (0.67 para roca)

Despejando la concentración de sustrato del afluente podemos obtener la concentración de salida del filtro percolador.

DBOe [mg/L]	S.S. [mg/L]
6.64	89.20

Tabla 13. Características del agua residual a la salida del filtro percolador.

3.10.- Sedimentador secundario.

La biomasa generada en el tratamiento secundario constituye una carga orgánica significativa que es necesario remover para que el efluente pueda ajustarse a las normas oficiales mexicanas (NOM's) correspondientes. En estanques y lagunas la remoción se logra por sedimentación en el mismo reactor. En los sistemas de lodos activados y de cultivo adherido los sólidos se remueven en sedimentadores secundarios. Debido a que las características de los sólidos biológicos en los sistemas de cultivo suspendido y adherido tienen diferencias significativas, el diseño y operación de los sedimentadores secundarios en estos sistemas también son diferentes. El sedimentador secundario es importante debido a la carga grande de sólidos y a la naturaleza esponjosa del flóculo biológico de la capa de biomasa en el filtro percolador. Además, es conveniente que el lodo reciclado haya sido bien espesado para ser transferido al digester de lodos.

Para los cálculos no se consideró la recirculación propuesta al afluente del filtro bilógico ya que afecta a la eficiencia del filtro. Sin embargo, los sólidos suspendidos se incrementa ya que la biomasa presente en el filtro percolador se desprende, por lo cual, se considera que un 30% de DBO removida se convierte en SST(Sólidos Suspendidos Totales).

Las características de diseño son:

Q diseño [m³/d]	1140.02
Eficiencia [%]	60.00
Carga superficial [m³/m²*d]	35.00
Área Sedimentador [m²]	32.61
Díámetro interno [m]	4.55
Profundidad [m]	3.00
Volumen [m³]	97.85
Tiempo retención [hr]	2.06
Numero de vertedores	2

Tabla 14. Características de diseño del Sedimentador secundario.

Conociendo las características del agua residual y considerando un 95 % de humedad en los sólidos totales y con nuestro diseño del sedimentado primario se calcula la producción de lodos.

SS (mg/L)	DBO (mg/L)	Área (m ²)	Qdis m ³ /d
89.20	6.64	32.62	1140.022

Para el Gasto de diseño se tiene:

Qm m ³ /d	CS (m ³ /m ² d)	Xe %	DBO %	Xe mg/L	DBO mg/L
1140.022	34.949	65	35	31.22	4.3170

Qo m ³ /d	Xo mg/L	Xu mg/L	Xe mg/L	Qe m ³ /d	Qu m ³ /d
1140.022	89.20	50000.00	31.22	1138.699	1.322

Tabla 15. Características del afluente y efluente del Sedimentador secundario.

Se puede observar que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) sería de 4.3 [mg/L] y 31.22 [mg/L] de Sólidos Suspendedos Totales (SST) con lo que se estarían por debajo de los límites establecidos por la Secretaría del Medio Ambiente en la NOM- 001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de agua residual en aguas y bienes nacionales.

Los límites máximos permisibles para la descarga en ríos son de 30 [mg/L] de DBO y de 40 [mg/L] de SST por lo que se cumpliría en cuestión de DBO y en el caso de los sólidos estamos dentro de los límites permitidos, aunque se puede considerar el agregar un floculante para reducirlos en el efluente.

3.11.- Digestor de Lodos.

La estabilización de lodos se lleva a cabo principalmente para reducir la presencia de patógenos, eliminar olores desagradables y reducir o eliminar su potencial de putrefacción. La supervivencia de microorganismos patógenos y la proliferación de olores en el lodo se producen cuando se permite que los microorganismos se desarrollen sobre la fracción orgánica del mismo.

La digestión anaerobia es uno de los procesos más antiguos empleados en la estabilización de lodos. En este proceso se proporciona la degradación de la materia orgánica contenida en el lodo residual en ausencia de oxígeno molecular.

En el proceso de digestión anaerobia, la materia orgánica contenida en la mezcla de lodos secundarios se convierte en metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) principalmente. El proceso se lleva a cabo en un reactor completamente cerrado. Los lodos se introducen en el reactor de forma continua o intermitente y permanecen dentro de estos tanques durante periodos de tiempo considerables. El lodo estabilizado que se extrae del proceso, tiene un bajo contenido de materia orgánica y de microorganismos patógenos vivos.

El tiempo de requerido para la digestión de lodos varía con respecto a la temperatura como se indica en la siguiente tabla:

Temperatura [°C]	Tiempo de digestión [Días]
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Tabla 16. Tiempos de retención para estabilización de lodos según temperatura promedio anual.

La frecuencia de remoción de lodos se calculará con base en esos tiempos referenciales, considerando que existe una mezcla de lodos frescos y de lodos digeridos, esos últimos ubicados en el fondo del digester, el cual debe tener la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos) para facilitar el retiro de los lodos digeridos.

De este modo el intervalo de tiempo entre extracciones de lodos sucesivas deberá ser por lo menos el tiempo de digestión a excepción de la primera extracción en la que se deberá esperar el doble de tiempo de digestión.

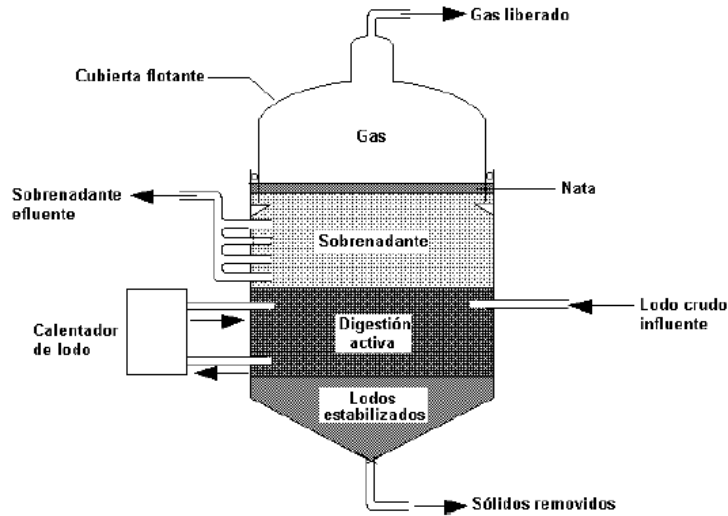


Figura 3.13. Esquema de un digestor anaerobio de tasa estándar (César V.2003).

Las características que del digestor de lodos se consideraron con base en el balance de masas del digestor secundario, los lodos provenientes del sedimentador primario no es necesario que se realice este procedimiento ya que la cantidad de materia orgánica y de patógenos es mínima, además que un 60% de la materia orgánica que se encuentra en los lodos secundarios se convierte en productos finales líquidos y gaseosos.

Las características de diseño son:

Diámetro [m]	9.00
Altura [m]	3.00
Volumen de digestión [m³]	190.85
Altura en zona de lodos estabilizados [m]	1.00
Volumen de lodos estabilizados [m³]	21.20
Volumen total [m³]	2012.05
Tiempo de redención [días]	76
Extracción de lodos [días]	15

Tabla 17. Dimensionamiento del digestor de lodos considerando los tiempos de retención.

3.12.-Lecho de Secado de lodos.

Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos), lo cual resulta ideal para pequeñas comunidades.

Pueden ser contruidos de mampostería, de concreto o de tierra (con diques), con profundidad total útil de 50 a 60 [cm]. El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 [m], pero para instalaciones grandes pueden sobrepasar los 10 [m].

El medio de drenaje es generalmente de 0.30 [m] de espesor y deberá tener los siguientes componentes:

- El medio de soporte recomendado está constituido por una capa de 0.15 [m] formada por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 0.02 a 0.03 [m] llena de arena.
- La arena es el medio filtrante y deberá tener un tamaño efectivo de 0.3 a 1.3 [mm]
- Debajo de la arena se deberá colocar un estrato de grava graduada hasta 0.20 [m] de espesor.

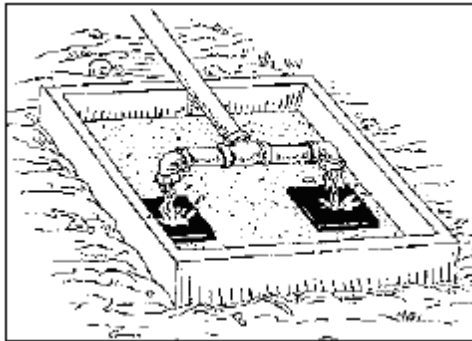


Figura 3.14. Ejemplo del Vaciado de lodos en zona de secado.

Dentro de la planta se ha destinado un área de 100 [m²] para la construcción de canalones con las características antes descritas (figura 3.14), capaces de deshidratar la producción de lodos estabilizados acumulados en los setenta y seis días de retención, con un volumen aproximado de 100.53 [m³] con humedad y 5.02 [m³] ya en un estado seco y listo para su disposición final.

3.13.- Distribución de las instalaciones físicas en el terreno propuesto

Las autoridades comunales han destinado un predio localizado en la parte sur-oeste de la población, donde se encuentra la zona de descarga, en el cual los estudiantes de la carrera de Ingeniería Geomática, miembros del proyecto “Servicio Social con aplicación directa a la sociedad” realizaron los estudios topográficos determinando un área libre y sin afectar a la red de drenaje pluvial y sanitaria de 1647 [m²].

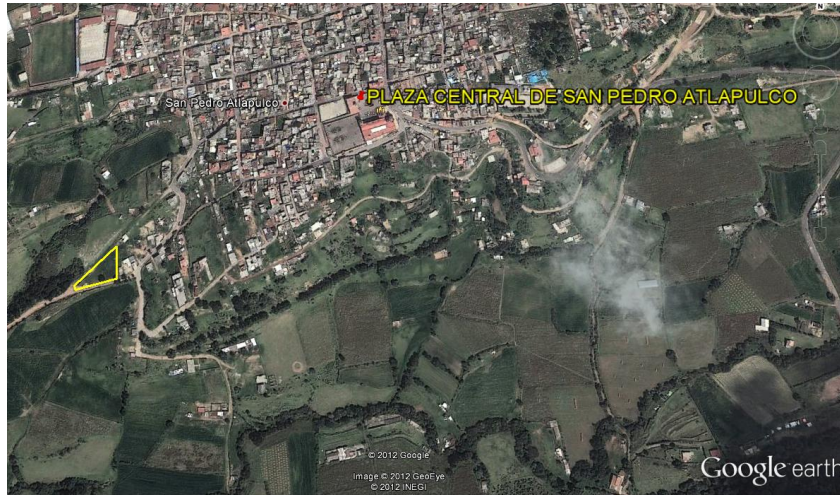


Figura 3.15. Zona propuesta para la construcción de planta de tratamiento.

Se tomaron como referencia los pozos de visita de la red de drenajes (pluvial y sanitario) como puntos de referencia y bancos de nivel, que se encuentran registrados en planos topográficos realizados por el Sistema de Aguas de la Ciudad. Estos planos están en poder de las autoridades de pueblo de San Pedro Atlapulco quienes los proporcionaron para dichas referencias.

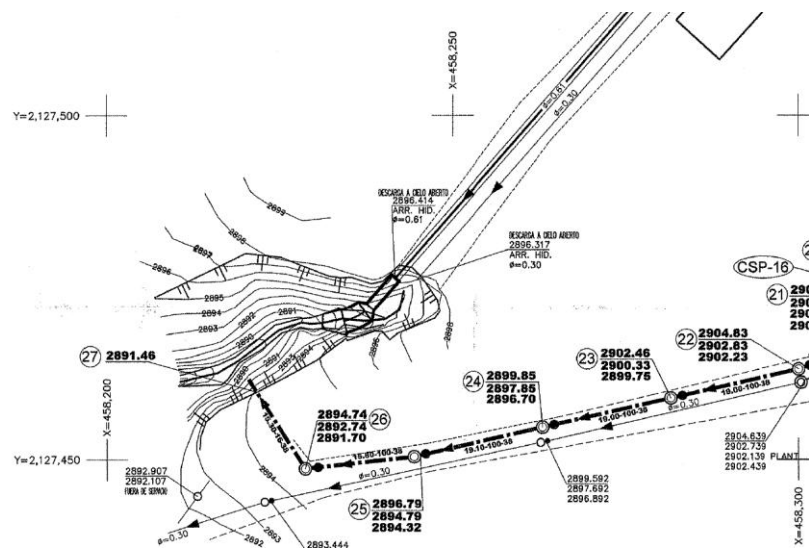
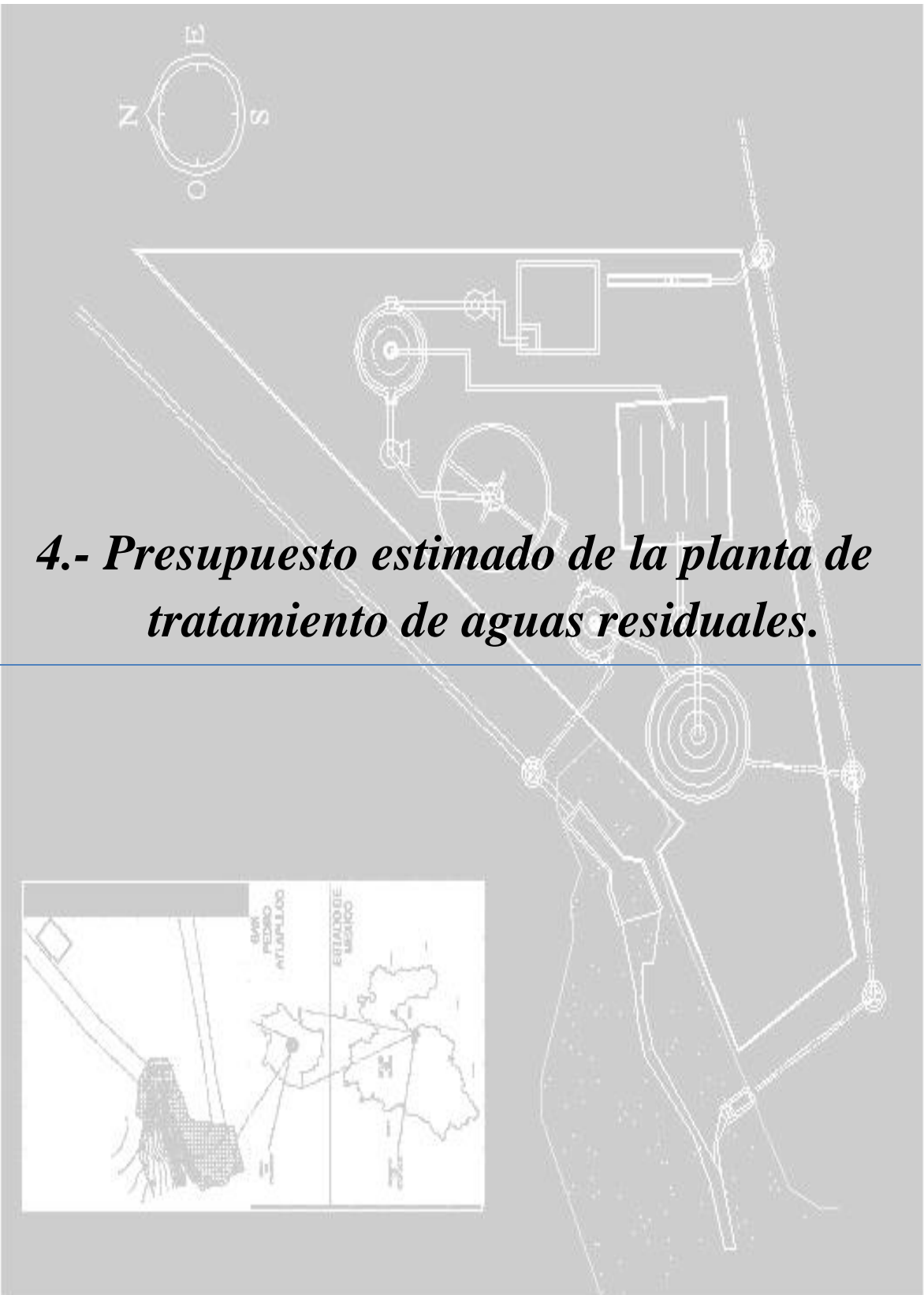
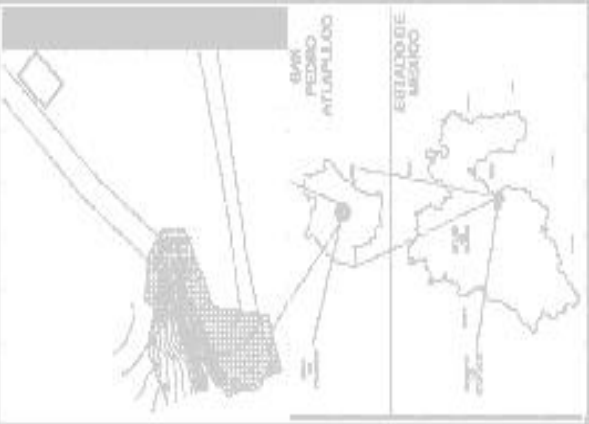


Figura 3.16. Red de drenaje pluvial y sanitario en zona de descarga sur.



4.- Presupuesto estimado de la planta de tratamiento de aguas residuales.



Se presenta a petición de las autoridades un presupuesto estimado del costo total de la planta de tratamiento de aguas residuales de la zona sur de San Pedro Atlapulco, el costo real del proyecto será presentado con la ingeniería a detalle la cual se realizara si es aprobado el proyecto.

Se entrega de manera adjunta los presupuestos desglosados de la obra, de la siguiente manera:

- Presupuesto general de la obra.
- Presupuesto de obra: Canal de aproximación, cribado y desarenador.
- Presupuesto de obra: Tanque de regulación y homogenización de gastos.
- Presupuesto de obra: Sedimentador Primario.
- Presupuesto de obra: Filtro Biológico (filtro percolador).
- Presupuesto de obra: Sedimentador Secundario.
- Presupuesto de obra: Digestor anaerobio de lodos de desecho.
- Presupuesto de obra: Zona de secado de lodos estabilizados
- Presupuesto de obra: Barda perimetral del predio que alojara a la planta

Estos presupuestos, se han realizado de acuerdo a los precios y costos actuales, realizado esto por medio de un análisis de diferentes cotizaciones. En el caso del equipamiento se indica para cada estructura el tipo, tamaño, modelo y marca seleccionada para el correcto funcionamiento, tanto particular de los equipos como del sistema de tratamiento considerado este como un conjunto integral pero deben evaluarse nuevamente con los datos se obtenga en la ingeniería a detalle.

Se anexan las hojas de cada partida a fin de que se pueda llevar a cabo por la dependencia el análisis de ellas, y en su caso la licitación de la planta de tratamiento, por partidas, por etapas de construcción o como sea decidido por las autoridades correspondientes.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ZONA SUR DE LA
POBLACIÓN DE SAN PEDRO ATLAPULCO, MUNICIPIO DE OCOYOACAC, ESTADO DE
MÉXICO

Presupuesto general de la obra.

<i>Concepto</i>	<i>Importe</i>
Obras preliminares	\$246,319.83
Canal de aproximación, cribado y desarenador	\$12,766.49
Tanque de regulación de gastos	\$392,339.63
Sedimentador primario	\$319,755.73
Filtro percolador	\$460,125.37
Sedimentador secundario	\$376,356.72
Estabilizador de lodos	\$470,289.08
Zona de secado y disposición de lodos	\$128,207.91
Barda perimetral	\$461,297.59
Importe total	\$2,867,458.37

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ZONA SUR DE SAN PEDRO
ATLAPULCO, ESTADO DE MÉXICO

Presupuesto de obra:

Canal de aproximación, cribado y desarenador

OBRAS PRELIMINARES EN EL PREDIO					
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE	
TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO PARA EXCAVACION PARA ALOJAR CANAL DE APROXIMACION Y DESARENADOR INCLUYE: HERRAMIENTA, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	1642.88	\$6.20	\$10,185.86	
DESPALME Y DESMONTE EN SUELO TIPO 2 POR MEDIOS MECANICOS, A CIELO ABIERTO POR MEDIOS MECANICOS, INCLUYE: TRAZO, NIVELACION, HERRAMIENTA, SEÑALIZACION, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	1642.88	\$126.52	\$207,857.18	
RETIRO Y VIAJE DE ESCOMBRO FUERA DE LA OBRA EN CAMIÓN DE VOLTEO DE 7.00 M3. INCLUYE: ACARREO HORIZONTAL Y VERTICAL DESDE EL SITIO DE TIRO DENTRO DE LA OBRA A PRIMERA ESTACIÓN: DE VOLTEO (20 KM), LIMPIEZA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	VIAJE	20.00	\$1,413.84	\$28,276.80	
CIMENTACION					
TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO PARA EXCAVACION PARA ALOJAR SUBESTACION INCLUYE: HERRAMIENTA, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	10.00	\$6.20	\$62.00	
EXCABACION EN SUELO TIPO 2 POR MEDIOS MECANICOS, A CIELO ABIERTO POR MEDIOS MECANICOS, INCLUYE: TRAZO, NIVELACION, HERRAMIENTA, SEÑALIZACION, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M3	8.00	\$78.33	\$626.64	
PLANTILLA DE CONCRETO F'c=100 KG/CM2 HECHO EN OBRA, DE 5 CMS DE ESPESOR, INCLUYE ELABORACION DEL CONCRETO, ACARREO DE MATERIALES A 20 MTS DE	M3	0.40	\$783.27	\$313.31	
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	KG	186.23	\$19.22	\$3,579.34	
MUROS					
CIMBRA COMUN EN MUROS DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	26.00	\$183.06	\$4,759.56	
CONCRETO PREMEZCLADO F'c=250 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	M3	2.16	\$1,394.74	\$3,012.64	
OTROS					
ABILITADO Y ARMADO DE REJILLA CON BARRAS DE 3/8 DE PULGADA INCLUYE MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION	PZA	1.00	\$413.00	\$413.00	
				SUBTOTAL	\$259,086.32

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ZONA SUR DE SAN PEDRO
ATLAPULCO, ESTADO DE MÉXICO

Presupuesto de obra:

Tanque de regulación y homogenización de gastos.

PRELIMINARES				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE
TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO PARA EXCAVACION PARA ALOJAR TANQUE REGULADOR INCLUYE: HERRAMIENTA, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	110.00	\$6.20	\$682.00
EXCABACION EN SUELO TIPO 2 POR MEDIOS MECANICOS, INCLUYE: TRAZO, NIVELACION, HERRAMIENTA, SEÑALIZACION, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M3	385.00	\$78.33	\$30,157.05
RETIRO Y VIAJE DE ESCOMBRO FUERA DE LA OBRA EN CAMIÓN DE VOLTEO DE 7.00 M3. INCLUYE: ACARREO HORIZONTAL Y VERTICAL DESDE EL SITIO DE TIRO DENTRO DE LA OBRA A PRIMERA ESTACIÓN: DE VOLTEO (20 KM), LIMPIEZA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	VIAJE	64.17	\$1,413.84	\$90,721.40
CIMENTACION				
PLANTILLA DE CONCRETO FC=100 KG/CM2 HECHO EN OBRA, DE 5 CMS DE ESPESOR, INCLUYE ELABORACION DEL CONCRETO, ACARREO DE MATERIALES A 20 MTS DE	M3	5.50	\$783.27	\$4,307.99
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	KG	707.67	\$19.22	\$13,601.50
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #5 FY=4200 KG/CM2 EN MUROS, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	kg	825.79	\$19.22	\$15,871.60
CONCRETO PREMEZCLADO FC=250 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	M3	15.05	\$1394.74	\$20,988.05
CIMBRA COMUN EN LOSA DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	8.52	\$183.06	\$1,559.67
MUROS				
CIMBRA COMUN EN MUROS DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	97.30	\$183.06	\$17,811.74
CONCRETO PREMEZCLADO FC=250 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	M3	24.48	\$1,394.74	\$34,143.24
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200	KG	2,110.61	\$19.22	\$40,565.87

KG/CM2 EN MUROS, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN

BANDA OJILLADA DE 8" PARA JUNTA DE CONCRETO INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, HERRAMIENTA Y EQUIPO	ML	28.40	\$73.84	\$2,097.06
---	----	-------	---------	------------

LOSA TAPA

SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN LOSA TAPA, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	KG	648.70	\$19.22	\$12,468.04
--	----	--------	---------	-------------

CIMBRA COMUN EN LOSA TAPA DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	55.17	\$183.06	\$10,099.42
--	----	-------	----------	-------------

CONCRETO PREMEZCLADO FC=250 KG/CM2 EN LOSA TAPA, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	M3	7.52	\$1,394.74	\$10,494.02
--	----	------	------------	-------------

OTROS

ELECTROBOMBATIPOCENTRIFUGA VERTICAL MCA.BNJ CONDESCAR GADE10", ACOPLADA DIRECTAMENTE AMOTORELECTRICO MCAUSDE30HP DE POTENCIA, TRIFASICO, 1800RPM, PARA MANEJAR UNGASTODE848L.P.M. @10mcH2o	PZA	2.00	43,385.50	\$86,771.00
--	-----	------	-----------	-------------

MATERIAL ELECTRICO, EQUIPO Y CONEXIONES, MANO DE OBRA, OBRA CIVIL Y TODO LO NECESARIO PARA SU COLOCACION	LOTE	1	64 447.20	\$64 447.20
--	------	---	-----------	-------------

SUBTOTAL

\$392,339.63

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ZONA SUR DE SAN PEDRO
ATLAPULCO, ESTADO DE MÉXICO

Presupuesto de obra:

Sedimentador Primario.

PRELIMINARES					
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE	
TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO PARA EXCAVACION PARA ALOJAR SEDIMENTADOR PRIMARIO INCLUYE: HERRAMIENTA, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	160.00	\$6.20	\$992.00	
EXCABACION EN SUELO TIPO 2 POR MEDIOS MECANICOS, INCLUYE: TRAZO, NIVELACION, HERRAMIENTA, SEÑALIZACION, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M3	640.00	\$783.27	\$6,266.16	
RETIRO Y VIAJE DE ESCOMBRO FUERA DE LA OBRA EN CAMIÓN DE VOLTEO DE 7.00 M3. INCLUYE: ACARREO HORIZONTAL Y VERTICAL DESDE EL SITIO DE TIRO DENTRO DE LA OBRA A PRIMERA ESTACIÓN: DE VOLTEO (20 KM), LIMPIEZA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	VIAJE	53.33	\$1,413.84	\$75,404.80	
CIMENTACION					
PLANTILLA DE CONCRETO FC=100 KG/CM2 HECHO EN OBRA, DE 5 CMS DE ESPESOR, INCLUYE ELABORACION DEL CONCRETO, ACARREO DE MATERIALES A 20 MTS DE	M3	8.00	\$783.27	\$6,266.16	
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	KG	483.97	\$19.22	\$9,301.83	
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #5 FY=4200 KG/CM2 EN MUROS, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	kg	564.74	\$19.22	\$10,854.31	
CONCRETO PREMEZCLADO FC=250 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	M3	10.29	\$1394.74	\$14,353.36	
CIMBRA COMUN EN LOSA DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	8.30	\$183.06	\$1,520.30	
MUROS					
CIMBRA COMUN EN MUROS DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	149.49	\$183.06	\$27,365.32	
CONCRETO PREMEZCLADO FC=250 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	M3	11.57	\$1,394.74	\$16,131.39	
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN MUROS, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	KG	997.18	\$19.22	\$19,165.85	
BANDA OJILLADA DE 8" PARA JUNTA DE CONCRETO INCLUYE:	ML	20.29	\$73.84	\$1,498.21	

SUMINISTRO, COLOCACION, HERRAMIENTA Y EQUIPO

OTROS				
ELECTROBOMBATIPOCENTRIFUGAVERTICALMCA.BNJCONDESCAR GADE10", ACOPLADADIRECTAMENTEAMOTORELECTRICOMCAUSDE30HPDEP OTENCIA,TRIFASICO,1800RPM,PARAMANEJARUNGASTODE848L.P.M. @10mcH2o	PZA	2.00	\$43,385.50	\$86,771.00
MATERIAL ELECTRICO, EQUIPO Y CONEXIONES, MANO DE OBRA, OBRA CIVIL Y TODO LO NECESARIO PARA SU COLOCACION	LOTE	1	\$64 447.20	\$64 447.20
			SUBTOTAL	\$319,755.73

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ZONA SUR DE SAN PEDRO
ATLAPULCO, ESTADO DE MÉXICO

Presupuesto de obra:

Filtro Biológico (filtro percolador)

PRELIMINARES					
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE	
TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO PARA EXCAVACION PARA ALOJAR FILTRO PERCOLADOR INCLUYE: HERRAMIENTA, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	197.00	\$6.20	\$1,221.40	
EXCABACION EN SUELO TIPO 2 POR MEDIOS MECANICOS, INCLUYE: TRAZO, NIVELACION, HERRAMIENTA, SEÑALIZACION, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M3	190.07	\$78.33	\$14,887.89	
RETIRO Y VIAJE DE ESCOMBRO FUERA DE LA OBRA EN CAMIÓN DE VOLTEO DE 7.00 M3. INCLUYE: ACARREO HORIZONTAL Y VERTICAL DESDE EL SITIO DE TIRO DENTRO DE LA OBRA A PRIMERA ESTACIÓN: DE VOLTEO (20 KM), LIMPIEZA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	VIAJE	31.68	\$1,413.84	\$44,787.20	
CIMENTACION					
PLANTILLA DE CONCRETO FC=100 KG/CM2 HECHO EN OBRA, DE 5 CMS DE ESPESOR, INCLUYE ELABORACION DEL CONCRETO, ACARREO DE MATERIALES A 20 MTS DE	M3	9.85	\$783.27	\$7,715.21	
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	KG	1175.55	\$19.22	\$22,594.02	
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #5 FY=4200 KG/CM2 EN MUROS, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	kg	1371.75	\$19.22	\$26,364.98	
CONCRETO PREMEZCLADO FC=250 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	M3	25.00	\$1394.74	\$34,864.13	
CIMBRA COMUN EN LOSA DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	13.94	\$183.06	\$2,551.86	
MUROS					
CIMBRA COMUN EN MUROS DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	241.40	\$183.06	\$44,190.68	
CONCRETO PREMEZCLADO FC=250 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	M3	17.70	\$1,394.74	\$24,682.29	
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN MUROS, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	KG	1525.77	\$19.22	\$29,325.24	
BANDA OJILLADA DE 8" PARA JUNTA DE CONCRETO INCLUYE:	ML	32.35	\$73.84	\$2,388.72	

SUMINISTRO, COLOCACION, HERRAMIENTA Y EQUIPO

OTROS				
RELLENO DE MANTO ROCOSO CON ROCA DE RIO DE 6.5 CM DE DIAMETRO PARA FILTRO PERCOLADOR, INCLULLE TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION	M3	275.00	\$198.37	\$54,551.75
MECANISMO DE PARA EL ROCIADOR SOBRE FILTRO PERCOLADOR, INCLUYE MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COLOCACION .	PZA	1.00	\$150,000.00	\$150,000.00
			SUBTOTAL	\$460,125.37

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ZONA SUR DE SAN PEDRO
ATLAPULCO, ESTADO DE MÉXICO

Presupuesto de obra:

Sedimentador Secundario

PRELIMINARES					
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE	
TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO PARA EXCAVACION PARA ALOJAR SEDIMENTADOR SECUNDARIO INCLUYE: HERRAMIENTA, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	160.00	\$6.20	\$992.00	
EXCABACION EN SUELO TIPO 2 POR MEDIOS MECANICOS, INCLUYE: TRAZO, NIVELACION, HERRAMIENTA, SEÑALIZACION, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M3	640.00	\$78.33	\$50,131.20	
RETIRO Y VIAJE DE ESCOMBRO FUERA DE LA OBRA EN CAMIÓN DE VOLTEO DE 7.00 M3. INCLUYE: ACARREO HORIZONTAL Y VERTICAL DESDE EL SITIO DE TIRO DENTRO DE LA OBRA A PRIMERA ESTACIÓN: DE VOLTEO (20 KM), LIMPIEZA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	VIAJE	106.67	\$1,413.84	\$150,809.60	
CIMENTACION					
PLANTILLA DE CONCRETO FC=100 KG/CM2 HECHO EN OBRA, DE 5 CMS DE ESPESOR, INCLUYE ELABORACION DEL CONCRETO, ACARREO DE MATERIALES A 20 MTS DE	M3	8.00	\$783.27	\$6,266.16	
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	KG	504.04	\$19.22	\$9,687.63	
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #5 FY=4200 KG/CM2 EN MUROS, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	kg	588.16	\$19.22	\$11,304.50	
CONCRETO PREMEZCLADO FC=250 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	M3	10.72	\$1394.74	\$14,948.68	
CIMBRA COMUN EN LOSA DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	8.47	\$183.06	\$1,550.52	
MUROS					
CIMBRA COMUN EN MUROS DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	139.84	\$183.06	\$25,599.80	
CONCRETO PREMEZCLADO FC=250 KG/CM2 EN MUROS, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	M3	10.26	\$1,394.74	\$14,303.08	
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN MUROS, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	KG	884.16	\$19.22	\$16,993.62	

BANDA OJILLADA DE 8" PARA JUNTA DE CONCRETO INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, HERRAMIENTA Y EQUIPO	ML	22.04	\$73.84	\$1,627.43
--	----	-------	---------	------------

OTROS

ELECTROBOMBATIPOSUMERGIBLEPARALODOSMCA.BARNES,DESC ARGADE8",PASODEESFERADE4",DOBLESELLOMECANICO,MOD.6SE2 4046LDE24H.P.DEPOENCIA,PARAMANEJARUNCAUDALDE5670L.P.M. @10mcH2O.PARAOPERARAUNATENSIONELECTRICADE460VCA,A1150 RPM.INCLUYE:SENSORDE HUMEDAD Y TEMPERATURA.	PZA	1.00	\$152.555.50	\$152.555.50
---	-----	------	--------------	--------------

MATERIAL ELECTRICO, EQUIPO Y CONEXIONES, MANO DE OBRA, OBRA CIVIL Y TODO LO NECESARIO PARA SU COLOCACION	LOTE	1	\$72,142.50	\$72,142.50
---	------	---	-------------	-------------

SUBTOTAL	\$376,356.72
-----------------	---------------------

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ZONA SUR DE SAN PEDRO
ATLAPULCO, ESTADO DE MÉXICO

Presupuesto de obra:

Digestor anaerobio de lodos de desecho

PRELIMINARES				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE
TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO PARA EXCAVACION PARA ALOJAR DIGESTOR DE LODOS INCLUYE: HERRAMIENTA, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	190.00	\$6.20	\$1,178.00
EXCABACION EN SUELO TIPO 2 POR MEDIOS MECANICOS, INCLUYE: TRAZO, NIVELACION, HERRAMIENTA, SEÑALIZACION, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M3	760.00	\$78.33	\$59,530.80
RETIRO Y VIAJE DE ESCOMBRO FUERA DE LA OBRA EN CAMIÓN DE VOLTEO DE 7.00 M3. INCLUYE: ACARREO HORIZONTAL Y VERTICAL DESDE EL SITIO DE TIRO DENTRO DE LA OBRA A PRIMERA ESTACIÓN: DE VOLTEO (20 KM), LIMPIEZA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	VIAJE	63.33	\$1,413.84	\$89,543.20
CIMENTACION				
PLANTILLA DE CONCRETO FC=100 KG/CM2 HECHO EN OBRA, DE 5 CMS DE ESPESOR, INCLUYE ELABORACION DEL CONCRETO, ACARREO DE MATERIALES A 20 MTS DE	M3	9.50	\$783.27	\$7,441.07
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	KG	1277.82	\$19.22	\$24,559.74
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #5 FY=4200 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	kg	1491.09	\$19.22	\$28,658.77
CONCRETO PREMEZCLADO FC=250 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	M3	27.17	1394.74	\$37,897.37
CIMBRA COMUN EN LOSA DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	11.68	\$183.06	\$2,138.14
MUROS				
CIMBRA COMUN EN MUROS DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	245.42	\$183.06	\$44,926.81
CONCRETO PREMEZCLADO FC=250 KG/CM2 EN MUROS, INCLUYE	M3	18.54	\$1,394.74	\$25,859.73

VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES

SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN MUROS, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	KG	1598.55	\$19.22	\$30,724.16
--	----	---------	---------	-------------

BANDA OJILLADA DE 8" PARA JUNTA DE CONCRETO INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACION, HERRAMIENTA Y EQUIPO	ML	29.22	\$73.84	\$2,157.37
---	----	-------	---------	------------

LOSA TAPA

CIMBRA COMUN EN LOSA TAPA DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	67.93	183.06	\$12,435.10
--	----	-------	--------	-------------

SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN LOSA TAPA, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	KG	878.50	19.22	\$16,884.82
--	----	--------	-------	-------------

CONCRETO PREMEZCLADO F'c=250 KG/CM2 EN LOSA TAPA, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	M3	10.19	1,394.74	\$14,211.51
---	----	-------	----------	-------------

OTROS

ELECTROBOMBATIPOSUMERGIBLEPARALODOSMCA.BARNES,DESCARGADE8",PASODEESFERADE4",DOBLESELLOMECANICO,MOD.6SE2 4046LDE24H.P.DEPOTENCIA,PARAMANEJARUNCAUDALDE5670L.P.M. @10mcH2O,PARAOPERARAUNATENSIONELECTRICADE460VCA,A1150 RPM.INCLUYE:SENSORDE HUMEDAD Y TEMPERATURA.	PZA	1.00	152,555.50	152,555.50
---	-----	------	------------	------------

MATERIAL ELECTRICO, EQUIPO Y CONEXIONES. MANO DE OBRA, OBRA CIVIL Y TODO LO NECESARIO PARA SU COLOCACION	LOTE	1	72,142.50	\$72,142.50
--	------	---	-----------	-------------

SUBTOTAL	\$470,289.08
-----------------	---------------------

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ZONA SUR DE SAN PEDRO
ATLAPULCO, ESTADO DE MÉXICO

Presupuesto de obra:

Zona de secado de lodos estabilizados

PRELIMINARES					
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE	
TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO PARA EXCAVACION PARA ALOJAR SEDIMENTADOR PRIMARIO INCLUYE: HERRAMIENTA, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	100.00	\$6.20	\$620.00	
EXCABACION EN SUELO TIPO 2 POR MEDIOS MECANICOS. INCLUYE: TRAZO, NIVELACION, HERRAMIENTA, SEÑALIZACION, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M3	60.00	\$78.33	\$4,699.80	
RETIRO Y VIAJE DE ESCOMBRO FUERA DE LA OBRA EN CAMIÓN DE VOLTEO DE 7.00 M3. INCLUYE: ACARREO HORIZONTAL Y VERTICAL DESDE EL SITIO DE TIRO DENTRO DE LA OBRA A PRIMERA ESTACIÓN: DE VOLTEO (20 KM), LIMPIEZA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	VIAJE	10.00	\$1,413.84	\$14,138.40	
CIMENTACION					
PLANTILLA DE CONCRETO FC=100 KG/CM2 HECHO EN OBRA, DE 5 CMS DE ESPESOR, INCLUYE ELABORACION DEL CONCRETO, ACARREO DE MATERIALES A 20 MTS DE	M3	5.00	\$783.27	\$3,916.35	
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	KG	1939.90	\$19.22	\$37,284.81	
CIMBRA COMUN EN LOSA DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	M2	115.00	\$183.06	\$21,051.90	
CONCRETO PREMEZCLADO FC=250 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	M3	22.50	\$1394.74	\$31,381.65	
MEDIO FILTRANTE					
LADRILLO COMO BASE PARA MEDIO FILTRANTE, INCLUYE COLOCACION, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION	MILLAR	5.00	\$2,420.00	\$12,100.00	
ARENA COMO JUNTA DE LADRILLOS EN MEDIO FILTRANTE PARA LECHO DE SECADO, INCLUYE HERRAMIENTA MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION	M3	3.00	\$205.00	\$615.00	

ESTRATO DE GRAVA CON MAXIMO DE 0.2 M DE ESPESOR EN MEDIO
FILTRANTE, INCLUYE HERRAMIENTA MANO DE OBRA Y TODO LO
NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION

M3

12.80

\$187.50

\$2,400.00

SUBTOTAL

\$128,207.91

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ZONA SUR DE SAN PEDRO
ATLAPULCO, ESTADO DE MÉXICO

Presupuesto de obra:

Barda perimetral de 2.9 m de altura con columnas a cada 4 metros

RELIMINARES					
CONCEPTO	UNIDA D	CANTIDAD	P.U	IMPORTE	
TRAZO DE TERRENO INCLUYE: HERRAMIENTA, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	m ²	360.00	\$7.06	\$2,541.60	
EXCAVACIÓN CON MÁQUINA EN TERRENO TIPO II (B) DE 0.00 A 1.00 M DE PROFUNDIDAD, INCLUYENDO AFINE DE FONDOS Y TALUDES	m ³	216.00	\$58.33	\$12,599.28	
PLANTILLA DE CONCRETO F'c=100 KG/CM2 HECHO EN OBRA, DE 5 CMS DE ESPESOR, INCLUYE ELABORACION DEL CONCRETO, ACARREO DE MATERIALES A 20 MTS DE DISTANCIA, VACIADO Y EXTENDIDO DEL CONCRETO.	m ³	108.00	\$783.27	\$84,593.16	
CIMENTACION					
MURETE DE ENRASE A BASE DE BLOCK DE 7x14x28 CMS, RELLENO EN TODAS SUS CELDAS CON CONCRETO FC=150 KG/CM2 INCLUYE: HABILITADO, FABRICACION DEL CONCRETO Y VACIADO DEL MISMO	m ²	126.00	\$318.10	\$40,080.60	
SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE VARILLA #3 FY=4200 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE AMARRES Y ACARREO DE MATERIALES A UNA PRIMERA ESTACION A 20 MTS Y TRASLAPES, NO INCLUYE DOBLECES, ESTOS SERAN CONSIDERADOS COMO PARTE DEL VOLUMEN	kg	282.24	\$19.22	\$5,424.65	
CIMBRA COMUN EN ZAPATAS DE CONCRETO A BASE DE TRIPLAY DE MADERA 12 MM CON MADERA DE SOPORTE, INCLUYE HABILITADO, MONTAJE, NIVELACION Y DESMONTAJE DE LA MISMA.	m ²	12.80	\$183.06	\$2,343.17	
CONCRETO PREMEZCLADO F'c=250 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE VACIADO DIRECTO DEL TROMPO Y VIBRADO DEL CONCRETO, NO INCLUYE ACARREO DE MATERIALES	m ³	4.80	\$1,294.74	\$6,214.75	
RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION, MEDIDO EN BANCO, INCLUYE: ACARREO, AGUA, EQUIPO, LIMPIEZA, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y SENALIZACION	m ³	194.40	\$132.71	\$25,798.82	
CARGA Y RETIRO DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIONES, FUERA DE OBRA INCLUYE: ACARREO HORIZONTAL Y VERTICAL, LIMPIEZA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	m ³	64.80	\$206.24	\$13,364.35	
ESTRATO DE GRAVA CON MAXIMO DE 0.2 M DE ESPESOR EN MEDIO FILTRANTE, INCLUYE HERRAMIENTA MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION	M3	12.80	\$187.50	\$2,400.00	
ESTRUCTURAL					
CASTILLO DE 15X15 CM. CONCRETO F'c= 200 KG/CM2, ACERO DE REFUERZO 4 VARS. # 3, ESTRIBOS #. 2 @ 20 CM. INCLUYE: CIMBRA, MATERIALES, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	ML	120.32	\$258.24	\$31,071.44	
DALA DE DESPLANTE DE 15 x 20 CM. CONCRETO F'c= 200 KG/CM2, CON ACERO DE REFUERZO 4 VARILLAS DEL No. 3, ESTRIBOS DEL # 2 @ 20 CM. INCLUYE: CIMBRA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	ML	180.00	\$238.09	\$42,856.20	
DALA DE CERRAMIENTO DE 15 x 15 CM. CONCRETO F'c= 200 KG/CM2, A UNA ALTURA DE 1.5M CON ACERO DE REFUERZO 4 VARILLAS # 3, ESTRIBOS DE # 2 @ 20 CM. INCLUYE: CIMBRA, HERRAMIENTA Y MANO DE	MI	180.00	\$248.84	\$44,791.20	

OBRA.

DALA DE CERRAMIENTO DE 15 x 15 CM. CONCRETO FC= 200 KG/CM2, A UNA ALTURA DE 2.9 M CON ACERO DE REFUERZO 4 VARILLAS # 3, ESTRIBOS DE # 2 @ 20 CM. INCLUYE: CIMBRA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.

MI	180.00	\$259.59	\$46,726.20
----	--------	----------	-------------

MURO

MURO DE LADRILLO (7x14x28) ASENTADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA PROPORCION 1:4, INCLUYE ACARREO DE MATERIALES, ELABORACION DEL MORTERO, NIVELACION Y PLOMEADO. (BARDA PERIMETRAL)

M2	313.60	\$328.10	\$102,892.16
----	--------	----------	--------------

SUBTOTAL	\$461,297.59
-----------------	---------------------

Conclusiones y recomendaciones

El proyecto “**Servicio Social con Aplicación Directa a la Sociedad**” es una gran puerta hacia el mundo laboral para cualquier estudiante universitario, ya que en este se realizan proyectos reales, respaldados por académicos universitarios los cuales orientan en su investigación al estudiante para encontrar las soluciones más adecuadas.

Actualmente el grupo de la Facultad de Ingeniería, encabezado por el ingeniero Gabriel Moreno Pecero, trata de unificar este programa con todas las Facultades, lo cual sería una gran oportunidad para trabajar en grupos inter y multidisciplinarios con lo que se tendrían propuestas y soluciones más objetivas y globales, todo esto con el único propósito de ayudar a las comunidades que lo soliciten o aquellas en las que se detecten necesidades.

Con respecto a la planta de tratamiento, se recomiendan campañas para el cuidado del agua dentro de la población, sin embargo, las autoridades deben dar mantenimiento e incluso remodelar la infraestructura hidráulica que se encuentra antes de entrar a la comunidad.

En las visitas de reconocimiento se encontraron fallas en los tanques de regulación, el primer tanque que se encuentra en la parte más alta, recibe un gasto mayor del que es capaz de verter al segundo tanque de regulación, por lo que colocaron un tubo en la parte superior de un muro para ayudar con los picos en los gastos, pero también en este siempre está drenando agua al segundo tanque; además los muros presentan fracturas donde hay pérdidas considerables de agua que afecta al acero estructural por la corrosión generada.

El segundo tanque que se encuentra entre el primer tanque y la población, no presenta el problema de ser rebasado en su capacidad, sin embargo, la dosificación del hipoclorito como agente desinfectante no se hace de forma correcta, lo cual afecta a la calidad del agua que se entrega.

La planta de tratamiento de la zona sur no sólo ayudaría a limpiar el agua que sale de la población, también ayudaría a la reducción de basura en la barranca del arroyo Muerto, y aunado a campañas de cuidado ambiental, faenas de limpieza y dotación de contenedores específicos para la separación de basura orgánica e inorgánica, sería un avance significativo en la aportación del agua tratada al Río Muerto.

La calidad del agua negra no es tan mala, por lo que no requiere un tratamiento muy especializado para alcanzar una DBO_{5-20} de 30 [mg/L], lo que la SEMARNAT determina como el límite máximo permisible para la protección de la vida acuática en los ríos.

Al ser el Río Atlapulco o Río Muerto al sur y el Río de México los principales afluentes de agua que pasan por cada uno de los Valles, y no ser posible el control sobre el vertido de residuos sólidos (basura, bolsas, vasos) ni de las aguas residuales, la profundidad del cauce disminuye cada año, por lo que sería conveniente construir espejos de agua (pequeñas represas, bordos) que servirían como zonas de recarga de mantos acuíferos y a su vez se atraería más al turista como un atractivo visual.

El costo solo es una estimación del valor real, ya que este solo se puede obtener realizando la ingeniería a detalle del proyecto. Las autoridades de San Pedro Atlapulco solicitaron dicho presupuesto para evaluar la posible construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, pero se debe tener en cuenta que solo es un presupuesto estimado, además que las empresas pueden incrementar dicho costo pues la utilidad que estas manejen puede variar.

Glosario

Oxígeno disuelto (O.D.): Todo líquido absorbe oxígeno hasta que la presión parcial de oxígeno existente tanto en dicho líquido como en la fase gaseosa en contacto con éste alcance un equilibrio. La concentración actual de oxígeno depende de un número de factores, tales como temperatura, presión atmosférica, consumo de oxígeno ocasionado por la biodegradación de microorganismos o la producción de oxígeno por algas.

Sólidos Disueltos Totales (SDT): comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los SDT presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales.

Coliformes totales y fecales: Los coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos. La *Escherichia* es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del hombre y en el de otros animales. Hay diversos tipos de *Escherichia*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden incluso ocasionar la muerte.

No todos los coliformes son de origen fecal, por lo que se hizo necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen, por lo tanto, los coliformes totales que comprende la totalidad del grupo.

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO): La DBO es el método usado con mayor frecuencia en el campo de tratamiento de las aguas residuales. El parámetro de contaminación orgánica es la DBO a 5 días (DBO5). La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica, dado que éstos utilizan oxígeno en la respiración para la obtención de energía.

En la prueba estándar de DBO, una pequeña muestra de agua residual se coloca en una botella de DBO (volumen de 300 ml), la cual se completa a volumen usando agua saturada con oxígeno y con los nutrientes requeridos para crecimiento biológico. Antes de taponar la botella se mide la concentración de oxígeno. Después de incubar la botella por cinco días a 20°C, la concentración de oxígeno disuelto se mide de nuevo. La DBO de la muestra es la diferencia entre los valores de concentración de oxígeno disuelto, expresado en miligramos por litro, dividido por la fracción decimal del volumen de muestra usada.

Los Sólidos Totales (ST), Flotantes Totales (SFT), Volátiles Totales (SVT), Suspendidos Totales (SST), Suspendidos Fijos (SSF) y Suspendidos Volátiles (SSV) son parámetros de la materia disuelta y en suspensión que deben tomarse en cuenta para conocer la calidad del agua residual.

La materia en suspensión se separa por tratamientos fisicoquímicos, variantes de la sedimentación y filtración. En el caso de la materia suspendida sólida se trata de separaciones sólido - líquido por gravedad o medios filtrantes y, en el caso de la materia aceitosa, se emplea la separación L-L, habitualmente por flotación.

La materia disuelta puede ser orgánica, en cuyo caso el método más extendido es su insolubilización como material celular o inorgánica, en cuyo caso se deben emplear caros tratamientos fisicoquímicos como la ósmosis inversa.

Los diferentes métodos de tratamiento atienden al tipo de contaminación: para la materia en suspensión, tanto orgánica como inorgánica, se emplea la sedimentación y la filtración en todas sus variantes. Para la materia disuelta se emplean los tratamientos biológicos (a veces la oxidación química) si es orgánica, o los métodos de membranas, como la ósmosis, si es inorgánica.

Bibliografía

- <http://www.jornada.unam.mx/2011/05/14/oja169-altapulco.html>
- http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/07_agua/cap7_2.html
- <http://www.conapo.gob.mx/>
- <http://www.inegi.org.mx/default.aspx?>

Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales.

Enrique César Valdez

Alba B. Vázquez González

Fundación ICA, 2003

Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

Sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y lodos producidos.

Comisión Nacional del agua 2007.

Metcalf & Eddy, inc. Tratamiento y depuración de las aguas residuales

Mc Graw Hill, Madrid 1995

Plan municipal de Desarrollo urbano de Ocoyoacac, Estado de México 2011.

http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/ocoyoacac/DOCUMENTO%20OCOYOACAC.pdf

- http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75
- http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/DA/132035000/06-1-6605/DA_PROCESO_06-1-6605_132035000_16348.pdf
- <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/Capitulo2.pdf>
-