



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
PROYECTO DE GRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
TÍTULO: PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA
SISTEMAS DE EDUCACIÓN BÁSICA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN
DE OCAMPO**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

MOISÉS RAFAEL CAMACHO GAONA

ASESOR:

M.C. RICARDO RUIZ CHÁVEZ

MORELIA, MICHOACÁN, Octubre DE 2017.

Contenido

1.- Introducción	1
2.- Antecedentes	2
2.1 La educación básica en México	2
2.1.1 Educación Preescolar.....	2
2.1.2 Educación Primaria	2
2.1.3 Educación Secundaria.....	3
2.1.4 Estadística de la educación básica en Michoacán.	3
2.2 Michoacán	5
2.2.1 Localización (macro localización y micro localización)	5
2.2.2 Generalidades del estado de Michoacán.....	5
2.3 Programa “Escuelas al Cien”	7
2.4. Regionalización de Michoacán Según el INIFED.....	8
3.- Objetivos	12
3.1 Objetivo General	12
3.2 Objetivos Particulares	12
4.- Datos básicos de diseño de sistemas de tratamiento	13
4.1 Consumo	13
4.1.1 Consideración para el N° de Muebles de baño por alumno.....	15
4.2 Aportación de aguas residuales	18
4.3 Gasto de diseño.....	18
4.3.1 Gasto medio.....	18
4.3.2 Gasto mínimo.....	19
4.3.3 Gasto máximo instantáneo	19
4.3.4. Gasto máximo Extraordinario	20
4.4 Variables hidráulicas	20

4.4.1 Velocidades.....	20
4.4.2 Diámetros.....	21
4.4.3 Pendientes	21
4.5 Población de proyecto	21
4.5.1 Periodo de diseño	22
4.5.2 Vida útil.....	23
4.6 Criterios tomados para la propuesta de nuestra planta de tratamiento	25
5.- Alternativas de tratamiento	30
5.1 Tratamientos descartados.....	30
5.2.- Selección de alternativas	31
5.3 Tren de Tratamiento	33
5.3.1 Pretratamiento. - Desbaste o Tamizado.....	33
5.3.2 Tratamiento Primario. - Tanque Imhoff.....	36
5.3.3 Fosa Séptica	39
5.3.4 Tratamiento Secundario. - Pozo de Absorción	42
5.3.5 Estudio de Mercado. – Fosa Séptica y Pozos de Absorción.....	44
5.4 Comparativo de costos de un sistema construido contra un sistema prefabricado	50
5.4.1 Catálogo de conceptos para el sistema construido tradicionalmente	50
5.4.2 Catálogo de conceptos para el sistema de tratamiento prefabricado.....	54
6.0.- Manejo y aprovechamiento de subproductos	57
6.1 Agua tratada.....	57
6.2 Biosólidos.	58
6.3. Biogás.....	59
7. Conclusiones y recomendaciones	61
Bibliografía.....	63

RESUMEN

Con base en los estudios realizados, este es el sistema que mejor se adapta a las necesidades de esta investigación ya que es un perfecto balance entre funcionamiento e inversión.

Es de destacar que las múltiples aplicaciones de materiales en sistemas de tratamiento, redundan en beneficios técnicos y económicos, en este caso, el uso del polietileno de alta densidad (HDPE); redonda en la facilidad de colocación y en la simplificación de la supervisión en los procesos constructivos.

Una actividad común en la ejecución de obra es la falta de conocimiento y preparación por parte de los trabajadores de la construcción, situación que en muchos casos lleva a defectos constructivos que redundan en la falla de los sistemas construidos, de manera específica las plantas de tratamiento.

Otro aspecto importante, es que la durabilidad de estos sistemas fabricados en polietileno de alta densidad se garantiza por periodos de hasta 35 años. Cabe señalar que hasta hace 20 años, los sistemas de tinacos domiciliares se empezaron a sustituir por elementos de estos materiales; situación que actualmente resulta práctico, fácil y económico y que en la práctica utilizar estos elementos es algo común, por lo que el uso de este material como elemento de construcción está probadamente garantizado a simple vista.

PALABRAS CLAVE:

1. TRATAMIENTO
2. MICHOACÁN
3. IMHOFF
4. PREFABRICADO
5. BIOGAS

ABSTRACT

After research done this system best meets the necessities for which the investigation was done and is an adequate balance between proper functionality and a economic investment.

The materials that is to be used for the treatment process is a high density polyethylene (HDPE). This material will provide economic and technical benefits. The technical benefits refer to the construction process which will be facilitated during the installation and it will also help in the supervision during the construction process.

One major problem during the construction process is the lack of knowledge that the people who participate during the process have with leads to defects that will affect in this case the proper functionality of the process facilities.

Another important aspect to take into consideration is that by using a material made with a high density polyethylene (HDPE) it is guaranteed to have a useful life of at least 35 years. It should be noted that 20 years ago the traditional system of using water tanks has been changed to the one we are referring to which result in a more economic, easy to install and a more practical solution. All these aspects gives us the reassurance that the use of a high density polyethylene is a more feasible solution.

1.- Introducción.

Una de las premisas del presente trabajo, es proporcionar al lector información acerca de la propuesta del tren de tratamiento de aguas residuales en centros educativos en el estado de Michoacán, generalmente y como por regla, se utiliza un tanque séptico como tratamiento primario y un pozo de absorción como tratamiento secundario, para la remoción de contaminantes que pudiera contener el agua a tratar. El planteamiento es si este tren es el más adecuado, para las condiciones actuales de nuestro entorno social y económico; esto tocante al procedimiento constructivo; o bien si este es susceptible de ser mejorado, para lograr el beneficio social y ecológico que tienen estas instalaciones, contribuyendo además a crear una formación de cultura de tratamiento del agua en el nivel básico.

El problema de la contaminación causada por el ser humano, siempre ha existido desde su aparición, aunque hasta hace poco tiempo se ha empezado a analizar los problemas que conlleva, al empezar a carecer de algunos recursos naturales que el medio ambiente nos brinda, un factor que ha detonado esta carencia es la sobre población exponencial. Debido a esto, es que sea estudiado nuevas tecnologías y métodos para generar o revertir, en cierta medida los recursos utilizados y/o dañados; por este motivo, hay que resaltar lo fundamental que es dar un tratamiento a los recursos como el agua, el suelo, el aire; sin estos tratamientos estaríamos condenados a terminar con las reservas de dichos recursos. El agua es sin duda uno de los recursos más importantes con los que se cuentan, dado que es un elemento vital para los seres vivos, por ello resulta que se optimice su utilización, para que las nuevas generaciones no carezcan de este elemento en su estado natural.

El ingeniero civil como constructor y principal modificador del entorno ambiental, se ve en la responsabilidad de aminorar los daños producto de la modificación y la introducción de servicios a la población; creando así, métodos mediante los cuales se mitigue el daño ecológico en la obra que el realiza. Es crucial que estas acciones de mitigación sean tomadas a tiempo, buscando así generar el menor daño posible; es por esto, que se decide hacer una PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA SISTEMAS DE EDUCACIÓN BÁSICA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO; para que el agua tratada que se reintegre al terreno natural este en las mejores condiciones y no genere algún daño en el medio ambiente que nos rodea, así también, poder utilizar los subproductos que se generan durante el proceso de tratamiento de las aguas residuales, que pueden contribuir a disminuir el consumo de combustibles fósiles, el uso de insecticidas que solo deterioran la calidad del suelo. Todo esto gracias al aprovechamiento del biogás y los lodos producidos y susceptibles de ser mejorados.

2.- Antecedentes

2.1 La educación básica en México

"La educación de tipo básico está compuesta por el nivel preescolar, el de primaria y el de secundaria." (H. Congreso de la Unión, 1993, pág. 17)

El artículo tercero de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Ley General de Educación (1993), son los principales instrumentos legales que regulan al sistema educativo y establecen los fundamentos de la educación nacional.

El artículo tercero constitucional establece que todo individuo tiene derecho a recibir educación. El Estado -federación, estados, Distrito Federal y municipios-, impartirá educación preescolar, primaria y secundaria. La educación preescolar, primaria y la secundaria conforman la educación básica obligatoria. La educación proporcionada por el Estado, tenderá a desarrollar armónicamente todas las facultades del ser humano y fomentará el amor a la Patria y la conciencia de la solidaridad internacional. Se establece también que toda la educación que el Estado imparte será gratuita y que éste promoverá y atenderá todos los tipos y modalidades educativos, incluyendo la educación superior; apoyará la investigación científica y tecnológica y alentará el fortalecimiento y difusión de la cultura de México. La educación que ofrece el Estado debe ser laica, por tanto, ajena a cualquier doctrina religiosa, y estará orientada por los resultados del progreso científico.

La Ley General de Educación, amplía algunos de los principios establecidos en el artículo tercero constitucional. Esta ley señala que todos los habitantes del país tienen las mismas oportunidades de acceso al sistema educativo nacional; que la educación es el medio fundamental para adquirir, transmitir y acrecentar la cultura; y que es un proceso permanente orientado a contribuir al desarrollo del individuo y a la transformación de la sociedad.

2.1.1 Educación Preescolar

La educación preescolar es obligatoria y atiende a niños de 4 y 5 años de edad. Se imparte generalmente en tres grados. El primero y el segundo grados atienden a niños de 3 y 4 años; el tercer grado a los de 5 años.

La educación preescolar general es un servicio que ofrecen la Secretaría de Educación Pública, los gobiernos de los estados y los particulares en los medios rural y urbano. La modalidad indígena es atendida por la SEP. Este servicio se proporciona a los niños de diversas etnias y es atendida por profesores que conocen las lenguas respectivas.

En el nivel preescolar, los niños adquieren la noción, aparentemente sencilla pero fundamental, de que la escritura representa al lenguaje oral y comunica ideas sobre objetos, acciones y situaciones.

2.1.2 Educación Primaria

La educación primaria es obligatoria y se imparte a niños de entre 6 y hasta 14 años de edad; la duración de los estudios es de seis años- dividida en seis grados. La primaria se ofrece en tres servicios: general, indígena y cursos comunitarios. En cualquiera de sus modalidades, la educación primaria es previa e indispensable para cursar la educación secundaria.

La escuela primaria debe asegurar en primer lugar el dominio de la lectura y la escritura, la formación matemática elemental y la destreza en la selección y el uso de la información. En la medida en que se cumplan con eficacia estas tareas, será posible atender otras funciones.

El plan de estudios de la educación primaria prevé un calendario anual de 200 días laborales, con una jornada de cuatro horas de clases al día.

2.1.3 Educación Secundaria

La educación secundaria es obligatoria desde 1993 y se imparte en los siguientes servicios: general, para trabajadores, telesecundaria, técnica y para adultos. La secundaria se proporciona en tres años a quienes hayan concluido la educación primaria. Generalmente está dirigida a la población de 12 a 16 años de edad.

El propósito esencial del plan de estudios de la secundaria es contribuir a elevar la calidad de la formación de los estudiantes que han terminado la educación primaria, mediante el fortalecimiento de los contenidos que respondan a las necesidades básicas de aprendizaje de la población joven del país y que sólo la escuela puede ofrecer.

Las prioridades del plan de estudios de la secundaria son:

- Asegurar que los estudiantes profundicen y ejerciten su competencia para utilizar el español en forma oral y escrita; desarrollar las capacidades de expresar ideas y opiniones con precisión y claridad; entender, valorar y seleccionar material de lectura, en sus diferentes funciones informativas, prácticas y literarias
- Ampliar y consolidar los conocimientos y habilidades matemáticas, las capacidades para aplicar la aritmética, el álgebra y la geometría en el planteamiento y la resolución de problemas de la actividad cotidiana, y para entender y organizar información cuantitativa.
- Fortalecer la formación en el área de la Física, la Química y la Biología se estudian por separado como asignaturas específicas. El enfoque de estos cursos es establecer una vinculación continua entre las ciencias y los fenómenos del entorno natural que tienen mayor importancia social y personal
- Profundizar y sistematizar la formación de los estudiantes en Historia, Geografía y Civismo, con el objetivo de que adquieran elementos para entender los procesos de desarrollo de las culturas humanas; desarrollar en los educandos una visión general del mundo contemporáneo. Inducir su participación en relaciones sociales regidas por los valores de la legalidad, el respeto a los derechos, la responsabilidad personal y el aprecio y defensa de la soberanía nacional.
- El aprendizaje de una lengua extranjera (inglés), en particular sus aspectos de uso más frecuentes en la comunicación.

2.1.4 Estadística de la educación básica en Michoacán.

En la tabla 2.1 se puede observar la estadística del sistema educativo en el estado de Michoacán, según el censo 2013-2014. Donde podemos observar la cantidad de estudiantes que asisten a las escuelas

del sector privado y gubernamental. También nos hace mención a las modalidades que ofrece la Secretaría de Educación Pública.

TABLA 2.1 ESTADÍSTICA DEL SISTEMA EDUCATIVO EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.

NIVEL / MODALIDAD	TOTAL	MUJERES	HOMBRES	DOCENTES	ESC UELAS
EDUCACIÓN BÁSICA	1007966.00	497596.00	510370.00	54122.00	11423.00
PÚBLICO	912652.00	450199.00	462453.00	48198.00	10445.00
PRIVADO	95314.00	47397.00	47917.00	5924.00	978.00
EDUCACIÓN PREESCOLAR	197023.00	97988.00	99035.00	10735.00	4452.00
GENERAL	172319.00	85784.00	86535.00	8616.00	2965.00
INDÍGENA	15092.00	7540.00	7552.00	762.00	204.00
CURSOS COMUNITARIOS	9612.00	4664.00	4948.00	1357.00	1283.00
PÚBLICO	178067.00	88577.00	89490.00	9512.00	4022.00
PRIVADO	18956.00	9411.00	9545.00	1223.00	430.00
EDUCACIÓN PRIMARIA	570009.00	278863.00	291146.00	28740.00	5297.00
GENERAL	541048.00	264709.00	276339.00	26682.00	4445.00
INDÍGENA	24396.00	11950.00	12446.00	1383.00	207.00
CURSOS COMUNITARIOS	4565.00	2204.00	2361.00	675.00	645.00
PÚBLICO	514470.00	251470.00	263000.00	26089.00	4924.00
PRIVADO	55539.00	27393.00	28146.00	2651.00	373.00
EDUCACIÓN SECUNDARIA	240934.00	120745.00	120189.00	14647.00	1674.00
GENERAL	112331.00	56760.00	55571.00	7246.00	568.00
TELESECUNDARIA	55411.00	27115.00	28296.00	3581.00	900.00
TÉCNICA	73192.00	36870.00	36322.00	3820.00	206.00
PÚBLICO	220115.00	110152.00	109963.00	12597.00	1499.00
PRIVADO	20819.00	10593.00	10226.00	2050.00	175.00

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de (DIRECCIÓN GENERAL DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y ESTADÍSTICA EDUCATIVA, 2014)

2.2 Michoacán

2.2.1 Localización (macro localización y micro localización)

Acerca de la ubicación del Estado de Michoacán, el compendio “Explorando México” nos dice que dicho Estado se encuentra localizado en la costa oeste del país, el Estado de Michoacán de Ocampo abarca un área de 58,643 km² y tiene un litoral de 247 km de extensión. Colinda al norte con Jalisco, Guanajuato y Querétaro de Arteaga; al este con el Estado de México y Guerrero; al suroeste con el Océano Pacífico, y al oeste con Colima y Jalisco. En la **figura 2.1** podemos observar la ubicación del Estado de Michoacán.

FIGURA 2.1 UBICACIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN



Fuente: (Explorando México, s.f)

2.2.2 Generalidades del estado de Michoacán

Capital: Morelia

Municipios: 113

Extensión: Representa 2.99% del territorio nacional.

Coordenadas 20° 23' 27" y 17° 53' 50" de latitud norte y entre 100° 03' 32" y 103° 44' 49" de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

Clima: En el 54.5% del estado el clima es cálido subhúmedo, localizado en la planicie costera del pacífico y Sierra Madre del Sur, el 29% templado subhúmedo en eje neovolcánico, 15% seco y semiseco, localizado en las partes bajas y medias de la depresión del Balsas y Tepalcatepec, 1 % templado húmedo y el 0.5% cálido húmedo se presentan regiones altas de eje neovolcánico.

La temperatura media anual es de 20°C, las temperaturas más bajas se presentan en el mes de enero, la cual es alrededor de 8°C la temperatura máxima promedio es de 31°C y se presenta en los meses de abril y mayo.

Las lluvias se presentan durante el verano en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de 850 mm anuales.

Los climas cálido y templado subhúmedo de Michoacán favorecen el cultivo de aguacate, siendo este estado, el principal productor a nivel nacional.

Población: 4 584 471 habitantes (2, 374,724 mujeres y hombres 2, 209,747) el 3.8% del total del país.

Distribución de población: 69% urbana y 31% rural; a nivel nacional el dato es de 78 y 22 % respectivamente.

Escolaridad: 7.9 (casi segundo año de secundaria); 9.1 el promedio nacional.

Sector de actividad que más aporta al PIB estatal: Comercio.

Aportación al PIB Nacional: 2.4%.

A continuación, se describirá brevemente las actividades económicas del estado de Michoacán.

1. **Actividades Primarias.** - Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza
2. **Actividades Secundarias.** - Minería, Construcción y Electricidad, agua y gas Industrias Manufactureras
3. **Actividades Terciarias.** - Comercio, restaurantes y hoteles. Transportes e Información en medios masivos. Servicios financieros e inmobiliarios. Servicios educativos y médicos

TABLA 2.2 PORCENTAJE DE APORTACIÓN AL P.I.B. ESTATAL

SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	PORCENTAJE DE APORTACIÓN AL PIB ESTATAL (AÑO 2014)
ACTIVIDADES PRIMARIAS	11.50 %
ACTIVIDADES SECUNDARIAS	23.19 %
ACTIVIDADES TERCIARIAS	65.76 %
TOTAL	100.00 %

FUENTE: Elaboración Propia con datos tomados de (INEGI, 2014)

2.3 Programa “Escuelas al Cien”

El programa “Escuelas al Cien”, es uno de los programas federales más grandes, consistente en la rehabilitación y mejoramiento de los planteles educativos de las últimas décadas en nuestro país. En este programa se pretende invertir 50 mil millones de pesos en Certificados de Infraestructura Educativa Nacional (CIEN) para mejorar escuelas en todo el país.

La primera emisión de estos certificados se lanzó el pasado 4 de diciembre de 2015 por más de 8 mil 500 millones de pesos en la Bolsa Mexicana de Valores.

Durante los próximos tres años:

- Se apoyará a 33 mil planteles de 2 mil 11 municipios del país.
- Se beneficiará a 5.2 millones de estudiantes: 1 de cada 3 pertenecerán a comunidades indígenas.
- Para finales del 2015, se asignaron recursos para 2 mil 483 escuelas y durante 2016 más de 13 mil 900 planteles.

¿En qué se aplicarán los recursos?

En mejorar todas o algunas de las siguientes prioridades, respetando el orden que se señala a continuación:

1. Seguridad Estructural y condiciones generales de funcionamiento. Atención a daños en muros, pisos, techos, ventanas, pintura, impermeabilización, escaleras, barandales, instalación eléctrica y barda o cerco perimetral.
2. Servicios Sanitarios. Rehabilitación de instalaciones hidráulicas y sanitarias, mejoramiento de muebles sanitarios.
3. Mobiliario y equipo. Proveer de pupitres, mesas, pizarrón, estantería, escritorio, silla y armario para maestro.
4. Sistema de bebederos. Instalación y mantenimiento de sistemas de bebederos con agua potable para el consumo humano.
5. Accesibilidad. Dotar de las condiciones pertinentes para asegurar la inclusión de personas con discapacidad a las instalaciones educativas al menos en servicios sanitarios y sistema de bebederos.
6. Áreas de servicios administrativos. Desarrollo de mejores espacios para maestros y personal directivo y administrativo.
7. Infraestructura para la conectividad. Instalación de cableado interno para contar con internet y telefonía en aulas de medios y áreas de servicios administrativos.
8. Espacios de Usos Múltiples. Infraestructura de arco techo o techumbre para un mejor desarrollo de actividades cívicas y deportivas. Asimismo, instalar comedores para escuelas de tiempo completo.

A continuación, en la **figura 2.2** se pueden observar las ocho componentes básicas del programa de “Escuelas al Cien”

FIGURA 2.2 COMPONENTES DEL PROGRAMA “ESCUELAS AL CIEN”

Fuente: (INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA, 2015)

La aplicación de los recursos, estará a cargo de los Institutos de la Infraestructura Física Educativa (INIFED), de cada una de las Entidades Federativas; y para la Ciudad de México, estará a cargo del INIFED.

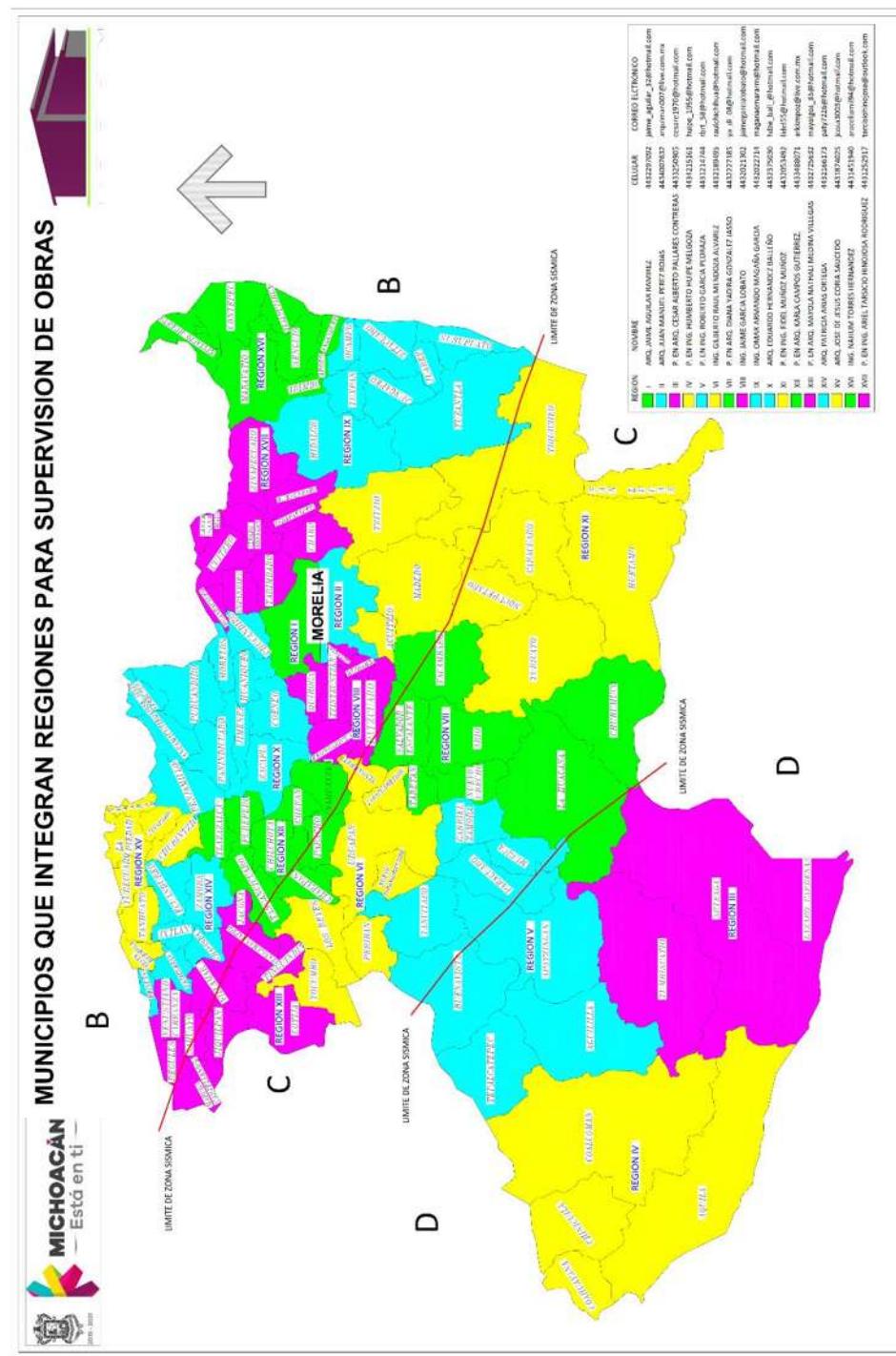
El INIFED será autoridad vigilante, en conjunto con los Comités de Mejoramiento de la Infraestructura Educativa, de que las obras se realicen y entreguen en tiempo y forma.

Las Entidades Federativas realizarán la contratación de las obras correspondientes con la vigilancia del INIFED.

2.4. Regionalización de Michoacán Según el INIFED

Para el Instituto de la Infraestructura Física Educativa en el Estado de Michoacán de Ocampo (IIFEEM), Michoacán se encuentra dividido en XVII zonas las cuales se mencionarán en la siguiente **tabla 2.3**, acompañadas de la **figura 2.3** donde se nos muestra gráficamente el estado de Michoacán y las regiones que la integran para la supervisión del INIFED.

FIGURA 2.3 REGIONES PARA LA SUPERVISIÓN DE OBRAS DEL INIFED



FUENTE: (IIFEEM, 2016)

TABLA 2.3 REGIONALIZACIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN SEGÚN INIFED

REGIÓN	MUNICIPIO	CLIMA
I	Morelia norte	Templado Sub-húmedo
II	Morelia sur	Templado Sub-húmedo
III	Lázaro Cárdenas, Arteaga Y Tumbiscatío	Cálido sub-húmedo
IV	Aquila, Chinicuila, Coalcomán Y Coahuayana	Cálido sub-húmedo
V	Apatzingán, Buenavista, Gabriel Zamora, Mújica, Tancítaro, Aguililla, Parácuaro, Tepalcatepec	Cálido sub-húmedo
VI	Uruapan, Los Reyes, Peribán, Nvo. Parangaricutiro, Tocumbo, Ziracuaretiro, Tingambato	Cálido sub-húmedo
VII	La Huacana, Ario de Rosales, Churumuco, Nvo. Urecho, Tarétan, Salvador Escalante, Tacámbaro	Cálido sub-húmedo
VIII	Pátzcuaro, Erongarícuaro, Huiramba, Quiroga, Lagunillas, Tzintzuntzan	Templado
IX	Zitácuaro, Hidalgo, Tuxpan, Ocampo, Tuzantla, Jungapeo, Juárez Susupuato	Templado

REGIÓN	MUNICIPIO	CLIMA
X	Zacapu, Puruándiro, Penjamillo, José Sixto Verduzco, Coeneo, Villa Jiménez, Angamicutiro, Chucándiro, Huaniqueo, Morelos	Templado Sub-húmedo
XI	Huetamo, San Lucas, Turicato, Nocupéraro, Carácuaro, Tiquicheo de Nicolás Romero, Acuitzio, Tzitzio, Madero	Cálido sub-húmedo
XII	Nahuatzen, Paracho, Charapan, Cherán, Tangancícuaro, Chilchota, Purepero, Tlazazalca	Templado
XIII	Sahuayo, Tangamandapio, Cotija, Jiquilpan, Marcos Castellanos, Tingüindín, Villamar, Jacona, Cojumatlán de Regules, Venustiano Carranza	Cálido seco
XIV	Zamora, Briseñas, Ixtlán, Ecuandureo, Pajuacuarán, Chavinda	Cálido seco
XV	La piedad, Churitzio, Zináparo, Numarán, Yurecuaro, Tanhuato, Vista Hermosa	Cálido seco
XVI	Maravatio, Contepec, Epitacio Huerta, Tlalpujahua, Irimibo, Agangueo, Aporo	Templado Sub-húmedo
XVII	Charo, Indaparapeo, Querendaro, Tarimbaro, Álvaro Obregón, Copándaro, Huandacareo, Zinapeuaro, Cuitzeo, Sta. Ana Maya	Templado Sub-húmedo

FUENTE: (IIFEEM, 2016)

3.- Objetivos

3.1 Objetivo General

Realizar una propuesta completa y efectiva de un tren de tratamiento de aguas residuales para instituciones de educación básica ubicados en el Estado de Michoacán; teniendo en cuenta los aspectos que influyen para cada caso en particular.

3.2 Objetivos Particulares

- Analizar y revisar el diseño conceptual de la planta de tratamiento de las aguas residuales desde la perspectiva de ingeniería básica
- Analizar y revisar la propuesta del tren de tratamiento de las aguas residuales más adecuado; buscando la menor cantidad de fallas en su construcción y en su vida operacional.
- Analizar y revisar la viabilidad del aprovechamiento de los subproductos del tratamiento con fines de su utilización; en huertos escolares, comedores escolares o en el riego de las áreas verdes de dichos planteles educativos.

4.- Datos básicos de diseño de sistemas de tratamiento

4.1 Consumo

El consumo es la parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas en el sistema. Se expresa en unidades de m³/día o l/día, o bien cuando se trata de consumo per cápita se utiliza l/hab/día.

El consumo de agua se determina de acuerdo con el tipo de usuarios, se divide según su uso en: doméstico y no-doméstico; el consumo doméstico, se subdivide según la clase socioeconómica de la población en residencial, medio y popular (tabla 4.1). El consumo no doméstico incluye el comercial, el industrial y de servicios públicos; a su vez, el consumo industrial se clasifica en industrial de servicio e industrial de producción (fábricas), esta clasificación se resume en la siguiente tabla 4.1:

Tabla 4.1 DIVISIÓN DE CONSUMOS

Consumo	Doméstico	°Residencial °Medio °Popular
	No Doméstico	°Comercial °Industrial (De servicio ó Producción) °Servicios Publicos

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de (COMISION NACIONAL DEL AGUA, 2007)

Para el diseño del sistema de tratamiento solo se utilizará los valores previsto en el consumo no doméstico en el apartado de servicios públicos, en los cuales se engloban los que se utilizan en instalaciones de salud, educación, recreación, seguridad, riego de parques y jardines, combate de incendios.

Para la determinación de los consumos de agua potable en localidades de la República Mexicana, se utilizará el siguiente caso descrito en el manual de **Datos Básicos (M.A.P.A.S)**, la localidad en estudio se considerará como un caso que “no dispone” de estadísticas de consumos de agua potable.

Para el caso de no existir estadísticas de consumo de agua potable en la localidad en estudio, se procede con alguno de los dos criterios siguientes:

- El primero, consiste en realizar una medición de volúmenes consumidos por muestras de usuarios, seleccionados aleatoriamente en la localidad, que incluyan zonas habitacionales de cada una de las clases socioeconómicas, comerciales, industriales y de servicio público. El valor numérico de la muestra es de 30 usuarios mínimo por clase socioeconómica, para el servicio

doméstico, y en el caso de los servicios restantes, se establecerá una muestra de industrias, comercios o lugares públicos, representativos de la actividad económica de la ciudad en estudio. La aplicación de este criterio implica disponibilidad de recursos humanos, de tiempo y económicos.

- El segundo determina los consumos con base en las tablas, que son valores obtenidos de mediciones estadísticas. El consumo doméstico se calcula multiplicando los datos de consumo per cápita de la tabla 4.2, por el número de habitantes de cada clase socioeconómica. El clima de la localidad en estudio se define en función de la temperatura media anual, como aparece en la tabla 4.3. El consumo para usos públicos se obtiene utilizando la tabla 4.4.

TABLA 4.2 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

FUENTE: (COMISION NACIONAL DEL AGUA, 2007)

TABLA 4.3 CLASIFICACIÓN DE CLIMAS POR TEMPERATURA

TEMPERATURA MEDIA ANUAL: (°C)	TIPO DE CLIMA
Mayor que 22	CALIDO
De 18 a 22	SEMICÁLIDO
De 12 a 17.9	TEMPLADO
De 5 a 11.9	SEMIFRÍO
Menor que 5	FRÍO

FUENTE: (COMISION NACIONAL DEL AGUA, 2007)

TABLA 4.4 CONSUMO PARA USOS PÚBLICOS.

TIPO DE EDIFICIO Y SERVICIO	DOTACIÓN
Casa - Habitación de tipo popular hasta 90m ²	150 l/habitante/día
Casa - Habitación de interés social más de 90m ²	200 l/ habitante /día
Residencias y departamentos	250-500 l/ habitante /día
Oficinas	70 l/ empleado/día o
	10 l/m ² área rentable
Hoteles	500 l/huésped/día
Cines	2 l/espectador/función
Fábricas (no incluye consumo industrial)	70 l/obrero/turno
Escuelas	100 l/alumno/día
Clubes (deben sumarse los demás servicios: restaurante, auditorio, riego, etc.)	500 l/bañista/día
Restaurante	16-30 l/comensal
Lavandería	40 l/kg ropa seca
Hospitales	500-1000 l/cama/día
Riego de jardines	1 l/m ² superficie de césped
Riego de patios de servicio	2 l/m ²

FUENTE: Elaboración propia, con datos tomados de (COMISION NACIONAL DEL AGUA, 2007)

Nota: a) Las necesidades de riego se consideran por separado a razón de 5 l/m²/día. b)
Las necesidades generadas por empleados o trabajadores se consideran por separado a razón de 100 l/trabajador/día.

4.1.1 Consideración para el N° de Muebles de baño por alumno

La instalación sanitaria es el conjunto de tuberías, equipo y accesorios que permiten conducir las aguas de desecho de una edificación hasta el sistema de drenaje sanitario exterior, siendo este la red de atarjea municipal o el sitio de descarga para su manejo conforme a normatividad.

Con la finalidad de elaborar un buen diseño de las instalaciones hidráulicas y sanitarias, es necesario contar con la información suficiente para así tener proponer un diseño adecuado y acorde a las necesidades; en este sentido, la base de un proyecto hidrosanitario es el plano arquitectónico. Este plano deberá contar con cortes longitudinales y transversales de la obra en cuestión; donde muestre a detalle los muebles sanitarios propuestos para su instalación en la obra en cuestión. Es sumamente importante

que este sea ya el proyecto definitivo, y que no esté sujeto a cambios; ya que cambios de ubicación de muebles o tipos de muebles redundan en un sistema diferente.

De igual manera, los muebles y accesorios sanitarios deberán estar plenamente definidos; la elección de estos, estará sujeto a diversas consideraciones económicas, de operación y funcionalidad, así como el uso que se destinará la edificación.

Otro dato importante, dentro de los datos de proyecto es la dotación de agua; la dotación es propiamente el volumen de agua que se consume por habitante al día en una edificación; cabe señalar que se han determinado de manera empírica dotaciones en función del destino de la edificación. En la tabla 4.5 se muestran las dotaciones estimadas por edificación.

TABLA 4.5 DOTACIONES ESTIMADAS POR EDIFICACIÓN

TIPO DE EDIFICIO Y SERVICIO	DOTACIÓN
Casa - Habitación de tipo popular hasta 90m ²	150 l/habitante/día
Casa - Habitación de interés social más de 90m ²	200 l/ habitante /día
Residencias y departamentos	250-500 l/ habitante /día
Oficinas	70 l/ empleado/día o
	10 l/m ² área rentable
Hoteles	500 l/huésped/día
Cines	2 l/espectador/función
Fábricas (no incluye consumo industrial)	70 l/obrero/turno
Escuelas	100 l/alumno/día
Clubes (deben sumarse los demás servicios: restaurante, auditorio, riego, etc.)	500 l/bañista/día
Restaurante	16-30 l/comensal
Lavandería	40 l/kg ropa seca
Hospitales	500-1000 l/cama/día
Riego de jardines	1 l/m ² superficie de césped
Riego de patios de servicio	2 l/m ²

FUENTE: (Ruiz, Apuntes de la materia de Instalaciones Hidrosanitarias, 2016)

Las dotaciones antes mencionadas corresponden a dotaciones estimadas, toca al proyectista ajustar, en caso necesario a las condiciones específicas del proyecto en cuestión.

Al proyectar una edificación es necesario tener en cuenta el número mínimo de muebles sanitarios en función del tipo de servicio que prestará. En la tabla 4.6 se muestran recomendaciones de número mínimo de muebles en función del tipo de edificación.

TABLA 4.6 NÚMERO MÍNIMO DE MUEBLES SANITARIOS EN FUNCIÓN DEL USO DEL EDIFICIO

Tipo de edificio	Muebles sanitarios mínimos requeridos
Viviendas	1 inodoro 1 lavabo 1 regadera 1 fregadero 1 lavadero (INIFED, 2014)
Escuelas Primarias	1 inodoro por cada 100 niños o fracción 1 inodoro por cada 35 niñas 1 urinario por cada 30 niños 1 lavabo por cada 60 personas 1 bebedero por cada 75 personas
Escuelas Secundarias	1 inodoro por cada 100 hombres 1 inodoro por cada 45 mujeres 1 urinario por cada 30 hombres 1 lavabo por cada 100 personas 1 bebedero por cada 75 personas
Edificios de oficinas o públicas	1 inodoro para 1-15 personas 2 inodoros para 16-35 personas 3 inodoros para 36-55 personas 4 inodoros para 56-80 personas 5 inodoros para 81-110 personas 6 inodoros para 111-150 personas 1 inodoro más por cada 40 personas adicionales. Urinario: se suprime un inodoro por cada urinario instalado sin que el número de inodoros sea menor que 2/3 de lo indicado anteriormente. 1 lavabo para 1-15 personas 2 lavabos para 16-35 personas 3 lavabos para 36-60 personas 4 lavabos para 61-90 personas 5 lavabos para 91-125 personas 1 lavabo adicional por cada 45 personas más o fracción. 1 bebedero por cada 75 personas.

FUENTE: (Ruiz, Apuntes de la materia de Instalaciones Hidrosanitarias, 2016)

Aunado a lo anterior, deberá considerarse en los casos de servicios públicos, el servicio para personas con capacidades diferentes, esto con el fin de considerar las dimensiones y accesorios recomendables para tal efecto.

4.2 Aportación de aguas residuales

Es el volumen diario de agua residual entregado a la red de alcantarillado. La mayoría de los investigadores y las dependencias de gobierno, están de acuerdo en que la aportación es un porcentaje del valor de la dotación, ya que existe un volumen de agua que no llega a la red de alcantarillado, tal como la que consume por el ser humano, el riego de jardines, el lavado de autos, etc.

Considerando lo anterior, se adopta como aportación de aguas negras el 75% de la dotación de agua potable (l/hab/día), considerando que el 25% restante se consume antes de llegar a las atarjeas.

4.3 Gasto de diseño

Los gastos que se consideran en los proyectos de plantas de tratamiento de agua son: gasto medio, gasto mínimo, gasto máximo instantáneo y gasto máximo extraordinario. Los últimos tres se determinan a partir del primero.

Para el caso del diseño del sistema de tratamiento, solo se utilizará el Gasto Medio (Qmed) debido a que los demás gastos de diseño toman en cuenta variables que son irrelevantes para nuestra toma de decisiones; y que por el contrario pueden llevar a un sobredimensionamiento; estas consideraciones serán desglosadas en cada apartado que a continuación se presentan.

4.3.1 Gasto medio

Es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año. Un sistema de alcantarillado debe construirse herméticamente, por lo que no se le adicionará al caudal de aguas negras volúmenes por infiltraciones de aportaciones externas o laterales.

Según la CONAGUA, tomando en cuenta la población y la aportación, el gasto medio de aguas negras, se calcula: (Ecuación 4.1).

$$Q_{\text{med}} = \frac{A_p P}{86400} \quad (4.1)$$

Donde:

Q_{med} = Gasto medio de aguas negras en l/s

A_p = Aportación de aguas negras en l/hab/día

P= población, en número de habitantes

86,400= segundos/ día

4.3.2 Gasto mínimo

El gasto mínimo es igual a la mitad del gasto medio. (Ecuación 4.2).

$$Q_{min} = 0.5Q_{med} \quad (4.2).$$

A continuación, en la tabla 4.7 se presentan los valores del gasto mínimo que se pueden utilizar en el diseño de atarjeas. Se observa que el valor mínimo inferior es de 1.5 l/s.

Tabla 4.7 Gasto mínimo de agua residual

Diámetro (cm)	Nº de excusados	Excusado de 16 litros		Excusado de 8 litros	
		Aportación por descarga (l/s)	Gasto mínimo aguas negras (l/s)	Aportación por descarga (l/s)	Gasto mínimo aguas negras (l/s)
20	1	1.5	1.5	1	1
25	1	1.5	1.5	1	1
30	2	1.5	3	1	2
38	2	1.5	3	1	2
46	3	1.5	4.5	1	3
61	5	1.5	7.5	1	5
76	8	1.5	12	1	8
91	12	1.5	18	1	12

FUENTE: (Ruiz, Apuntes de la Materia Alcantarillado Sanitario Y Pluvial, 2015)

El gasto mínimo, es una de las variables que para fines específicos del presente trabajo se despreciará, ya que en ocasiones el gasto será igual a cero (0 l/s); esto debido a las condiciones de las actividades educativas del periodo escolar, que es aproximado a 200 días de clases, y tomando en cuenta que solo se labora de lunes a viernes; por lo que no se tiene actividad en fines de semana; además de que la actividad es característica por turno, que generalmente es de 8:00 a 12:30 horas para el turno matutino y de 14:00 a 18:30 horas para el turno vespertino.

Este tipo de externalidades deberán ser tomadas en cuenta, ya que existen los periodos vacacionales donde prácticamente no hay personas en el plantel educativo. Sin olvidar las suspensiones y el paro de labores sin previo aviso.

4.3.3 Gasto máximo instantáneo

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de aguas residuales que se puede presentar en un momento dado. Este valor se obtiene a partir del coeficiente de Harmon (M). (**Ecuación 4.3**).

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (4.3).$$

Donde:

P = Población servida expresada en miles

M = Coeficiente de Harmon

Cuando la población es menor a 1000 habitantes M adquiere un valor de 3.8 y cuando es mayor a 63454 habitantes se considera de 2.17 y la expresión para el cálculo del gasto máximo instantáneo. (**Ecuación 4.4**).

$$Q_{Minst} = M Q_{med} \quad (4.4)$$

Donde:

M = Coeficiente de Harmon

QMed = Gasto medio en l/s

QMinst = Gasto máximo instantáneo en l/s

Gasto máximo instantáneo, es la segunda variable que se desprecia ya que el gasto toma en cuenta el coeficiente de Harmon, mismo que sirve para poder determinar el valor máximo de aguas que se presentará en un momento dado, y este varía según el tamaño de la población. Para el presente diseño se calculará el gasto según las unidades de descarga del W.C., lavabo, tarja y mingitorios, por tal motivo queda descartado.

4.3.4. Gasto máximo Extraordinario

Es la cantidad de agua residual que considera la aportación de agua que no forma parte de una descarga normal (agua pluvial de azoteas, patios etc.). Para el cálculo del gasto máximo extraordinario se debe considerar un coeficiente de seguridad de 1.5 quedando la expresión siguiente (**Ecuación 4.5**).

$$Q_{Mext} = CS Q_{Minst} \quad (4.5)$$

Donde:

CS = Coeficiente de seguridad (1.5)

QMinst = Gasto máximo instantáneo en l/s

QMext = Gasto máximo extraordinario en l/s

El gasto máximo extraordinario será otra de las variables que se despreciará debido a que toma en cuenta un factor de seguridad que generalmente es de 1.5; para el presente ejercicio también se despreciará debido a que no se contempla la incorporación de agua de lluvia al sistema de alcantarillado sanitario.

4.4 Variables hidráulicas

4.4.1 Velocidades

Las velocidades máximas y mínimas del agua en un conducto, están gobernadas por el material del que está fabricado el ducto y la magnitud de los fenómenos transitorios, al igual que la velocidad de

arrastre, ésta última se considera para que no exista el depósito de partículas remolcadas por el agua (azolve).

Tabla 4.8 VELOCIDADES MÍNIMAS Y MÁXIMAS PERMISIBLES EN TUBERÍAS

Material de la tubería	VELOCIDADES (m/s)	
	mínima	máxima
Concreto	0.30	3.00
Acero	0.30	3.00
Fibro-Cemento	0.30	5.00
Plásticos	0.30	5.00

FUENTE: (COMISION NACIONAL DEL AGUA, 2007)

4.4.2 Diámetros

Diámetro mínimo. La experiencia en la conservación y operación de los sistemas de alcantarillado a través de los años, ha demostrado que, para evitar obstrucciones, el diámetro mínimo en las tuberías debe ser de 20 cm (8 in).

Diámetro Máximo. Está en función de varios factores, entre los que sobresalen: el gasto máximo extraordinario de diseño, la topografía, la mecánica de suelos, tipo de material y diámetros comerciales en el mercado.

4.4.3 Pendientes

El objeto de limitar los valores de pendientes es evitar, hasta donde sea posible, el azolve y la erosión de las tuberías. Para el caso de pendientes pronunciadas, donde no se pueda seguir la pendiente del terreno, será necesario hacer escalonamiento en el perfil de la línea de drenaje, utilizando para este caso tuberías que no sean afectadas por el sulfuro de hidrogeno que se produce en las caídas libres. Las pendientes deberán seguir hasta donde sea posible el perfil del terreno, con objeto de tener excavaciones mínimas, pero tomando en cuenta las restricciones de velocidad y de tirantes mínimos del apartado anterior y la ubicación y topografía de los lotes a los que se darán servicio. En casos especiales donde la pendiente del terreno sea muy fuerte, es conveniente considerar en el diseño tuberías que permitan velocidades altas, y se debe hacer un estudio técnico económico de tal forma que se pueda tener sólo en casos extraordinarios y en tramos cortos velocidades de hasta 8 m/s.

4.5 Población de proyecto

La población proyecto es la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final de un periodo de diseño del sistema de agua potable y alcantarillado.

La Comisión Nacional del agua, ha editado la norma técnica NT-011-CNA-2001 “Métodos de proyección de población” que explica los procedimientos a seguir para este fin, en diferentes situaciones en cuanto a los datos disponibles. La población que habrá en “n” años después del año “i” se calcula con la ecuación siguiente: **(Ecuación 4.6)**

$$P_{i+n} = P_i(1 + Tc)^n \quad (4.6)$$

Donde:

P_i= población conocida a inicio del periodo (año i) (hab)

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

Tc=Tasa de crecimiento (adimensional)

La tasa de crecimiento por lo general es variable en el tiempo, ya que en cuestiones de población es altamente improbable que se mantenga constante esa tasa. La determinación de la tasa depende de los datos disponibles, para lo cual la norma NT-011-CNA-2001 se considera 9 casos posible. Si se tienen datos históricos del crecimiento de la población, la tasa Tc en porcentaje se determina con la siguiente ecuación **(ecuación 4.7)**

$$Tc\% = \left[\left(\frac{P_{i+n}}{P_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] 100 \quad (4.7)$$

Se hace la recomendación de emplear los datos proporcionados por la CONAPO.

4.5.1 Periodo de diseño

Están determinados tomando en cuenta que éstos siempre deben ser menores a la vida útil de las estructuras o elementos que los integren y además se deberá considerar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

Para definir el periodo de diseño de una obra o proyecto, la CNA recomienda lo siguiente:

a) Hacer un listado de las estructuras, equipos y accesorios relevantes que integren los sistemas, para su funcionamiento y operación.

b) Tomando como base el listado anterior se determina la vida útil de cada elemento según la tabla elaborada por la CNA.

c) Definir el periodo de diseño de acuerdo a las recomendaciones de la CNA y a la consulta del estudio de factibilidad, que se haya elaborado para la localidad.

Tabla 4.9 PERIODO DE DISEÑO DE CONSTRUCCIONES HIDRÁULICAS

PERIODO DE DISEÑO	
ELEMENTO	PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)
FUENTE a) pozo b)presa	5 hasta 50
línea de conducción	de 5 a 20
planta potabilizadora	de 5 a 10
estación de bombeo	de 5 a 10
tanque	de 5 a 20
red de distribución primaria	de 5 a 20
red de distribución secundaria	a saturación
red de atarjeas	a saturación
colector y emisor	de 5 a 20
planta de tratamiento	de 5 a 10

FUENTE: (COMISION NACIONAL DEL AGUA, 2007)

Con la información mostrada en la tabla anterior podemos observar que el periodo de diseño de nuestra planta tiene que estar en el rango de 5 a 10 años.

4.5.2 Vida útil

Es el tiempo que se espera que la obra sirva a los propósitos de diseño, sin tener gastos de operación y mantenimiento elevados, que hagan antieconómico de su uso o que requiera ser eliminada por insuficiente.

Se deben tomar en cuenta todos los factores, características y posibles riesgos de cada proyecto en particular, para poder tomar adecuadamente el periodo de vida útil.

Este periodo está determinado por los siguientes factores:

- Calidad de los materiales utilizados y de la construcción.
- Calidad de los equipos.
- Diseño del sistema.
- Calidad del agua.
- Operación y mantenimiento.

Tabla 4.10 VIDA ÚTIL DE CONSTRUCCIONES HIDRÁULICAS

VIDA ÚTIL	
ELEMENTO	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Pozo	
a) Obra Civil	de 10 a 30
b) Equipo Electromecánico	de 8 a 20
Línea de Conducción	de 20 a 40
Planta Potabilizadora	
a) Obra Civil	40
b) Equipo Electromecánico	de 15 a 20
Estación de Bombeo	
a) Obra civil	40
b) Equipo electromecánico	de 8 a 20
VIDA ÚTIL	
ELEMENTO	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Tanque	
a) Elevado	20
b) Superficial	40
Red de Distribución Primaria	de 20 a 40
Red de Distribución Secundaria	de 15 a 30
Red de Atarjeas	de 15 a 30
Colector y Emisor	de 10 a 40
Planta de Tratamiento	
a) Obra Civil	40
b) Equipo Electromecánico	de 15 a 20

FUENTE: (COMISION NACIONAL DEL AGUA, 2007)

Por lo observado en la tabla anterior nuestra planta tendrá un aproximado de vida útil de 40 años, y se anexa la **tabla 4.11** donde se observa aproximadamente la vida útil de una escuela, según la norma de **ISO 15686**.

TABLA 4.11 VIDA ÚTIL POR TIPO DE EDIFICIOS SEGÚN LA NORMA ISO 15686

Categoría de edificio	Vida útil de diseño por categoría (años)	Ejemplo
Temporales	Hasta 10	Construcciones no permanentes, oficinas de ventas, edificios de exhibición temporal, construcciones provisionales.
Vida media	25-49	La mayoría de los edificios industriales y la mayoría de las estructuras para estacionamientos
Vida larga	50-99	La mayoría de los edificios residenciales, comerciales, de oficinas, de salud, de educación.
Permanentes	Más de 100	Edificios monumentales, de tipo patrimoniales (museos, galerías de arte, archivos generales, etcétera)

FUENTE: (Moreno, 2016)

4.6 Criterios tomados para la propuesta de nuestra planta de tratamiento

Todos los criterios para tomar la aportación de las aguas negras de los centros educativos a los sistemas de tratamiento del agua residual, se debieron a ajustar a los lineamientos que marca el INIFED, que es el organismo supervisor del programa **ESCUELAS AL CIEN**, y este a su vez se rige por las **NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES**, creadas por dicho instituto.

A continuación, se muestra los parámetros a los que se apegó el diseño.

TABLA 4.12 DOTACIÓN MÍNIMA RECOMENDABLE SEGÚN EL INIFED

TIPOS DE EDIFICIO		DOTACIÓN MÍNIMA RECOMENDABLE
Habitacional		150 l/ habitante/ día
Oficinas		70 l/ empleado/ día
Auditorios		5 l/ espectador/ función
Escuelas	Nivel Elemental	40 l/alumno/día
	Nivel Básico	50 l/alumno/día
	Nivel Medio Y Superior	60 l/alumno/día
	Cafeterías	15 a 30 l / comensal
Lavanderías		40 l / kg ropa seca
Riego de Jardines		3 l /m ² /día

FUENTE: (INIFED, 2014)

NOTA: De la aportación diaria solo se tomará una aportación del 75% como lo marca el M.A.P.A.S. de la CONAGUA.

TABLA 4.13 REQUISITOS DIMENSIONALES MÍNIMOS

EDUCACIÓN BÁSICA					TERRENO			
Modalidad	Estructura Educativa	Número de alumnos	Número de pisos	Superficie (m ² /alumno)			Dimensiones (m)	
				Construida	Libre	Total	Frente	Fondo
Jardín de niños	3	90	1	1.75	7.14	8.89	25.00	32.00
	6	180	1	1.57	7.23	8.00	35.00	46.00
	9	360	1	2.00	7.00	9.00	56.00	58.00
Primaria	6	276	1	1.40	6.00	7.40	43.00	47.00
	12	552	1	1.40	5.50	6.90	60.00	63.00
			2	2.10	4.35	5.20	50.00	60.00
	18	828	2	2.10	5.30	6.40	59.00	90.00
			3	2.10	4.71	5.43	59.00	76.00
EDUCACIÓN BÁSICA					TERRENO			
Modalidad	Estructura Educativa	Número de alumnos	Número de pisos	Superficie (m ² /alumno)			Dimensiones (m)	
				Construida	Libre	Total	Frente	Fondo
Telesecundaria	1 . 1. 1	90	1	2.45	42.00	44.44	50.00	80.00
	2 . 2. 2	180	1	2.14	25.63	27.77	50.00	100.00
Secundaria General	2 . 2. 2	288	1	3.90	12.07	15.97	102.00	90.00
	4 . 4. 4	576	1	4.13	13.22	17.36	150.00	100.00
	6 . 6. 6	864	1 o 2	4.05	8.12	10.41	100.00	90.00
Secundaria Técnica	2 . 2. 2	288	1	2.48	9.67	12.15	53	57
	3 . 3. 3	432	1	3.53	16.13	19.66	85	100
	4 . 4. 4	576	1	3.93	13.40	17.36	91	114
			1 o 2	4.00	8.22	10.93	75	85
	6 . 6. 6	864	1 o 2	3.42	10.16	12.73	100	110
			2 o 3	3.58	6.00	7.40	80	80
Producción agropecuaria								5 ha.

FUENTE: (INIFED, 2014)

Para fines de ejemplo, la población proyecto será estudiantil, y se definirá por los lineamientos del INIFED en sus NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES, Vol. 2, Tomo I; Planeación, programación y evaluación. Donde se hace mención al número mínimo de alumnos que requiere cada institución educativa en el país, que a su vez va ligado al número de salones construidos y al tamaño mínimo de las escuelas.

TABLA 4.13 NÚMERO DE MUEBLES MÍNIMOS PARA LA EDUCACIÓN BÁSICA

Requerimientos Mínimos de Mobiliario de Servicios							
NIVEL EDUCATIVO	TIPO DE MUEBLE						
	Excusado	Mingitorio	Regadera	Lavabo	Bebedero		
Jardín de niños con 3 o 6 grupos							
Alumnos	Hombres	2	1	n/a	1	2	
	Mujeres	2	n/a	n/a	2		
Maestros	Mujeres	1	n/a	na	1		
Jardín de niños con 9 grupos							
Alumnos	Hombres	4	4	n/a	4	4	
	Mujeres	6	n/a	n/a	4		
Maestros	Mujeres	2	n/a	na	1		
Requerimientos Mínimos de Mobiliario de Servicios							
NIVEL EDUCATIVO	TIPO DE MUEBLE						
	Excusado	Mingitorio	Regadera	Lavabo	Bebedero		
Primaria 6 grupos							
Alumnos	Hombres	2	2	n/a	2	3	
	Mujeres	1	n/a	n/a	2		
Maestros	Mujeres	1	n/a	na	1		
	Hombres	1	n/a	n/a	1		
Primaria 12 grupos							
Alumnos	Hombres	3	2	n/a	5	6	
	Mujeres	5	n/a	n/a	5		
Maestros	Mujeres	1	n/a	na	1		
	Hombres	1	n/a	n/a	1		
Primaria 18 grupos							
Alumnos	Hombres	7	4	n/a	5	9	
	Mujeres	11	n/a	n/a	5		
Maestros	Mujeres	2	n/a	na	1		
	Hombres	2	n/a	n/a	1		
Secundaria general 6 grupos							
Alumnos	Hombres	1	2	n/a	2	3	
	Mujeres	3	n/a	n/a	2		
Maestros	Mujeres	1	n/a	na	1		
	Hombres	1	n/a	n/a	1		

Requerimientos Mínimos de Mobiliario de Servicios						
TIPO DE MUEBLE						
		Excusado	Mingitorio	Regadera	Lavabo	Bebedero
Secundaria técnica y general 12 grupos						
Alumnos	Hombres	3	2	n/a	2	6
	Mujeres	5	n/a	n/a	2	
Maestros	Mujeres	1	n/a	na	1	9
	Hombres	1	n/a	n/a	1	
Secundaria técnica y general 18 grupos						
Alumnos	Hombres	7	4	n/a	5	9
	Mujeres	11	n/a	n/a	5	
Maestros	Mujeres	2	n/a	na	1	9
	Hombres	2	n/a	n/a	1	

FUENTE: Elaboración propia con datos tomados de (INIFED, 2014)

Esta información sirvió como apoyo para el predimensionamiento del diámetro de salida de los sanitarios del centro educativo, así como también, sirve para conocer el diámetro de llegada al sistema de tratamiento de aguas negras.

FIGURA 4.1 CALENDARIO ESCOLAR CICLO 2016-2017

FUENTE: (SEP, 2016)

El calendario escolar es un factor de suma importancia, ya que el sistema de tratamiento no trabajará los 365 días del año como normalmente debiera ser, por lo que es necesario apegarse a los que establece la Secretaría de Educación Pública (S.E.P), que por lo regular es un periodo de 200 días hábiles, esto debido a que se le restan los días referentes a periodos vacacionales y días festivos que por ley se tiene establecidos.

5.- Alternativas de tratamiento

Los procesos de tratamiento de las aguas residuales persiguen varios objetivos como son:

- La eliminación de los sólidos suspendidos, de tamaño apreciable, por medio de cribado o de sedimentación,
- La eliminación de grasas, acetites y sólidos grasos por medio de la flotación y desnatado, auxiliando en algunos casos por tratamiento químicos,
- La eliminación de sólidos coloidales a través de la floculación – coagulación, seguida de procesos de sedimentación y filtración,
- La neutralización de la acidez o alcalinidad excesiva, por adición de productos químicos,
- La eliminación o estabilización de los sólidos disueltos mediante precipitación química, intercambio iónico, procesos biológicos o sus combinaciones,
- La decoloración por tratamiento químico, con sedimentación o filtración, absorción,
- Y la disminución de la temperatura de los residuos excesivamente calientes por enfriamiento.

Los contaminantes presentes en el agua residual pueden eliminarse por medios físicos, químicos y biológicos. Por lo cual, los métodos de tratamiento se clasifican en operaciones físicas unitarias, procesos químicos unitarios y procesos biológicos unitarios.

- **Operaciones físicas unitarias.** - son los métodos de tratamiento en los cuales predomina la aplicación de fuerzas físicas, dentro de los cuales se encuentran: cribado y desmenuzado, desarenado, regulación de flujo, mezclado, sedimentación, flotación, floculación y enfriamiento
- **Procesos químicos unitarios.** - son los métodos de tratamiento en los cuales la eliminación o conversión de los contaminantes es provocada por la adición de productos químicos o por otras reacciones químicas como: la precipitación, transferencia de gases, absorción, neutralización, reacciones oxido-reducción, intercambio iónico y la desinfección.
- **Procesos biológicos unitarios.** - son los métodos en los cuales se consigue la eliminación de contaminantes por medio de la actividad biológica. Este tipo de tratamiento es usado para eliminar las sustancias orgánicas biodegradables del agua residual. Los más comúnmente usados son: los filtros percoladores, lodos activados, lagunas de estabilización, lagunas aireadas, zanjas de oxidación.

5.1 Tratamientos descartados

A continuación, se enlistarán los tratamientos y sus principales desventajas por las cuales han sido descartadas desde un inicio, como opciones viables para un sistema de tratamiento en centros educativos.

1. **El tratamiento por operaciones físicas**, no se descarta dado que algunos elementos son necesarios para el tratamiento y muchos de estos no representa costo de operación.

2. **El tratamiento por procesos químicos**, se descarta por el alto costo de los productos químicos que se utilizan durante el proceso de tratamiento.
3. **El tratamiento por procesos biológicos por medios aerobios**, se descarta por su alto consumo de energía eléctrica que requieren los equipos para su operación durante el tratamiento.
4. **Las siguientes metodologías, tales como las lagunas estabilizadoras, los humedales, los reactores anaerobios, etc.** Quedan descartadas ya que estos sistemas de tratamiento serán para escuelas del nivel básico (kínder, primaria y secundaria) y podrían ser un peligro para los estudiantes de dichas instituciones, sin mencionar su alto costo de fabricación que no son favorables para la meta principal que es un óptimo desempeño y al menor costo posible.

5.2.- Selección de alternativas

Este trabajo se enfoca en el análisis de tecnologías que existen para la evacuación de excretas y tratamiento de aguas residuales en centros educativos de nivel básico. Los criterios básicos para la selección de las tecnologías de saneamiento son:

- Que sean de bajo costo de inversión, operación, mantenimiento y que requieran un mínimo de personal calificado para operarlos.
- Que sean accesibles al nivel sociocultural y de adaptación ambiental en la localidad, además de efectivo para mejorar las condiciones de descarga.
- Que sea aplicable a pequeños centros educativos.
- Que el consumo de energía sea mínimo.

Por tal razón, algunas de las tecnologías aplicables para este tipo de necesidades son las siguientes:
1) Letrina ventilada de doble cámara, 2) Letrina Multrum, 3) Tanque séptico y pozo de absorción, 4) Lagunas de estabilización, 5) Filtros intermitentes de arena, 6) Lecho de hidrófitas y, por último, 7) Infiltración rápida; todos ellos se caracterizan por ser procesos en donde se lleva a cabo la degradación biológica de la materia orgánica.

Una vez definidos los sistemas apropiados para las condiciones rurales, y de acuerdo a la calidad esperada del efluente, según los requerimientos de reúso o descarga de cada caso particular, se formaron los siguientes arreglos de tratamiento:

1. Letrina ventilada de doble cámara (LVDC)
2. Letrina Multrum (LM)
3. Tanque séptico - pozo de absorción (TS+PA)
4. Tanque séptico - lecho de hidrófitas (TS+LH)
5. Tanque séptico - filtros intermitentes de arena (TS+FIA)
6. Tanque séptico - laguna facultativa (TS+LF)
7. Tanque séptico - laguna facultativa - filtros intermitentes de arena (TS+LF+FIA)
8. Tanque séptico - laguna facultativa - laguna de maduración (TS+LF+LM)
9. Laguna anaerobia - laguna facultativa (LA+LF)

10. Laguna anaerobia - laguna facultativa - laguna de maduración (LA+LF+LM)

En las tablas 5.1 y 5.2 se muestran los arreglos para el tratamiento de excretas, aguas residuales y el rango de población para el que se recomienda cada sistema.

TABLA 5.1 ARREGLOS PARA EL TRATAMIENTO DE EXCRETAS Y AGUAS RESIDUALES

RANGO DE POBLACIÓN	LVDC	1.1.1.1	TS+PA	TS+LH	TS+FIA	TS+LF	TS+LF+FIA	LA+LF+LM	LA+LF	LA+LF+LM
1 a 5	XX	XX	XX	XX	XX					
6 a 10	XX	XX	XX	XX	XX					
11 a 15	XX	XX	XX	XX	XX					
16 a 20	XX	XX		XX	XX	XX				
21 a 30	XX	XX		XX	XX	XX				
31 a 40	XX	XX		XX	XX	XX				
41 a 60				XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
61 a 81				XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
81 a 100				XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX

FUENTE: (COMISION NACIONAL DEL AGUA, 2007)

TABLA 5.2 ARREGLO PARA EL TRATAMIENTO DE EXCRETAS Y AGUAS RESIDUALES

TREN DE TRATAMIENTO	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)				REÚSO
	DBO	SS	CF		
TS-PA	30	60	-		-
TS-LF	79.8727	-	99.2705	Descarga a cuerpos receptores	
TS-LF-LM	92.1841	-	99.9900	Agricultura	
TS-LF-LM	99.8091	-	99.9862	Agricultura y acuacultura	
TS-LH	95.5491	62.27	96.4000	Descarga a cuerpos receptores	
LA-LF-LM	92.8409	-	99.9900	Agricultura y acuacultura	
TS-FIA	99.1000	90	99.1000	Agricultura o descarga	
1.A-1-F	81.3606	-	99.2665	Agricultura	

FUENTE: (COMISION NACIONAL DEL AGUA, 2007)

5.3 Tren de Tratamiento

Un sistema de tratamiento está compuesto por una combinación de operaciones y procesos unitarios, diseñados para reducir ciertos componentes del agua residual a un nivel aceptable. Pueden hacerse muchas combinaciones de operaciones y procesos, pero a través de los años del desarrollo del tratamiento de aguas residuales, un agrupamiento general de estos ha evolucionado, gracias a su probada efectividad contra los contaminantes más importantes del agua residual.

Los sistemas de tratamiento se dividen normalmente en subsistemas los cuales son: primario, secundario y terciario, incluyendo en la mayoría de las veces un pre-tratamiento.

5.3.1 Pretratamiento. - Desbaste o Tamizado.

El objetivo del pretratamiento, es eliminar de las aguas residuales los constituyentes que pueden dañar u obstruir las tuberías y bombas, interfiriendo en los procesos de tratamiento. Los dispositivos utilizados para este fin son las rejas de barra, clasificadas de acuerdo a su tamaño en:

Tabla 5.3 TIPO DE REJAS

Tipo de Rejas	Abertura (cm)
Rejas gruesas	5 a 15
Rejas medianas	2 a 5
Rejas finas (rejillas)	1 a 2

FUENTE: (Ruiz, Apuntes de la materia de plantas de tratamiento de aguas, 2015)

Las rejas consisten de una serie de barras o soleras de metal paralelas, colocadas en un determinado ángulo de inclinación en el canal que conduce las aguas residuales a la planta de tratamiento. El ángulo de inclinación de la rejilla, está en función de la técnica de limpieza prevista, que puede ser manual o mecánica. Para la limpieza manual se colocan en ángulos de hasta 60° con respecto a la horizontal y para la limpieza mecánica se instalan en ángulos mayores. Inclusive en posición vertical.

Los principales parámetros en el diseño de las rejas son:

- Velocidad del agua en el canal y a través de las rejas
- Gasto
- Área efectiva de las rejas
- Perdida de carga

TABLA 5.4 INFORMACIÓN PARA REJAS DE BARRAS DE LIMPIEZA MANUAL Y MECÁNICA

Característica	Limpieza Manual	Limpieza Mecánica
Tamaño de la barra		
Anchura (mm)	5 a 15	5 a 15
Profundidad(mm)	25 a 75	25 a 75
Separación entre barra (mm)	25 a 50	15 a 75
Pendiente en relación la vertical (grados)	30 a 45	0 a 30
Velocidad de aproximación (m/s)	0.3 a 0.6	0.6 a 1.0
Perdida de carga Permisible (mm)	150	150

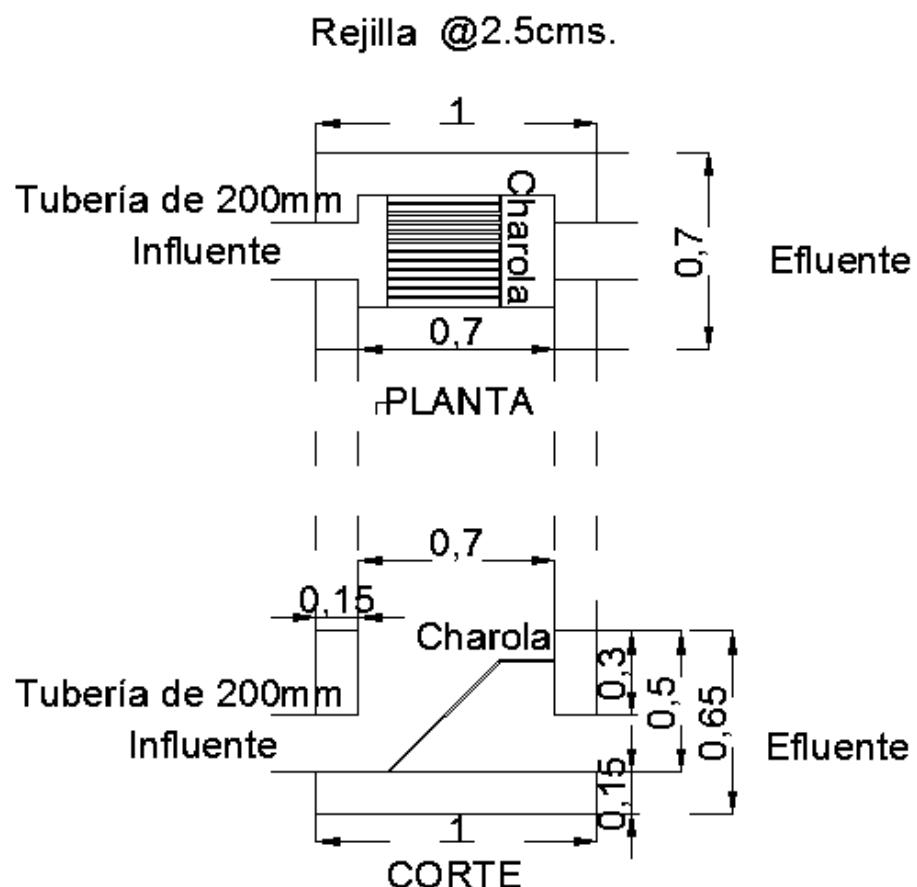
FUENTE: (Ruiz, Apuntes de la materia de plantas de tratamiento de aguas, 2015)

La cantidad de desperdicios sólidos retenidos por las cribas varía según la naturaleza de las aguas residuales y el tamaño de la abertura de la criba. Los desperdicios retenidos contienen de 75% a 90% de humedad y están formados por desperdicios fecales, trapos, papel, trozos de caucho, residuos de alimentos y otros productos expuestos a putrefacción por lo que se requiere su rápida eliminación, a través de procesos como enterramiento, incineración o digestión.

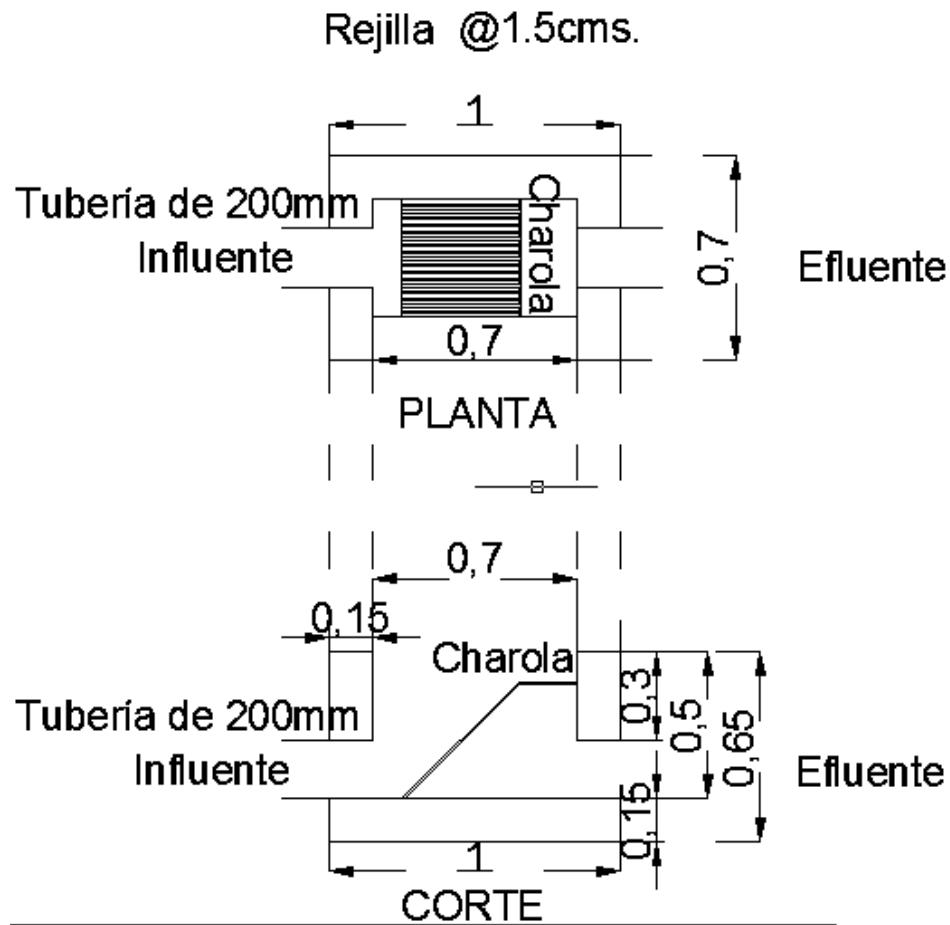
Para el diseño de este proyecto, se utiliza un sistema de **rejillas del tipo mediana y fina**, alojadas dentro de registros de 40x75x80 cm. (Sanchez, 2016)

Para el caso de la propuesta de tratamiento se utilizará sistemas de limpieza manual, con rejillas de cribado, del tipo de separación medianas y finas, lo anterior, debido a que no se generan altas cantidades de basura que entre al sistema de alcantarillado, además que la limpieza manual no requiere costos por consumo eléctrico.

En la **figura 5.1 y figura 5.2** se puede observar la rejilla mediana y fina para tener un poco más clara la idea y poder comprender como se realizará la limpieza manual.

FIGURA 5.1 VISTAS EN PLANTA Y CORTE TRANSVERSAL DE LA REJILLA (REJILLA MEDIANA)

FUENTE: (Sanchez, 2016)

FIGURA 5.2 VISTAS EN PLANTA Y CORTE TRANSVERSAL DE LA REJILLA (REJILLA FINA)

FUENTE: (Sanchez, 2016)

5.3.2 Tratamiento Primario. - Tanque Imhoff

El objetivo del tratamiento primario es remover materiales sólidos del influente a la planta. Un sistema primario típico remueve aproximadamente la mitad de los sólidos suspendidos del influente a la planta, y la DBO asociada con estos sólidos es de aproximadamente 30% de la DBO del influente.

El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos.

Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se llama tanques de doble cámara.

Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas, sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y de remoción de arenas.

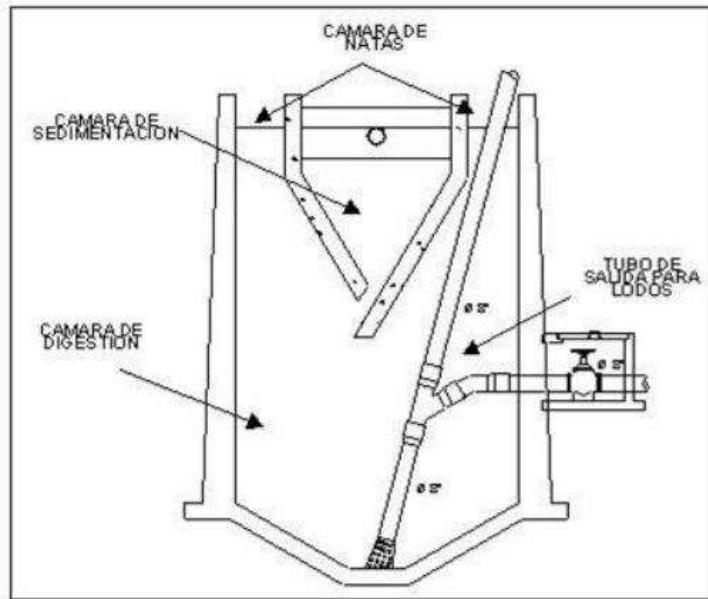
El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos:

1. Cámara de sedimentación.
2. Cámara de digestión de lodos.
3. Área de ventilación y acumulación de natas.

Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación. El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos. En la **figura 5.3** se ejemplifica el funcionamiento del tanque Imhoff.

IMAGEN 5.3 ESQUEMA DEL TRATAMIENTO PRIMARIO.

Esquema de Tanque Imhoff



Fuente: (Supplies, 2016)

Estas unidades no cuentan con unidades mecánicas que requieran mantenimiento y la operación consiste en la remoción diaria de espuma, en su evacuación por el orificio más cercano y en la inversión del flujo dos veces al mes para distribuir los sólidos de manera uniforme en lodos extremos del digestor de acuerdo con el diseño y retirarlos periódicamente al lecho de secado.

Los lodos acumulados en el digestor se extraen periódicamente y se conduce a lechos de secado, en donde el contenido de humedad se reduce por infiltración, después de lo cual se retiran y se disponen de ellos enterrándolos o pueden ser utilizados para mejoramiento de los suelos.

Ventajas.

- Contribuye a la digestión del lodo, mejor que un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características.
- No descargan lodo en el líquido efluente.
- El lodo se seca y se evaca con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad.
- Las aguas servidas que se introducen en los tanques imhoff, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba y la separación de las arenas.
- El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Para su construcción se necesita poco terreno en comparación con las lagunas de estabilización.
- Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos para evitar la contaminación de las corrientes

Desventajas.

- Son estructuras profundas. (> 6m).
- Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando este vacío.
- El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto.

Cabe resaltar que esta alternativa resulta adecuada en caso de que no se cuente con grandes áreas de terreno para poder construir un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, como es el caso de las lagunas de estabilización, además de que el tanque Imhoff deberá estar instalado alejado de la población, debido a los malos olores que produce.

El tanque Imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce el DBO en un 25 a 35%. Los lodos acumulados en el digestor del tanque Imhoff se extraen periódicamente se conducen a lechos secado.

5.3.3 Fosa Séptica

Las fosas sépticas se utilizan por lo común para el tratamiento de las aguas residuales de familias que habitan en localidades que no cuentan con servicio de alcantarillado o que la conexión al sistema de alcantarillado les resulta costosa por su lejanía. El uso de tanques sépticos se permite en localidades rurales, urbanas y urbano-marginales.

Uno de los principales objetivos del diseño de la fosa séptica es crear dentro de esta una situación de estabilidad hidráulica, que permita la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas. Los sólidos sedimentables que se encuentren en el agua residual cruda forman una capa de lodo en el fondo del tanque séptico.

Las grasas, aceites y demás material ligero tienden a acumularse en la superficie donde forman una capa flotante de espuma en la parte superior y la capa de lodo sedimentado en el fondo. El líquido pasa por el tanque séptico entre dos capas constituidas por la espuma y los lodos.

La materia orgánica contenida en las capas de lodo y espuma es descompuesta por bacterias anaerobias, y una parte considerable de ella se convierte en agua y gases más estables como dióxido de carbono, metano y sulfuro de hidrógeno. El lodo que se acumula en el fondo del tanque séptico está compuesto sobre todo de hilachas provenientes del lavado de prendas y de lignina, la cual hace parte de la composición del papel higiénico, aunque estos materiales lleguen a degradarse biológicamente, la velocidad de descomposición es tan baja que éstas últimas se acumulan.

Las burbujas de gas que suben a la superficie crean cierta perturbación en la corriente del líquido. La velocidad del proceso de digestión aumenta con la temperatura, con el máximo alrededor de los 35°C. El líquido contenido en el tanque séptico experimenta transformaciones bioquímicas, pero se tiene pocos datos sobre la destrucción de los agentes patógenos. Como el efluente de los tanques sépticos es anaerobio y contiene probablemente un número elevado de agentes patógenos, que son una fuente potencial de infección, no debe usarse para regar cultivos, no descargarse en canales o aguas superficiales sin permiso de la autoridad sanitaria de acuerdo al reglamento nacional vigente.

Los elementos básicos de una fosa séptica son: el tanque séptico y el campo de Oxidación; en el primero se sedimentan los lodos y se estabiliza la materia orgánica mediante la acción de bacterias anaerobias, en el segundo las aguas se oxidan y se eliminan por infiltración en el suelo.

Ventajas.

- Apropiado para comunidades rurales, edificaciones, parques y moteles.
- Limpieza no frecuente.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Mínimo grado de dificultad en operación y mantenimiento si se cuenta con infraestructura de remoción de lodos.

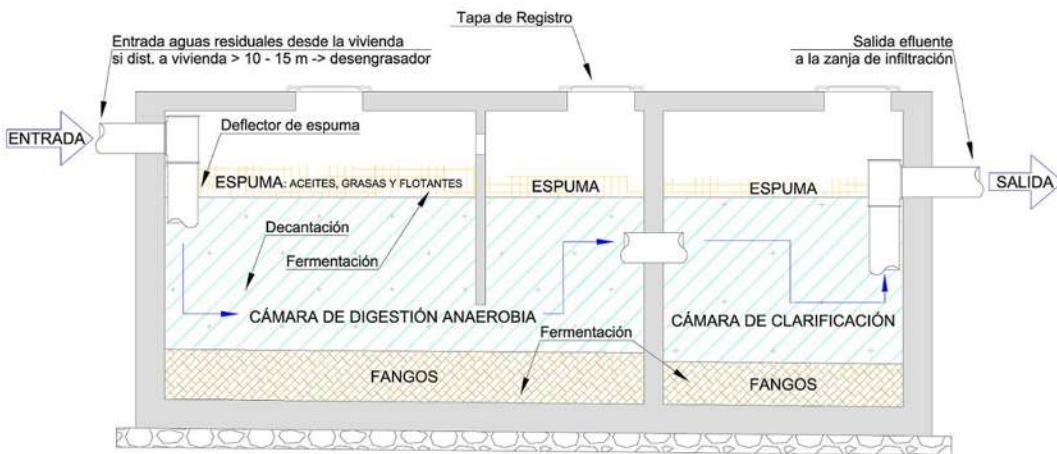
Desventajas.

- Uso limitado para un máximo de 350 habitantes.

- También de uso limitado a la capacidad de infiltración del terreno que permita disponer adecuadamente los efluentes en el suelo.
- Requiere facilidades para la remoción de lodos (bombas, camiones con bombas de vacío).

A continuación, en la **figura 5.4** se ejemplifica el funcionamiento de la fosa séptica.

FIGURA 5.4 PERFIL TRANSVERSAL DE UNA FOSA SÉPTICA Y ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



Fuente: (Supplies, 2016)

A continuación, en la **tabla 5.3** se muestra una tabla de pre-dimensionamiento utilizada para fosas sépticas; sistema tipo creado por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), que también incluye un diagrama de dicha fosa; tal como se ilustra en la **figura 5.5**. Este pre-dimensionamiento varía en función del tipo de servicio y número de usuarios.

TABLA 5.5.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE TANQUE SÉPTICO, SEGÚN EL TIPO DE SERVICIO.

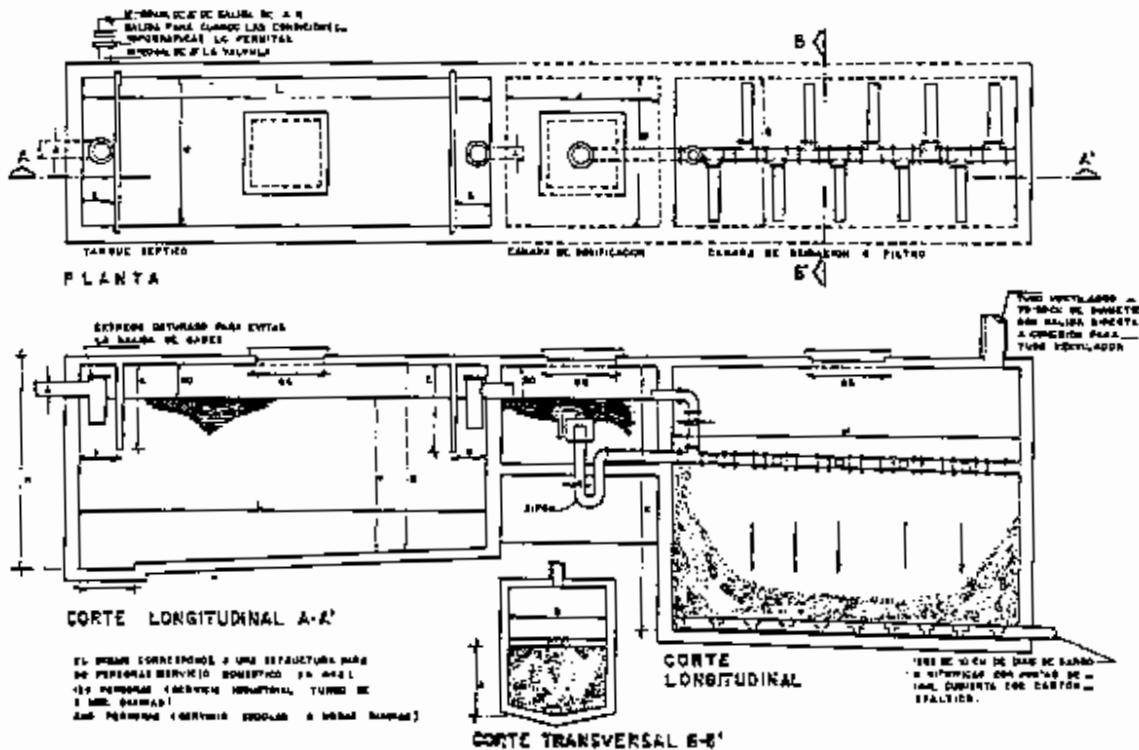
NUMERO DE PERSONAS	TANQUE SÉPTICO							CAMARA DE DOSIFICACIÓN				OXIDACIÓN O FILTRACIÓN					
	SERVICIO ESCOLAR	SERVICIO INDUSTRIAL	SERVICIO DOMÉSTICO	A	B	C	W	L	T	D	H	M	J	K	R	O	N
1-40; 1-10;	0.10	0.30	0.55	0.90	1.90	0.90	1.20	1.35	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.80	0.80	1.60	0.90
41-60	0.10	0.30	0.65	0.90	2.30	1.10	1.40	1.55	0.90	1.00	0.80	0.10	0.90	0.10	0.90	1.85	0.90
61-80	0.10	0.30	0.65	1.00	2.75	1.10	1.40	1.55	1.00	1.20	0.80	0.10	1.00	0.10	1.00	2.30	1.10
81-100	0.15	0.30	0.70	1.10	3.00	1.15	1.45	1.65	1.10	1.20	0.80	0.10	1.10	0.10	1.10	2.50	1.15
101-120	0.15	0.30	0.70	1.20	3.15	1.20	1.50	1.70	1.20	1.30	0.80	0.10	1.20	0.10	1.20	2.85	1.20
121-160	0.15	0.30	0.75	1.30	3.55	1.30	1.60	1.80	1.30	1.30	0.90	0.13	1.30	0.13	1.30	3.00	1.30
161-200	0.15	0.30	0.80	1.40	3.65	1.40	1.70	1.90	1.40	1.40	0.90	0.13	1.45	0.13	1.45	3.25	1.40
201-240	0.15	0.30	0.80	1.50	4.00	1.50	1.80	2.00	1.50	1.70	0.90	0.13	1.50	0.13	1.50	3.40	1.50
241-320	0.15	0.35	0.85	1.65	4.45	1.65	1.95	2.15	1.60	1.90	0.90	0.13	1.65	0.13	1.65	3.45	1.65
321-400	0.15	0.35	0.90	1.75	4.90	1.70	2.05	2.25	1.75	2.00	1.00	0.15	1.75	0.15	1.75	4.15	1.75
401-500	0.20	0.35	0.95	1.90	5.20	1.90	2.20	2.40	1.90	2.35	1.00	0.15	1.90	0.15	1.90	4.40	1.90
501-600	0.20	0.40	1.00	2.00	5.65	2.00	2.30	2.50	2.00	2.35	1.00	0.15	2.00	0.15	2.00	4.80	2.00
601-700	0.20	0.40	1.05	2.10	5.95	2.10	2.40	2.60	2.10	2.50	1.00	0.15	2.10	0.15	2.10	5.10	2.10
701-800	0.20	0.40	1.10	2.20	6.30	2.20	2.50	2.70	2.20	2.55	1.10	0.18	2.20	0.18	2.20	5.30	2.20
801-920	0.20	0.40	1.10	2.30	6.40	2.30	2.60	2.80	2.30	2.60	1.10	0.20	2.30	0.20	2.30	5.40	2.30
921-1000	0.20	0.40	1.15	2.40	6.55	2.40	2.70	2.90	2.40	2.65	1.15	0.20	2.40	0.20	2.40	5.55	2.40
1000-2000	0.20	0.40	1.20	2.55	9.95	2.50	2.85	3.05	2.55	4.90	1.15	0.20	2.55	0.20	2.55	6.28	2.40

TANQUE SÉPTICO

A. Diámetro del tubo de entrada y salida	B. Distancia de las caras interiores de los muros de cabecera	C. Longitud de la chicana	D. Profundidad efectiva más libre bordo	E. Profundidad máxima incluyendo el libre bordo	F. Ancho	G. Altura	H. Profundidad contada en el eje de la camara	I. Profundidad efectiva de las aguas negras	J. Profundidad incluyendo libre bordo	K. Profundidad incluyendo libre bordo	L. Longitud	M. Ancho	N. Longitud	O. Profundidad	P. Profundidad contada en el eje de la camara	Q. Ancho	R. Diametro del sifón	

FUENTE: Elaboración propia con datos tomados de (IMSS. Desconocido)

FIGURA 5.5 MODELO EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL DE UNA FOSA SÉPTICA SEGÚN EL IMSS.



FUENTE: (IMSS, Desconocido)

5.3.4 Tratamiento Secundario. - Pozo de Absorción

El efluente del tratamiento primario todavía contiene normalmente entre 40 y 50% de los sólidos suspendidos que contenía al momento de ser ingresado a la planta de tratamiento, y virtualmente todos los compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos. A los procedimientos de remoción de compuestos orgánicos se le denomina tratamiento secundario, y se lleva a cabo mediante el empleo de una combinación de operaciones y procesos unitarios tales como coagulación, filtración, oxidación química, adsorción con carbono y otros procesos para remover sólidos y reducir la DBO a niveles aceptables. Debido a los altos niveles de inversión necesarios para la instalación de estos procesos, no se usan comúnmente. En cambio, se utilizan los procesos biológicos en prácticamente todos los sistemas municipales de tratamiento secundario.

Un Pozo de absorción, también conocido como pozo de filtración, es una cámara cubierta, de paredes porosas, que permite que el agua se filtre lentamente al terreno.

El Pozo de Absorción se puede dejar vacío y recubrir con un material poroso (para dar soporte y evitar que se colapse), o dejar sin cubrir y llenar con piedras grandes y grava. Las piedras y la grava evitarán que las paredes se colapsen, pero dejarán espacio adecuado para las aguas residuales. En ambos casos, una capa de arena y grava fina debe ser repartida en el fondo para ayudar a que se disperse el flujo. El

pozo de absorción debe tener entre 1.5 y 4 m de profundidad, pero nunca menos de 1.5 m por encima de la capa de agua.

Como el agua residual (aguas grises o negras pre-tratadas) se filtra por el terreno desde al pozo de absorción, pequeñas partículas se filtran en la matriz del terreno y los materiales orgánicos son digeridos por microorganismos. Así, los Pozos de Absorción son los más adecuados para terrenos con buenas propiedades de absorción; no son adecuados para terrenos con barro, compactos o rocosos.

Ventajas

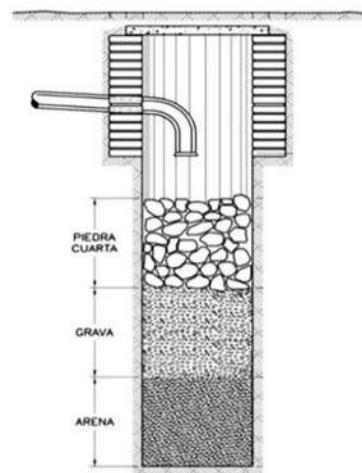
- Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente.
- Se requiere una pequeña área de terreno.
- Pequeños costos de capital y de operación.
- Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente.
- Técnica simple para todos los usuarios.

Desventajas

- Se requiere pretratamiento para evitar que se tape, aunque una obstrucción definitiva es inevitable.
- Puede afectar negativamente las propiedades del terreno y de los acuíferos.

En la siguiente figura 5.3 se ilustra cómo se conforma un pozo de absorción con agregados pétreos para tener una mejor idea de cómo trabajan dichos pozos.

FIGURA 5.6 POZO DE ABSORCIÓN CON AGREGADOS PÉTREOS.



Fuente: (Supplies, 2016)

5.3.5 Estudio de Mercado. – Fosa Séptica y Pozos de Absorción

Una de las actividades del presente trabajo, fue tener una apertura hacia los sistemas prefabricados; en este caso se realizó un estudio de mercado enfocado a encontrar los costos asociados al suministro de plantas de tratamiento con capacidades de remoción y características acorde a lo antes mencionado. Otro aspecto importante a tomar en cuenta es la disponibilidad en el mercado, es decir que se trate de marcas comerciales de producción nacional con arraigo en el mercado nacional, que garantice el suministro de los elementos y el soporte técnico suficiente. A continuación, se presenta a manera de referencia académica algunos de los sistemas con su fabricante responsable.

La Fosa Séptica “Rotoplas”, es un Biodigestor autolimpiable de saneamiento ambiental, reemplaza el uso de las fosas sépticas comunes que son un foco de contaminación para el medio ambiente y de infecciones en las personas.

El sistema es un equipo innovador fácil de instalar y no requiere de mantenimientos complicados, ha sido diseñado especialmente para solucionar la falta de drenaje y una opción ideal para el mejoramiento en la calidad de vida de zonas de bajos recursos.

Especificaciones Técnicas

- Equipo para el tratamiento primario de aguas negras y grises para su descarga a suelo (pozo de absorción o infiltración) o drenaje.
- Sistema patentado de autolimpieza para purga de lodo, sin necesidad de usar equipo especial.
- Utiliza un filtro anaerobio interno que aumenta la eficiencia de tratamiento del agua, no requiere de electricidad para su funcionamiento o algún producto químico para tratar el agua.
- Fabricado con HDPE 100% virgen de una sola pieza (polietileno de alta densidad).
- Larga vida útil de 35 años.
- Garantía de 5 años.

La fosa séptica biodigestor Rotoplas está disponible en 4 capacidades: 600 litros, 1300 litros, 3000 litros y 7000 litros, como se muestra en la siguiente figura. 5.7.

FIGURA 5.7 BIODIGESTOR ROTOPLAS



Fuente: (Grupo Rotoplas, S.A.B. de C.V., 2016)

Beneficios

El Biodigestor Autolimpiable Rotoplas:

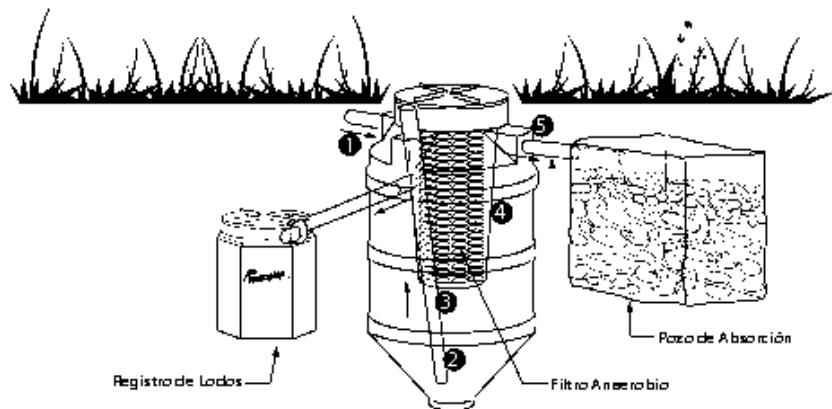
- Utiliza un proceso anaerobio (separa los líquidos de las grasas) para realizar un tratamiento primario del agua.
- Puede ser instalado en cualquier vivienda que no cuente con servicio de drenaje, con el fin de tratar las aguas residuales domésticas.
- Cuida el medio ambiente, previene la contaminación de mantos acuíferos.
- Es un sistema autolimpiable, al sólo abrir una llave se extraen los lodos residuales sin necesidad de usar equipo especializado.
- No requiere equipo electromecánico como bomba o camión de desazolve para su Mantenimiento, eliminando costos adicionales para el usuario.
- Es hermético, construido de una sola pieza para evitar fugas y agrietamientos. Es ligero y fuerte ofreciendo una alta resistencia a impactos y a la corrosión.

Funcionamiento

1. Entrada de agua residual.
2. Separación de lodos y agua (primera etapa).
3. Digestión anaerobia y paso a través de cama de lodos (segunda etapa).
4. Filtro anaerobio (tercera etapa).
5. Salida de agua tratada a pozo de absorción, zanja de infiltración o campo de oxidación

En la figura 5.8 se presentan los pasos en los que se lleva el tratamiento primario en el biodigestor.

FIGURA 5.8 ORDEN CRONOLÓGICO DEL TRATAMIENTO EN EL BIODIGESTOR



Fuente: (Grupo Rotoplas, S.A.B. de C.V., 2016)

Mantenimiento

Cada año se deberá abrir la válvula para que el lodo acumulado y digerido, fluya al Registro de Lodos. Una vez hecha la purga, se debe cerrar la válvula y mantener así hasta el siguiente mantenimiento.

A continuación, en la **figura 5.9** se puede observar los componentes básicos del biodigestor Rotoplas.

FIGURA 5.9 COMPONENTES DEL BIODIGESTOR ROTOPLAS



Fuente: (Grupo Rotoplas, S.A.B. de C.V., 2016)

Costo sin Instalación

Realizando una investigación en el mercado sobre el costo de los Biodigestores marca Rotoplas, se obtuvieron los siguientes costos que se presentan en la Tabla 5.6 siguiente.

TABLA 5.6 PRECIO DE LOS BIODIGESTORES ROTOPLAS EN EL MERCADO ACTUAL.

Capacidad (l)	Color	Costo + IVA
600	Negro	\$5,634.05
1300	Negro	\$8,591.17
3000	Negro	\$26,772.00
7000	Negro	\$51,880.75

FUENTE: Elaboración propia con datos tomados de (Distribuidores Rotoplas, 2014)

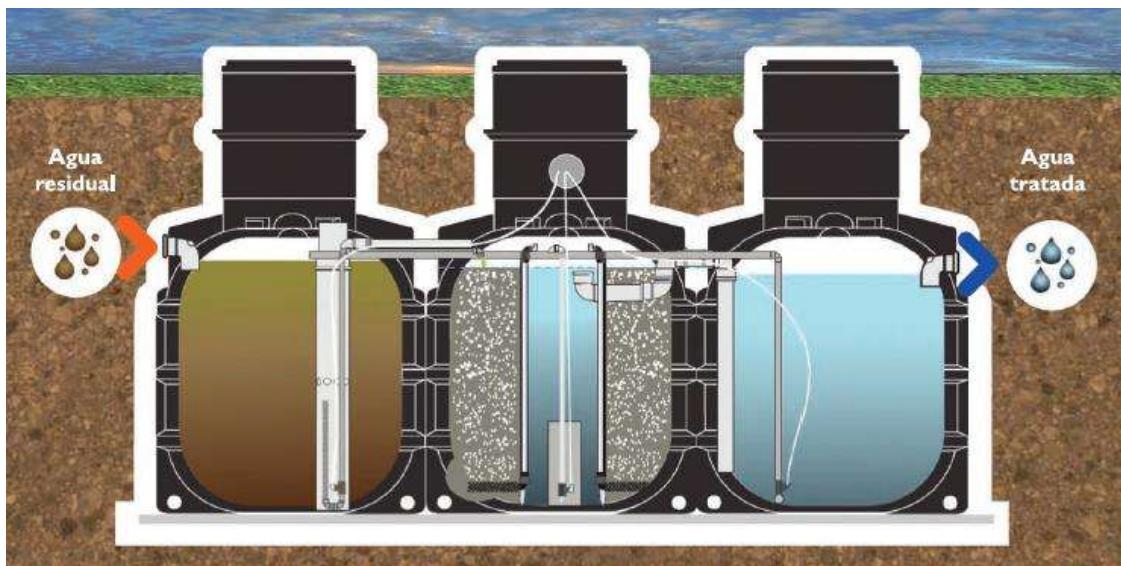
Planta de tratamiento Durman, EP6

La planta de tratamiento “Ep6” de Durman, es una planta de tratamiento compacta y de alta eficiencia, desarrollada y certificada en la Comunidad Económica Europea, la cual permite dar un nivel óptimo de tratamiento a las aguas residuales generadas por residencias, edificios públicos o pequeñas comunidades.

Especificaciones Técnicas.

- Remueve más del 90% de los agentes contaminantes del agua residual. El agua tratada por la EP6 cuenta con la calidad 30/30 (DBO5, SST)
- Remueve nutrientes. (Nitrógeno, Fósforo)
- EL agua tratada por la EP6 cumple con los requerimientos de las normas: NOM-001-SEMARNAT-1996 Y NOM-003-SEMARNAT-1997

FIGURA 5.10 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DURMAN EP6.



Fuente: (DURMAN , 2000)

Características de la EP6

- Peso 240 kg.
- Volumen total 3,330 litros.
- Conexión eléctrica 110v
- Consumo eléctrico 240 kwh/año.
- Tamaño de la planta 3.46x1.17x1.85 metros
- Tamaño de la zanja requeridos 4.50x2.00x2.00 metros.

Beneficios

- Detiene y evita la contaminación de cuerpos receptores (ríos, lagos, mantos freáticos).
- Contribuye a la conservación del medio ambiente.
- Al reusar el agua para riego de jardines, se reduce la explotación de fuentes de abastecimiento de agua.
- Cumple al 100% los requerimientos de las normas oficiales mexicanas.
- Se puede instalar en paralelo para recibir mayo caudal.
- Fácil instalación.
- Se requiere del mantenimiento una sola vez al año.

Desventajas

- Consume energía eléctrica
- Contiene piezas especiales electrónicas
- No genera Biogás

FIGURA 5.11 COLOCACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO EP6, EN SITU



Fuente: (DURMAN , 2000)

Pozo de Absorción

El Pozo de absorción Ecotank, es un sistema de drenaje vertical diseñado para infiltrar en el terreno las aguas residuales domésticas previamente tratadas. Este sistema consiste en varios cuerpos cilíndricos de polietileno que permiten modularse dependiendo de la profundidad requerida. Con paredes perforadas que permiten que el agua se filtre lentamente hacia el terreno circundante. Especialmente diseñado para terrenos con poco espacio para la construcción de zanjas de drenaje.

Revisando la información de los mercados de productos para el tratamiento del agua residual encontramos al Ecotank que se encuentra en las siguientes dimensiones, con sus respectivos costos asociados. Estas características se muestran en la tabla 5.7 y su diseño físico en la figura 5.12

TABLA 5.7 PRECIO DE LOS POZOS DE ABSORCIÓN MARCA ECOTANK CON I.V.A. INCLUIDO

Diámetro (m)	Altura (m)	Costo
1.05	1.90	5806.98
1.05	2.90	9069.49
1.05	4.00	12369.60

FUENTE: Elaboración propia con datos tomados de (La Casa del Tanque S.A, 2013)

FIGURA 5.12 - POZO DE ABSORCIÓN ECONTANK



FUENTE: (La Casa del Tanque S.A, 2013)

Pozos de Absorción GUXVAL- BIO

Los pozos de absorción prefabricados GUXVAL-BIO se instalan en cualquier obra; donde se requiera infiltrar al terreno natural, en función de la capacidad de infiltración del terreno y en base al número efectivo de usuarios. En la figura 5.13 se puede observar la fácil colocación del pozo de absorción.

Ventajas y Características:

- Capacidad de infiltración al terreno el 100% del agua proveniente del sistema séptico, lluvia, o bien de las aguas grises provenientes de la casa.
- Rápida instalación.
- Módulos cilíndricos con crecimiento vertical de acuerdo a la capacidad de absorción del terreno.
- Facilidad de transporte y colocación en la obra.
- Requieren poco espacio para la infiltración a través de las perforaciones que tienen los módulos prefabricados.
- La fabricación de los pozos de absorción GUXVAL-BIO Están hechos en concreto especial de alta resistencia.

FIGURA 5.13 COLOCACIÓN DEL POZO DE ABSORCIÓN MARCA GUXVAL-BIO



Fuente: (Guxval Proyectos S.A. De C.V., 2017)

5.4 Comparativo de costos de un sistema construido contra un sistema prefabricado.

A continuación, se incluirá el catálogo de conceptos correspondiente a una Fosa Séptica y a un pozo de absorción construido tradicionalmente, considerando todas las partidas que conlleva su construcción; posteriormente se incluirá el catálogo de conceptos de un sistema prefabricado en este caso una Fosa Séptica y su correspondiente pozo de absorción, ya prefabricado a base de Polietileno de alta densidad.

EL Sistema Durmn EP6 quedó descartado, porque no es viable suministrar energía eléctrica al sistema de aeración, ya que algunas o muchas escuelas en el estado de Michoacán, no cuentan con los recursos económicos para el pago de energía eléctrica asociada al tratamiento de agua.

5.4.1 Catálogo de conceptos para el sistema construido tradicionalmente

A continuación, se anexa el catálogo de conceptos de la Fosa Séptica y pozo de absorción construido tradicionalmente a base concreto armado y tabique rojo recocido. El siguiente catálogo de

conceptos pertenece a la constructora YORCH S.A de C.V. y aprobado por el ING. ARQ. Alfredo Torres Robledo, Subdirector de Obras y Equipamiento del Instituto de la Infraestructura Física Educativa del Estado de Michoacán de Ocampo; quienes permitieron el uso de este apartado para fines académicos.

SEP			INIFED INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA	ESCUELAS AL CIEN		
Catálogo de Conceptos / Presupuesto de Obra / ANEXO VI						
DATOS GENERALES						
Organismo Estatal:	INSTITUTO DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA DEL ESTADO DE MICHOACAN DE OCAMPO	Elaboró:	ING. ARQ. ALFREDO TORRES ROBLEDO			
Empresa:	CONSTRUCCIONES YORCH S.A. DE C.V.					
Estado:	MICHOACAN	Fecha:	08/07/2016			
Nombre del Planteo:	INSTITUTO DE CAPACITACION PARA EL TRABAJO DEL ESTADO DE MICHOACAN	Clave del Centro de Trabajo (CCT):	16EIC0020Z			
Domicilio:	CARRETERA PATZCUARO-MORELIA (ACCESO AL TECNOLÓGICO DE PATZCUARO)	Delegación / Municipio:	PATZCUARO			
CLAVE	DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO	UNIDAD	VOLUMEN	P.U.	IMPORTE	

FOSA SÉPTICA 10 M3					
CIMENTACIÓN					
11061	LIMPIA, TRAZO Y NIVELACIÓN DEL TERRENO (ÁREA DE EDIFICIOS), INCLUYE DESPALME 25 CM. DE ESPESOR Y ACARREOS DENTRO Y FUERA DE LA OBRA.	m2	8.81	35.42	312.05
11071	EXCAVACIÓN A MANO Y/O MÁQUINA EN TERRENO INVESTIGADO EN OBRA A CUALQUIER PROFUNDIDAD, INCLUYE: AFINE DE TALUD Y ACARREO DENTRO Y FUERA DE OBRA DE MATERIAL NO UTILIZABLE.	m3	27.96	143.18	4,003.31
11101	PLANTILLA DE CONCRETO HECHO EN OBRA F'c = 100 KG/CM2 DE 6 cm. DE ESPESOR. INCLUYE: COMPACTACIÓN DEL FONDO, ELABORACIÓN, COLADO Y CURADO.	m2	11.65	153.19	1,784.66
11121	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN CON PISÓN DE MANO Y AGUA 85% PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR, EN CAPAS DE 20 CM. DE ESPESOR, INCLUYE: ACARREO DENTRO DE LA OBRA, MEDIR COMPACTADO Y VOLTEO CON PALA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	m3	7.09	106.88	757.78
12010	CONCRETO F'c = 250 KG/CM2 EN CIMENTACIÓN, TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRAVA TRITURADA DE 3/4" Y ARENA CLASIFICADA, INCLUYE: HECHURA, ACARREO, COLOCADO, VIBRADO, CURADO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	m3	6.61	2395.16	15,832.01
12021	CIMBRA PARA CIMENTACIÓN CON MADERA DE PINO DE 3a. ACABADO COMÚN, INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, CORTES, HABILITADOS, CIMBRADO, DESCIMBRADO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS.	m2	66.73	192.54	12,848.19
12032	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACIÓN CON ALAMBRÓN No.2 (1/4") F'y = 2530 KG/CM2, INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO, ARMADO, TRASLAPES, CALZAS (PLÁSTICOS FTP SE 250 O SIMILAR), GANCHOS Y DESPERDICIOS.	kg	32.40	29.42	953.21
12034	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACIÓN, DIÁMETRO No. 3 (3/8") F'y = 4200KG/CM2, INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO, ARMADO, TRASLAPES, SILLETAS (PLÁSTICO FTP SE 250 o SIMILAR), GANCHOS Y DESPERDICIOS.	kg	526.42	26.24	13,813.26

		ESCUELAS AL CIEN			
<u>Catálogo de Conceptos / Presupuesto de Obra / ANEXO VI</u>					
DATOS GENERALES					
Organismo Estatal:	INSTITUTO DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA DEL ESTADO DE MICHOACAN DE OCAMPO	Elaboró:	ING. ARQ. ALFREDO TORRES ROBLEDO		
Empresa:	CONSTRUCCIONES YORCH S.A. DE C.V.				
Estado:	MICHOACAN	Fecha:	08/07/2016		
Nombre del Planteo:	INSTITUTO DE CAPACITACION PARA EL TRABAJO DEL ESTADO DE MICHOACAN	Clave del Centro de Trabajo (CCT):	16EIC0020Z		
Domicilio:	CARRETERA PATZCUARO - MORELIA (ACCESO AL TECNOLÓGICO DE PATZCUARO)	Delegación / Municipio:	PATZCUARO		
CLAVE	DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO	UNIDAD	VOLUMEN	P.U.	IMPORTE

ALBAÑILERÍA Y ACABADOS					
31325	TAPA PARA REGISTRO A BASE DE CONCRETO F'c = 150 KG/CM2 70 x 70 x 8 CM. ARMADA CON VARILLA 3/8" A CADA 15 CM. EN AMBOS SENTIDOS CON DOS ASAS DE VARILLA, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO.	pieza	2.00	267.44	534.88
32007	APLANADO DE MEZCLA ACABADO PULIDO CON MORTERO-ARENA CLASIFICADA PROPORCIÓN 1:4, CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL, INCLUYE: REMATES Y EMBOQUILLADOS.	m2	42.65	164.86	7,031.28
INSTALACIONES					
52387	TUBO SANITARIO PVC LISO REFORZADO DE 150 MM. DIÁMETRO, INCLUYE: SUMINISTRO Y TENDIDO, CONEXIÓN, TRAZO, EXCAVACIÓN, CAMA ARENA, RELLENO COMPACTADO, UNIDAD DE OBRA TERMINADA.	ml	1.90	190.47	361.89
52391	TEE PARA TUBO SANITARIO DE PVC LISO DE 150 MM. DE DIÁMETRO, INCLUYE: SUMINISTRO Y COLOCACIÓN, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	pieza	4.00	376.36	1,505.44
POZO DE ABSORCIÓN DE 9 M3					
CIMENTACIÓN					
11061	LIMPIA, TRAZO Y NIVELACIÓN DEL TERRENO (ÁREA DE EDIFICIOS), INCLUYE DESPALME 25 CM. DE ESPESOR Y ACARREOS DENTRO Y FUERA DE LA OBRA.	m2	6.15	35.42	217.83
11071	EXCAVACIÓN A MANO Y/O MÁQUINA EN TERRENO INVESTIGADO EN OBRA A CUALQUIER PROFUNDIDAD, INCLUYE: AFINÉ DE TALUD Y ACARREO DENTRO Y FUERA DE OBRA DE MATERIAL NO UTILIZABLE.	m3	18.53	143.18	2,653.13
11121	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN CON PISÓN DE MANO Y AGUA 85% PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR, EN CAPAS DE 20 CM. DE ESPESOR, INCLUYE: ACARREO DENTRO DE LA OBRA, MEDIR COMPACTADO Y VOLTEO CON PALA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	m3	1.11	106.88	118.64

		INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA	ESCUELAS AL CIEN		
<u>Catálogo de Conceptos / Presupuesto de Obra / ANEXO VI</u>					
DATOS GENERALES					
Organismo Estatal:	INSTITUTO DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA DEL ESTADO DE MICHOACAN DE OCAMPO	Elaboró:	ING. ARQ. ALFREDO TORRES ROBLEDO		
Empresa:	CONSTRUCCIONES YORCH S.A. DE C.V.				
Estado:	MICHOACAN	Fecha:	08/07/2016		
Nombre del Planteo:	INSTITUTO DE CAPACITACION PARA EL TRABAJO DEL ESTADO DE MICHOACAN	Clave del Centro de Trabajo (CCT):	16EIC0020Z		
Domicilio:	CARRETERA PATZCUARO-MORELIA (ACCESO ALTECNOLÓGICO DE PATZCUARO)	Delegación / Municipio:	PATZCUARO		
CLAVE	DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO	UNIDAD	VOLUMEN	P.U.	IMPORTE

12010	CONCRETO F'c = 250 KG/CM2 EN CIMENTACIÓN, TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRAVA TRITURADA DE 3/4" Y ARENA CLASIFICADA, INCLUYE: HECHURA, ACARREO, COLOCADO, VIBRADO, CURADO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	m3	0.74	2,395.16	1,772.42
12021	CIMBRA PARA CIMENTACIÓN CON MADERA DE PINO DE 3a. ACABADO COMÚN, INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, CORTES, HABILITADOS, CIMBRADO, DESCIMBRADO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS.	m2	6.15	192.54	1,184.12
12034	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACIÓN, DIÁMETRO No. 3 (3/8") F'y = 4200KG/CM2, INCLUYE: SUMINISTRO, HABILITADO, ARMADO, TRASLAPES, SILLETAS (PLÁSTICO FTP SE 250 o SIMILAR), GANCHOS Y DESPERDICIOS.	kg	44.56	26.24	1,169.25
ALBAÑILERÍA Y ACABADOS					
31105	MURO DE TABIQUE ROJO COMÚN DE 14 cm. DE ESPESOR ASENTADO CON MORTERO-ARENA CLASIFICADA 1:3 ACABADO COMÚN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO.	m2	2.77	288.52	799.20
31204	RELLENO DE GRAVA 3/4" EN PISOS Y COMO FILTRO, INCLUYE: SUMINISTRO Y COLOCACIÓN.	m3	5.05	361.41	1,825.12
31311	ADEME DE TABIQUE ROJO COMÚN DE 12 cm. ESPESOR ASENTADO SIN MEZCLA PARA POZO DE ABSORCIÓN, A CUALQUIER PROFUNDIDAD, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO.	m2	19.28	228.42	4,403.94

SUBTOTAL 73881.61

IVA 16% 11821.06

TOTAL \$85,702.67

FUENTE: (YORCH SA de CV, 2016)

5.4.2 Catálogo de conceptos para el sistema de tratamiento prefabricado.

A continuación, se anexa el catálogo de conceptos, tomando como parte fundamental los sistemas prefabricados de Polietileno de Alta Densidad que se conocieron en el estudio de mercado que se ha realizado. Y rescatando del catálogo original los conceptos necesarios para la óptima instalación dichos datos fueron tomados del catálogo proporcionado por el IIFEEM.

SEP		ESCUELAS AL CIEN			
Catálogo de Conceptos / Presupuesto de Obra / ANEXO VI					
DATOS GENERALES					
Organismo Estatal:	INSTITUTO DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA DEL ESTADO DE MICHOACAN DE OCAMPO	Elaboró:	ING. ARQ. ALFREDO TORRES ROBLEDO		
Empresa:					
Estado:	MICHOACAN	Fecha:			
Nombre del Plantel:	INSTITUTO DE CAPACITACION PARA EL TRABAJO DEL ESTADO DE MICHOACAN	Clave del Centro de Trabajo (CCT):			
Domicilio:		Delegación / Municipio:			
CLAVE	DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO	UNIDAD	VOLUMEN	P.U.	IMPORTE

II.- SERVICIOS SANITARIOS					
	FOSA SÉPTICA 7 M3				
	CIMENTACIÓN				
11061	LIMPIA, TRAZO Y NIVELACIÓN DEL TERRENO (ÁREA DE EDIFICIOS), INCLUYE DESPALME 25 CM. DE ESPESOR Y ACARREOS DENTRO Y FUERA DE LA OBRA.	m2	8.81	35.42	312.05
11071	EXCAVACIÓN A MANO Y/O MÁQUINA EN TERRENO INVESTIGADO EN OBRA A CUALQUIER PROFUNDIDAD, INCLUYE: AFIN DE TALUD Y ACARREO DENTRO Y FUERA DE OBRA DE MATERIAL NO UTILIZABLE.	m3	27.96	143.18	4,003.31
11101	PLANTILLA DE CONCRETO HECHO EN OBRA F'c = 100 KG/CM2 DE 6 cm. DE ESPESOR. INCLUYE: COMPACTACIÓN DEL FONDO, ELABORACIÓN, COLOADO Y CURADO.	m2	11.65	153.19	1,784.66
11121	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN CON PISÓN DE MANO Y AGUA 85% PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR, EN CAPAS DE 20 CM. DE ESPESOR, INCLUYE: ACARREO DENTRO DE LA OBRA, MEDIR COMPACTADO Y VOLTEO CON PALA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	m3	7.09	106.88	757.78
EXT-001	BIODIGESTOR AUTOLIMPIABLE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD CON UNA CAPACIDAD 7 M3, INCLUYE PIEZAS ESPECIALES, COLOCACIÓN, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	pieza	1.00	44,724.78	44,724.78

SEP	INIFED INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA	ESCUELAS AL CIEN			
Catálogo de Conceptos / Presupuesto de Obra / ANEXO VI					
DATOS GENERALES					
Organismo Estatal:	INSTITUTO DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA DEL ESTADO DE MICHOACAN DE OCAMPO	Elaboró:	ING. ARQ. ALFREDO TORRES ROBLEDO		
Empresa:					
Estado:	MICHOACAN	Fecha:			
Nombre del Planteo:	INSTITUTO DE CAPACITACION PARA EL TRABAJO DEL ESTADO DE MICHOACAN	Clave del Centro de Trabajo (CCT):			
Domicilio:		Delegación / Municipio:			
CLAVE	DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO	UNIDAD	VOLUMEN	P.U.	IMPORTE
ALBAÑILERÍA Y ACABADOS					
31300	REGISTRO DE 45 X 75 X 80 CM. CON BLOCK DE CEMENTO O TABIQUE ROJO RECOCIDO, APLANADO INTERIOR, INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES, TAPA CON MARCO Y CONTRA MARCO METÁLICO DE ÁNGULO DE 3/16" X 1" 1/4, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y LIMPIEZA DE ÁREA. INCLUYEN REJILLAS PARA LIMPIEZA.	pieza	2.00	1399.90	1,324.62
INSTALACIONES					
52387	TUBO SANITARIO PVC LISO REFORZADO DE 150 MM. DIÁMETRO, INCLUYE: SUMINISTRO Y TENDIDO, CONEXIÓN, TRAZO, EXCAVACIÓN, CAMA ARENA, RELLENO COMPACTADO, UNIDAD DE OBRA TERMINADA.	ml	1.90	190.47	361.89
52391	TEE PARA TUBO SANITARIO DE PVC LISO DE 150 MM. DE DIÁMETRO, INCLUYE: SUMINISTRO Y COLOCACIÓN, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	pieza	4.00	376.36	1,505.44
POZO DE ABSORCIÓN DE 4 M3					
CIMENTACIÓN					
11061	LIMPIA, TRAZO Y NIVELACIÓN DEL TERRENO (ÁREA DE EDIFICIOS), INCLUYE DESPALME 25 CM. DE ESPESOR Y ACARREOS DENTRO Y FUERA DE LA OBRA.	m2	6.15	35.42	217.83
11071	EXCAVACIÓN A MANO Y/O MÁQUINA EN TERRENO INVESTIGADO EN OBRA A CUALQUIER PROFUNDIDAD, INCLUYE: AFINE DE TALUD Y ACARREO DENTRO Y FUERA DE OBRA DE MATERIAL NO UTILIZABLE.	m3	18.53	143.18	2,653.13
11121	RELLENADO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN CON PISÓN DE MANO Y AGUA 85% PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR, EN CAPAS DE 20 CM. DE ESPESOR, INCLUYE: ACARREO DENTRO DE LA OBRA, MEDIR COMPACTADO Y VOLTEO CON PALA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	m3	1.11	106.88	118.64
EXT-002	POZO DE ABSORCIÓN CON CAPACIDAD DE 4 M3, DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD. INCLUYE PIEZAS ESPECIALES, COLOCACIÓN, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	pieza	1.00	10,663.45	10,663.45

SUBTOTAL **\$69,902.76**

IVA 16% **\$11,184.44**

TOTAL **\$81,087.20**

6.0.- Manejo y aprovechamiento de subproductos

El tratamiento del agua residual, generará principalmente la propia agua tratada, la cual deberá cumplir con la normatividad vigente; uno de los subproductos generados es el biosólido como consecuencia de la separación de la materia orgánica del agua residual, el cual también está sujeto a una normatividad; a continuación, se muestra de manera enunciativa las normas a las que se deberá hacer referencia.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales con el objeto de proteger la calidad del agua de los cuerpos receptores y posibilitar sus usos, siendo de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma Oficial Mexicana no se aplica a las descargas de aguas pluviales provenientes de drenajes separados.

Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma no se aplica a la descarga de aguas pluviales, tanto domésticas, como las provenientes de industrias, siempre y cuando sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997. Esta Norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas tratadas que se reúsen en servicios al público con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reúso.

Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Esta Norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes para los lodos y biosólidos provenientes del desazolve de drenajes, de plantas potabilizadoras y plantas de tratamiento de aguas residuales, los cuales deberán tener una disposición adecuada en términos de esta norma.

Finalmente, y como producto del tratamiento anaerobio, la generación del biogás es otro subproducto; de este último no se cuenta con una norma al respecto.

6.1 Agua tratada.

No habrá aprovechamiento del agua tratada debido a que en el tratamiento secundario (pozo de absorción) el agua se infiltrará directamente al terreno natural. Por tal motivo queda descartada. En caso de quererse utilizar, deberá colectarse y bombearse para su reúso (de contarse con una topografía favorable, pudiera drenarse hacia huertos escolares previo estudio de calidad del agua).

6.2 Biosólidos.

Se identifica a los “Biosólidos residuales” como aquellos sólidos remanentes del proceso de tratamiento de agua de desecho doméstico, compuestos por materia orgánica residual no descompuesta, o en proceso de descomposición, obtenidos de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

El uso de los Biosólidos residuales en la agricultura está supeditado a los niveles de concentración de los parámetros de patógenos, parásitos y metales pesados, según la NOM-004-SEMARNAT-2002, siendo las clases A, B y C como las más idóneas.

Los Biosólidos se clasifican en tipo: excelente y bueno en función de su contenido de metales pesados; y en clase: A, B y C en función de su contenido de patógenos y parásitos

TABLA 6.1 APROVECHAMIENTO DE BIOSÓLIDOS

Tipo	Clase	Aprovechamiento
Excelente	A	<ul style="list-style-type: none"> • Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación. • Los establecidos para clase B y C
Excelente o Bueno	B	<ul style="list-style-type: none"> • Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación. • Los establecidos para la clase C
Excelente o Bueno	C	<ul style="list-style-type: none"> • Usos forestales • Mejoramientos de suelo • Usos Agrícolas

FUENTE: (SEMARNAT, 2002)

Beneficios al suelo utilizando Biosólidos.

En este proyecto se propone aprovechar los Biosólidos que se obtienen de los sistemas de tratamiento de centros educativos de nivel básico, para su aplicación en los huertos educativos o en áreas verdes de dichos centros, estos Biosólidos se deberán estabilizar previamente a su aplicación por medio de deshidratación y encalado.

Es importante destacar que el uso de estos lodos modifica las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo:

- Aumenta la retención del agua.
- Mejora la estructura.
- Incrementa la Capacidad de intercambio Catiónico (CIC)
- Incrementa la materia orgánica (M.O.)
- Aumenta la actividad microbiana y Aporta macronutrientes (N, P y K) y micronutrientes (Fe, S, Mo, Al, Ca, Mg y Zn) de manera prolongada, dándole más fertilidad.

En el caso de este tipo de sistemas propuestos en este trabajo, se pretende lograr obtener biosólido tipo bueno, clase C.

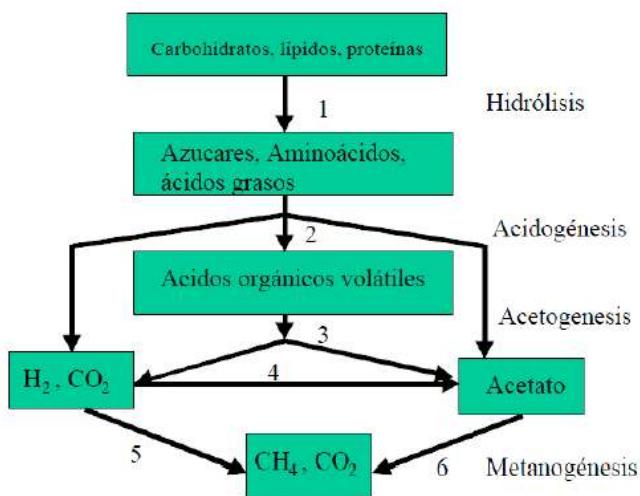
6.3. Biogás.

El biogás es un gas combustible que se puede obtener a partir de la biomasa, tal como son los desechos de humanos y de animales, residuos agrícolas, aceites vegetales y plantas acuáticas, por mencionar algunos. Este gas puede ser utilizado, por ejemplo, como combustible para motores que mueven una bomba de agua, en alumbrado y en la cocción de alimentos.

El mecanismo predominante para la conversión de la biomasa en biogás es la conversión bioquímica o digestión de biomasa orgánica, que debe entenderse como un proceso natural que involucra varios procesos bacterianos y enzimáticos simultáneamente.

El método más común de producción de biogás es la digestión anaeróbica llevada a cabo en un tanque cerrado llamado biodigestor. La biomasa se mezcla en el biodigestor con agua para formar una suspensión, en la cual la digestión anaeróbica se realiza en dos pasos. En el primer paso, llamado licuefacción, la materia orgánica es descompuesta por *hidrólisis enzimática* y fermentada para producir principalmente ácidos y alcoholes. Seguidamente, en la etapa de gasificación, las bacterias metanogénicas rompen los ácidos y los alcoholes, para producir metano y dióxido de carbono, nitrógeno y ácido sulfídrico. En la **Figura 6.1** se indican las diversas etapas de la digestión anaerobia. (HERNÁNDEZ, 2012)

FIGURA 6.1 DIAGRAMA DE LAS DIVERSAS ETAPAS EN LA DIGESTIÓN ANAEROBIA



Fuente: (HERNÁNDEZ, 2012)

El biogás obtenido en esta transformación está constituido por una mezcla de gases combustibles y su composición depende del tipo de material orgánico utilizado para su producción, y de las condiciones de operación de los reactores donde ocurre la transformación. Este producto contiene aproximadamente un 60% de metano y 40% de dióxido de carbono; la pequeña cantidad de ácido sulfídrico da al gas un olor a huevos podridos.

Temperatura y Tiempo de retención

La temperatura de la mezcla en el digestor, es un factor importante para la eficiencia del proceso de digestión. La mayoría de las bacterias anaeróbicas funcionan mejor en el rango de temperatura de 30

a 35 °C y este rango es el óptimo para la producción de biogás. La temperatura en el tanque digestor siempre debe estar por encima de 20 °C, porque a temperaturas menores, se produce poco biogás y por debajo de 10 °C la digestión cesa completamente.

El periodo de retención es el tiempo que permanecerá la biomasa en descomposición dentro del digestor, periodos de retención de 10 a 25 días para la mezcla en el tanque digestor son usuales para la mayoría de los países tropicales. Si las temperaturas ambientales son altas, por ejemplo, en promedio entre 30 y 35° C, puede ser suficiente un periodo de retención más corto, de 15 días. En climas más fríos, son comunes periodos de retención más largos, de 80 a 90 días. (HERNÁNDEZ, 2012)

Usos del Biogás

El biogás obtenido puede ser empleado para generación de energía, en iluminación y como medio de calentamiento para cocción de alimentos, como combustible para una caldera, para calentar un espacio o en equipos de refrigeración. El poder calorífico aprovechable depende del rendimiento de los quemadores o de los equipos que funcionan a base del biogás.

Estufas de biogás

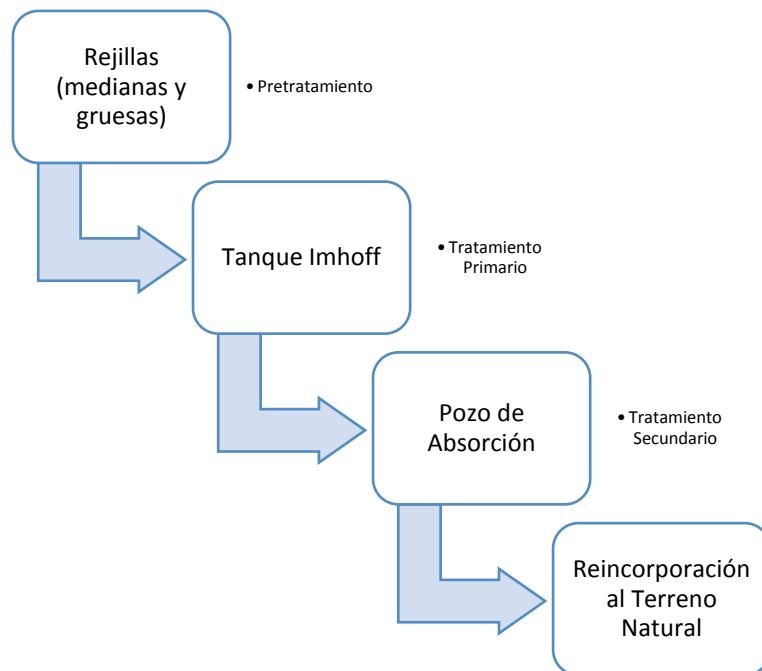
Las estufas que emplean biogás deben ser de fácil y simple operación, flexibles en cuanto a tamaño, fáciles de limpiar y reparar, de bajos costos y alta eficiencia en el uso de combustible. Los quemadores deben estar bien regulados y en buenas condiciones de funcionamiento, así se mantiene un alto rendimiento. El rendimiento es bueno, si, por ejemplo, un litro de agua hiere rápidamente (entre 8-12 minutos). Este proceso es más largo si el quemador no está bien regulado, en tal caso, el rendimiento es bajo.

TABLA 6.2 RESULTADOS FINALES DE SUBPRODUCTOS COMO CONSECUENCIA DEL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL, EN CONDICIONES “TIPO”.

ALUMNOS			
CAPACIDAD	300	500	800
GASTO MED. (l/s)	0.13	0.22	0.35
TRH	16.00	16.00	16
DBO inf.	250.00	250.00	250
n (eficiencia %)	60.00	60.00	60
DBO ef.	100.00	100.00	100
VOL. tanque (m3)	7.50	12.50	20.00
TIEMPO DE PURGA DE LODOS (meses)	6	6	6
VOL. Lodos (m3)	2.84	4.73	7.56
BIOGÁS GENERADO (m3/día de CH4)	0.81	1.35	2.17
POTENCIAL CALÓRICO (kcal/día)	4062.76	6771.27	10,834
POTENCIAL EQ. APROX.(hp)	0.31	0.38	0.82
ESTIMADO ANUAL (365 días)	296.58	494.30	790.88
ESTIMADO CAL. ESCOLAR (200 días)	162.51	230.22	433.36
ÁREA DE EXPOSICIÓN DE LODOS (m2) CON TIRANTE DE 0.30 m.	9.45	15.75	25.2
CONSIDERANDO COMO SUPERFICIE CUADRADA "L." (m)	3.07	3.97	5.02

7. Conclusiones y recomendaciones

Después de estudiar los sistemas más viables para un sistema de tratamiento, y que estos se puedan implementar en escuelas de nivel básico, con viabilidad técnica y económica en el Estado de Michoacán de Ocampo, se llegó a la conclusión de que el tren de tratamiento más adecuado es el que a continuación se presenta, ya que cumple con todos los requisitos y recomendaciones que hace el M.A.P.A.S. con la normatividad; este se basa en:



Con base en los estudios realizados, este es el sistema que mejor se adapta a las necesidades de esta investigación ya que es un perfecto balance entre funcionamiento e inversión.

Es de destacar que las múltiples aplicaciones de materiales en sistemas de tratamiento, redundan en beneficios técnicos y económicos, en este caso, el uso del polietileno de alta densidad (HDPE); redonda en la facilidad de colocación y en la simplificación de la supervisión en los procesos constructivos.

Una actividad común en la ejecución de obra es la falta de conocimiento y preparación por parte de los trabajadores de la construcción, situación que en muchos casos lleva a defectos constructivos que redundan en la falla de los sistemas construidos, de manera específica las plantas de tratamiento.

A manera de recomendación, los sistemas prefabricados resultan ser elementos de piezas únicas, o bien, piezas que se ensamblan fácilmente, gracias a que cuentan con conexiones macho y hembra que ayuda a su fácil instalación. Esta situación reduce necesidades de supervisión técnica y cuidados especiales al momento de la ejecución de obra.

Otro aspecto importante, es que la durabilidad de estos sistemas fabricados en polietileno de alta densidad se garantiza por periodos de hasta 35 años. Cabe señalar que hasta hace 20 años, los sistemas de tinacos domiciliarios se empezaron a sustituir por elementos de estos materiales; situación que actualmente resulta práctico, fácil y económico y que en la práctica utilizar estos elementos es algo común, por lo que el uso de este material como elemento de construcción está probadamente garantizado a simple vista.

Finalmente, y concluyendo el presente trabajo, el método más adecuado que se recomienda utilizar en nuestra PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA SISTEMAS DE EDUCACIÓN BÁSICA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO, es el Biodigestor Rotoplas y el Pozo de Absorción Ecotank ya que son ligeros, fáciles de transportar, sin fisuras, con garantía, durabilidad y de fácil ensamblado; además de que al momento de su colocación se requiere menos mano de obra y menos supervisión técnica.

Bibliografía

akvopedia. (29 de 05 de 2015). *akvopedia*. Obtenido de http://akvopedia.org/wiki/Pozo_de_Absorción

COMISION NACIONAL DEL AGUA. (2007). *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento* (Vol. Paquetes Tecnológicos para el Tratamiento de Excretas y Aguas Residuales). MEXICO, DF.: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

COMISION NACIONAL DEL AGUA. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento* (Vol. Datos Básicos). Mexico, DF.: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

DIRECCIÓN GENERAL DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y ESTADÍSTICA EDUCATIVA. (2014). *Sistema Nacional de Información Estadística Educativa*. Recuperado el 16 de 11 de 10, de http://www.snie.sep.gob.mx/descargas/estadistica_e_indicadores/estadistica_e_indicadores_educativos_16MICH.pdf

Distribuidores Rotoplas. (2014). *Dinámica en Soluciones*. Recuperado el 16 de 12 de 15, de <https://distribuidornacional.com/Item/PreciosFosaSepticaRotoplas>

DURMAN . (2000). *PLANTA DE TRATAMIENTO EP6*. México, D.F: Aliaxis Company.

Explorando México. (s.f). *Explorando México*. Recuperado el 23 de noviembre de 2016, de <http://www.explorandomexico.com.mx/state/15/Michoacan/geography/>

Grupo Rotoplas, S.A.B. de C.V. (31 de 07 de 2016). *Rotoplas*. Recuperado el 2016 de 12 de 17, de <http://www.rotoplas.com.mx/productos/saneamiento/biodigestor-autolimpiable/>

Guxval Proyectos S.A. De C.V. (2017). *Guxbal*. Recuperado el 13 de 01 de 2017, de <http://guxval.com.mx/productos-pozos-absorción.php>

H. Congreso de la Unión. (1993). De los tipos y modalidades de educación. En H. C. Unión, *LEY GENERAL DE EDUCACIÓN* (pág. 17). México, D.F.: Diario Oficial de la Federación.

H. Congreso de la Unión. (1993). *LEY GENERAL DE EDUCACIÓN*. México, D.F.: Diario Oficial de la Federación.

HERNÁNDEZ, H. A. (2012). *DISEÑO DE UN BIODIGESTOR INSTRUMENTADO ELECTRONICAMENTE PARA LA GENERACIÓN DE BIOGÁS EN CASA HABITACIÓN*. MÉXICO, D.F.: U.N.A.M.

IIFEEM. (2016). *Municipios que Integran Regiones para Supervisar Obras*. Morelia: Gobierno del Estado de Michoacán.

IMSS. (Desconocido). *MANUAL DE INSTALACIONES 7200/H.07.16*. México, D.F.: IMSS.

INEGI. (2014). *CUENTAME...* Recuperado el 28 de noviembre de 2016, de CUENTAME...: <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mich/economia/default.aspx?tema=me&e=16>

INIFED. (2014). *NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSTRUCCION E INSTALACIONES* (Vol. V Instalaciones de servicio). d.f., México: S.E.P.

INIFED. (2014). *NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSTRUCCION E INSTALACIONES* (Vol. III Habitabilidad y Funcionamiento). d.f.: S.E.P.

INIFED. (2014). *NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSTRUCCION E INSTALACIONES* (Vol. II Estudios preliminares). d.f., México: INIFED.

INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FISICA EDUCATIVA. (2015). *ESCUELAS AL CIEN*. Recuperado el 12 de 12 de 2016, de <http://www.inifed.gob.mx/escuelasalcien/escuelas-al-cien/>

La Casa del Tanque S.A. (2013). *La Casa del Tanque*. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de <http://www.lacasadeltanque.com>

Moreno, S. H. (2016). ¿Cómo se mide la vida útil de los edificios? En *Comunicaciones Libres* (págs. 68-73). México, DF.: Ciencia.

PALMERÍN CERNA, M., & MERCADO VARGAS, H. (2012). *EL ESTADO DE MICHOACÁN Y SUS REGIONES TURÍSTICAS*. Morelia, Mich.: eumed.net.

Ruiz, C. R. (2015). *Apuntes de la Materia Alcantarillado Sanitario Y Pluvial*. Morelia, Mich.: Facultad de Ingeniería Civil.- UMSNH.

Ruiz, C. R. (2015). *Apuntes de la materia de plantas de tratamiento de aguas*. Morelia, Mich.: Facultad de Ingeniería Civil,. UMSNH.

Ruiz, C. R. (2016). *Apuntes de la materia de Instalaciones Hidrosanitarias* (Vol. 1). Morelia, Mich.: Facultad de Ingeniería Civil- UMSNH.

Sanchez, V. (2016). *PROPIUESTA DE SANEAMIENTO DE LAS DESCARGAS DE AGUA RESIDUAL DE LA POBLACIÓN DE UMÉCUARO, MUNICIPIO DE MORELIA, MICHOACÁN*. Morelia, Mich.: Facultad de Ingeniería Civil- UMSNH.

SEMARNAT. (1996). *NOM-001-SEMARNAT-1996*. D.F., México: Diario Oficial.

SEMARNAT. (1996). *NOM-002-SEMARNAT-1996*. D.F., México: Diario Oficial.

SEMARNAT. (1997). *NOM-003-SEMARNAT-1997*. D.F., México: Diario Oficial.

SEMARNAT. (2002). *NOM-004-SEMARNAT-2002*. D.F, México: Diario Oficial.

SEP. (2016). *CALENDARIO ESCOLAR*. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de www.gob.mx/sep

Supplies, R. (12 de 12 de 2016). *Rural Supplies*. Obtenido de <https://ruralsupplies.eu/4-informacion-al-usuario/saneamiento-autonomo/03-la-depuracion-del-agua-residual-domestica-con-sistemas-autonomos/>

YORCH SA de CV. (2016). *Catálogo de Conceptos*. Morelia, Mich.: IIFEEM.