

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA DE SANEAMIENTO DE LAS DESCARGAS DE AGUA RESIDUAL DE LA POBLACIÓN DE UMÉCUARO, MUNICIPIO DE MORELIA, MICHOACÁN.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentada por:

PASANTE DE INGENIERO CIVIL VICENTE SÁNCHEZ CORREA

Director de Tesis:

M. en C. RICARDO RUIZ CHÁVEZ

Morelia, Michoacán, Marzo 2016

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS	4
2.1.- OBJETIVO GENERAL.....	4
2.2.- OBJETIVOS PARTICULARES.....	4
3.-ANTECEDENTES.....	6
3.1.- MARCO FÍSICO.....	6
3.1.1.- Historia	6
3.1.2.- Localización y geografía	7
3.1.3.- Orografía	10
3.1.4.- Hidrografía	11
3.1.5.- Geología	12
3.1.6.- Edafología.....	13
3.1.7.- Clima	17
3.2.- Marco social	17
3.2.1.- Nivel socioeconómico	18
3.2.2.- Actividades económicas.....	21
3.2.3.- Aspectos demográficos.....	21
4.-Estado actual del sistema de agua potable, alcantarillado y sanitario.....	23
4.1.- cobertura de los servicios de agua potable.	23
4.2.- cobertura de los servicios de alcantarillado.	23
4.3.- cobertura de los servicios de saneamiento.	23
4.3.1.- infraestructura de proyecto.....	24
5. Estudios preliminares.....	27
5.1.- Ubicación del sitio de la planta	28

5.2.- Caracterización de la descarga de agua residual.	29
5.2.1.- Métodos de muestreo	33
5.2.2.- Aforo.	35
5.3.- Cuerpos receptores.....	36
5.4.- Aprovechamiento del agua residual.	37
5.5.- Área de estudio	37
5.5.1.- Régimen de tenencia de la tierra	37
5.5.2.- Topografía	38
5.5.3.- Área disponible	39
5.5.4.- Tipo de suelo	40
5.6.- Diagnóstico de las condiciones actuales	40
5.6.1.- Necesidades de tratamiento.....	40
5.6.2.- Usos del agua residual.	40
5.6.3.- Límites máximos permisibles conforme a la normatividad vigente.	41
5.6.4.- Análisis de la composición de las aguas residuales.....	46
6. Diseño de ingeniería básica de las unidades de tratamiento.	48
6.1 Paquetes tecnológicos para el tratamiento del agua	48
6.2.- Tren de tratamiento propuesto	48
6.3.- Pre-tratamiento	49
6.3.1.- Canal de llegada, caja de excedencias y desvío.	49
6.3.2.- Tamizado.....	49
6.3.3.- Canal Desarenador.....	49
6.3.4.- Medidor de flujo	50
6.4.- Análisis de propuestas para el tratamiento de agua residual en fase primaria.	50
6.4.1. Selección de la tecnología	52
6.5.- Desinfección.....	54
6.6.- Cálculo de población proyecto.....	54
6.6.1.- Vida útil y periodo de diseño.	57
6.6.2.- Población proyecto	58
6.6.3.- Gastos de diseño.....	59
6.6.4. Gastos de diseño.	60
6.7.- Diseño de los elementos que conforman el tren de tratamiento	64

6.7.1.- Pre tratamiento.....	64
6.7.2.- Tratamiento primario.....	71
6.7.3. Lechos de hidrófitas (Humedal artificial)	82
6.7.4. Diseño del humedal (lecho de hidrófitas).	91
6.7.5. Especificaciones generales.	97
6.7.6. Operación y mantenimiento.	102
6.7.7. Solución a las viviendas que no se interconectan al sistema de alcantarillado.	106
7. Conclusiones y recomendaciones.	115
8. Bibliografía	117
ANEXO 1	119
ANEXO 2	124
ANEXO 3	131

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG 3.1 Macrolocalización de Umécuaro, Municipio de Morelia, Michoacán.	8
FIG 3. 2 Microlocalización de Umécuaro, Municipio de Morelia, Michoacán.	9
FIG 3. 3 Orografía de la localidad	10
FIG 3. 4 Hidrografía en la zona de estudio.	11
FIG 3. 5 Geología de la zona de estudio.	12
FIG 3. 6 Edafología de la zona de estudio.	13
FIG 3. 7 Grupos de suelos según la carta topográfica.	14
FIG 3. 8 Suelo presente en la zona de estudio.	15
FIG 3. 9 Calificador de suelo	16
FIG 3.10 Pobladores de Umécuaro trabajando la tierra al borde del camino Loma Caliente – Umécuaro.	18
FIG 3. 11 Actividades económicas, comercio y ganadería.	19
FIG 3 12 La presa de Umécuaro, atracción turística de la zona.	20
FIG 3. 13 Actividades económicas, agricultura.	21
FIG.4.1 Estado actual de excretas y agua residual de las viviendas.	24
FIG.5.1 Ubicación propuesta de la planta de tratamiento.	28
FIG.5.2 Fotografía al interior del canal de desfogue de la presa de Umécuaro.	33
FIG.5.3 Cuerpos receptores del canal de desfogue de la presa de Umécuaro.	36
FIG.5. 4 Siembra de trigo y maíz, al fondo se observan viveros.	37
FIG.5. 5 Topografía del terreno.	38
FIG.5. 6 Área disponible.	39
FIG.6.1 Vista en planta y corte de caja de excedencias y desvío.	65
FIG.6. 2 Vistas en planta y corte transversal de la rejilla.	67
FIG.6. 3 Vistas en planta y corte transversal de la rejilla.	69
FIG.6. 4 Tanque séptico propuesto.	75
FIG.6. 5 Tanque séptico propuesto, vista en planta con dimensiones	80
FIG.6. 6 tanque séptico propuesto, vista lateral con dimensiones.	81

FIG.6.7 Diagrama de conformación de un lecho de hidrófitas con flujo subterráneo.....	84
FIG.6. 8 Lecho de hidrófitas con junco (ejemplo)	86
FIG.6. 9 Destrucción de contaminantes orgánicos por Fito-degradación. .	87
FIG.6. 10 Degradación de contaminantes orgánicos.	88
FIG.6. 11 Humedal natural con tule.	96
FIG.6. 12 Diseños de entrada para la distribución uniforme del agua residual en el lecho de hidrófitas de flujo subterráneo	98
FIG.6. 13 Diseños de entrada para la distribución uniforme del agua residual en el lecho de hidrófitas de flujo subterráneo vista en planta.	98
FIG.6. 14 Diseños de entrada para la distribución uniforme del agua residual en el lecho de hidrófitas de flujo subterráneo vista lateral.	99
FIG.6. 15 Diseño de salida con tubería de control de nivel de agua.	99
FIG.6. 16 Estructura de salida con tubo giratorio, y tubo colector perforado.	100
FIG.6. 17 Arreglo funcional típico de lecho de hidrófitas de flujo subterráneo.....	101
FIG.6. 18 Elementos que componen el arreglo de fosa séptica con pozo de absorción.	107
FIG.6. 19 Localización recomendable según la topografía del terreno.	109
FIG.6. 20 Trampa para grasa diseño recomendable.	110
FIG.6. 21 Vista en planta y corte de tanque séptico convencional.	111
FIG.6. 22 Caso A de cajas de distribución siguiendo la topografía del suelo.	112
FIG.6. 23 Caso B de cajas de distribución siguiendo la topografía del suelo.	113
FIG.6. 24 Arreglo funcional para pozo de absorción.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4. 1 Indicadores de rezago social.	23
Tabla.5. 1 Tipos y números de microorganismos típicamente presentes en las aguas residuales.....	30
Tabla.5.2 Características típicas del líquido en las fosas sépticas.....	31
Tabla.5. 3 Concentración típica del agua residual doméstica bruta.	32
Tabla.5. 4 Frecuencia de muestreo	34
Tabla.5. 5 límites permisibles para contaminantes básicos.	42
5. 6Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros.	43
Tabla.5. 7 límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos.	45
Tabla.5. 8 límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos.....	45
Tabla.5. 9 Aprovechamiento de lodos según su clase.	46
Tabla 6. 1 Alternativas de tratamiento según el rango de población.....	53
Tabla 6. 2 Eficiencia de remoción de los distintos arreglos funcionales y su disposición.....	53
Tabla 6. 3 Datos de censos 2005 y 2010	54
Tabla 6. 4 Cálculo de población por medio de la tasa de crecimiento.	55
Tabla 6. 5 Población futuro con tasa de crecimiento de 2.19%.....	56
Tabla 6. 6 Población y porcentaje servicio doméstico.	56
Tabla 6. 7 Vida útil de las obras de tratamiento.....	57
Tabla 6. 8 Periodos de diseño para elementos de planta de tratamiento ..	58
Tabla 6. 9 Dotación y gastos de agua potable.....	59
Tabla 6. 10 Dotación	59
Tabla 6. 11 Gastos proyecto.	63
Tabla 6. 12 Especificaciones para los tipos de rejilla.	66
Tabla 6. 13 Criterios de diseño según N° de malla.....	70
Tabla 6. 14 Criterios de diseño y remoción de contaminantes de flujo subterráneo.....	90
Tabla 6. 15 Representación de los grupos climatológicos que se presentan en México.	93
Tabla 6. 17 especies de plantas que crecen en los lechos de hidrófitas de flujo subterráneo.	95

RESUMEN

Los estudios realizados para esta tesis, presentan todos los factores necesarios para la implementación, diseño y adaptación de las tecnologías disponibles para comunidades rurales, que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), presenta en el Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS); específicamente en el libro N° 37 "Paquetes tecnológicos para el tratamiento de excretas y aguas residuales en comunidades rurales" siguiendo el procedimiento de la selección de las tecnologías disponibles, adaptando cada una de ellas a las características de la localidad de Umécuaro, perteneciente al Municipio de Morelia, Michoacán. En este trabajo se describe cada aspecto que se requiere para la selección y se justifica el porqué de cada uno de los sistemas elegidos; además, se proponen diseños de tecnologías para las viviendas que no cuentan con servicio de drenaje, sustentado en el manual de saneamiento, agua, vivienda y desechos de la Dirección de Ingeniería Sanitaria, dependiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, se menciona además la importancia de contar con un sistema que sanee las aguas residuales, y a su vez, se hacen las recomendaciones para el buen uso de dichas tecnologías.

PALABRAS CLAVE: Residual, tratamiento, drenaje, alcantarillado, parásitos.

ABSTRACT

The research they have made on this thesis, shows all necessary factors to the implementation designing and adaptation of available technologies to rural areas, that water national commission presents on drinkable water, drains and sanitary manual specifically on the book No. 37 "Technological package to the treatment of excretes and residual water on rural areas, following the procedure selection of available technologies converting every one of them on characteristics of Umecuario's Town, with all relevant studies it describes every aspect that requires to this selection and everything is already justified, also they propose technologies designed to housing that doesn't have any draining services, supported on sanitary , hosing and waste manual of engineers sanitary principalship, salubriousness and assisters mentions that it's important having a cleaning system and at the very same time the recommendation for a well use of these technologies.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Estudiar el comportamiento del ser humano en el aspecto del uso común de los recursos naturales, es cada vez más importante debido al impacto que este genera, consecuencia de su crecimiento poblacional, en este constante uso de los recursos y de la comprensible búsqueda del progreso, se va dando forma a las múltiples comunidades que van formando parte de municipios crecientes, es responsabilidad del Ingeniero civil, ser trascendental en su disponibilidad de conocimientos, para aminorar el constante crecimiento del impacto ambiental causado por esta búsqueda de progreso, que genera, a su vez, cambios para el proveedor de recursos, causando día con día el empobrecimiento de los mismos debido a la contaminación generada, llámese; contaminación de suelo, contaminación del ambiente, contaminación de los cuerpos de agua, contaminación del aire, etc.

Tomando en cuenta lo anterior, el ingeniero civil se ve en la responsabilidad de aminorar estos daños, 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 proponer un sistema mediante el cual la localidad de Umécuaro, Municipio de Morelia, Michoacán; que actualmente, es uno de los sitios más visitados para la actividad recreativa, por su atractivo más llamativo que es la presa que ahí se encuentra. Es por ello que desde hace unos años, se encuentra como un punto de visita, así como punto de desarrollo de proyectos que generarán a corto plazo un crecimiento en su población, lo cual se convierte en una necesidad que demandará sistemas de servicios más efectivos, los cuales deben satisfacer las normativas de sanidad expedida por la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua); con el objetivo claro de devolver los servicios utilizados al medio ambiente, en este caso, un cuerpo receptor, con las especificaciones necesarias para que dicho servicio utilizado regrese en el mejor estado posible con el fin de evitar, los posibles riesgos que los contaminantes puedan transmitir a cualquier ser vivo.

CAPÍTULO 2.

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS.

Para poder hacer una completa y efectiva propuesta sobre el saneamiento de una localidad, se requiere tener claramente los objetivos a cumplir; para esto es necesario tener en cuenta los aspectos que influyen para cada caso en particular, debido a que en cada región las condiciones cambian; de ello dependen los usos y costumbres en cada zona, además de todos los parámetros que se requieren para la selección de las tecnologías disponibles, en esta tesis se presentan los aspectos comunes para tener los objetivos claros.

2.1.- OBJETIVO GENERAL.

Diseñar un tren de tratamiento adecuado que satisfaga con las necesidades de saneamiento de las aguas residuales de la comunidad de Umécuaro, Municipio de Morelia, Michoacán. Tomando en cuenta la concentración y dispersión de las viviendas, con el fin de reducir la contaminación generada por la comunidad, y entregar el agua residual tratada conforme a la normativa correspondiente a los cuerpos receptores.

2.2.- OBJETIVOS PARTICULARES.

La localidad de Umécuaro tiene una problemática en la distribución urbana, debido a que esta se encuentra ubicada a los alrededores de la presa, los objetivos particulares debido a esta problemática son:

- Analizar las tecnologías disponibles en el libro "Paquetes Tecnológicos para el tratamiento de excretas y aguas residuales en comunidades rurales ", y elegir la alternativa más adecuada, según la necesidad de saneamiento de la zona.
- Proponer un sistema de saneamiento para la mancha urbana que cuenta con servicio de drenaje, pero no con un sistema de saneamiento.
- Proponer sistemas de captación, retención y saneamiento de los desechos para aquellas viviendas apartadas de la mancha urbana.

CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES

3.- ANTECEDENTES

La información disponible sobre los antecedentes de la localidad, sus usos, costumbres y su situación actual son los principales aspectos a tomar para la propuesta de saneamiento, crear un peritaje sobre lo que se ha hecho anteriormente, desde que se tenga información es indispensable, de esta manera podemos tomar en cuenta cada particularidad para así poder comprender, y determinar el porqué es importante la implementación de sistemas disponibles para localidades con condiciones similares,

3.1.- MARCO FÍSICO

En este capítulo se presenta la información disponible que se cuenta de la localidad, que para la propuesta de saneamiento, en el libro de paquetes tecnológicos para el tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales, se especifican algunos datos básicos para la correcta selección, entre ellos: conocer un poco de la historia del sitio, localización, geografía, geología, hidrografía, edafología, clima, etc.

3.1.1.- Historia

La región, conocida como "Lugar de miel de maguey"; antiguo Necotlán fundado por pirindas desde mediados del siglo XV. Más tarde, ya en la tercera década del siglo XV, al arribo de los misioneros agustinos en 1538, cambió el nombre del poblado por el de Santiago Undameo, propietarios de ranchos aledaños pertenecientes a Umécuaro, Tirio, entre otros, bajaban a la localidad a su templo, aunque décadas después, ya con caminos accesibles, se construyeron templos en los ranchos para hacer llegar la religión, formalizando así, los ranchos de la zona.

Atractivos turísticos:

- Templo y ex-convento de Señor Santiago (siglo XVI)
- Plaza Cívica "Planta de Tirio", primera planta de energía eléctrica que dio servicio a Morelia, Presa de Umécuaro, Cointzio y Loma Caliente, Balneario de Cointzio, Zona arqueológica y la ex-hacienda de Tirio, Manantiales. (Fuente: venamorelia.com)

3.1.2.- Localización y geografía

Umécuaro se localiza en el Municipio Morelia, a 13 km de la ciudad de Morelia, del Estado de Michoacán de Ocampo México, está delimitada al Norte por la tenencia Morelos y la ciudad de Morelia; al Este por la tenencia de Atécuaro; al Oeste por la tenencia de Tacícuaro, Tiripetío Y San Nicolás Obispo; al Sur con el municipio de Acuitzio y se encuentra en las coordenadas GPS:

Longitud (dec): -101.255556

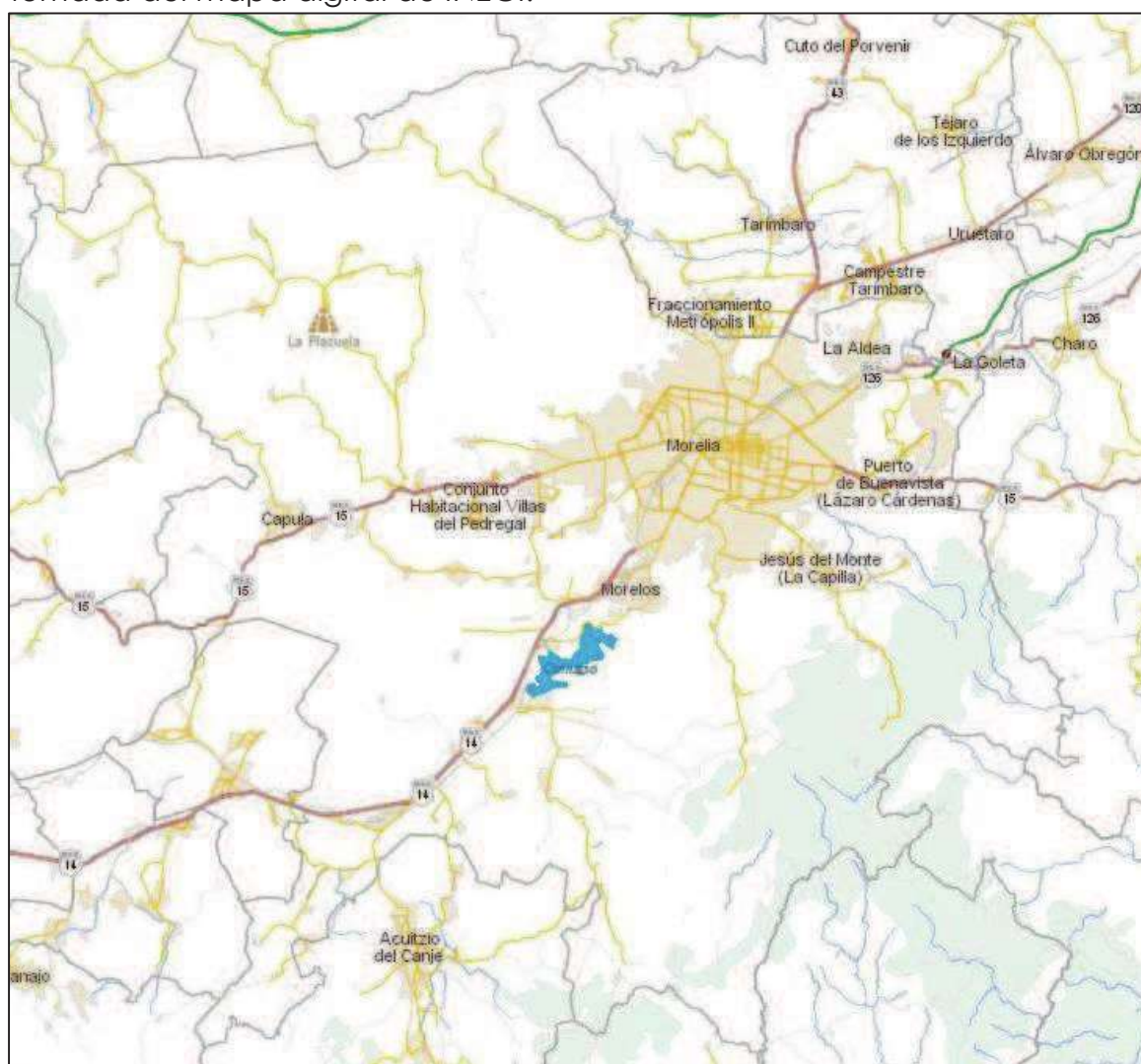
Latitud (dec): 19.528056

La localidad se encuentra a una mediana altura de 2200 metros sobre el nivel del mar.

(Fuente. AYUNTAMIENTO, 2015)

Macrolocalización de Umécuaro

La localidad de Umécuaro se encuentra al Sur de la ciudad de Morelia, aproximadamente a 25 minutos de la misma, se llega a ella tomando la carretera Morelia-Pátzcuaro por la México 14, pasando la presa Cointzio se toma la desviación hacia la izquierda a Santiago Undameo, y tomando las indicaciones en los señalamientos hacia Umécuaro, pasando por el poblado de Tirio y Cedros de la Virgen, en la **figura (3.1)** se muestra la Macrolocalización en la que se observa la delimitación del Municipio de Morelia, en la que se encuentra ubicada la localidad de Umécuaro, tomada del mapa digital de INEGI.



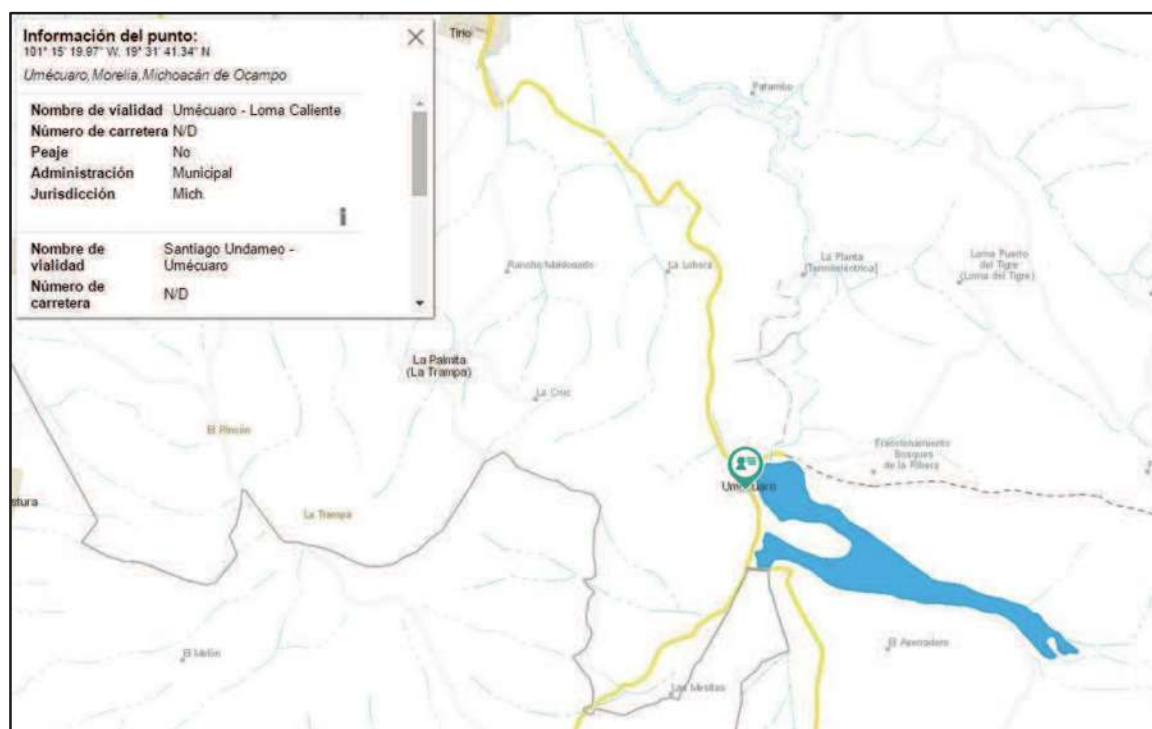
Fuente: Mapa digital INEGI, 2015

FIG 3. 1 Macrolocalización de Umécuaro, Municipio de Morelia, Michoacán.

Microlocalización de Umécuaro

Umécuaro se encuentra ubicado sobre la carretera Santiago Undameo - Umécuaro, pasando por la localidad de Tiro a 5 minutos de la misma, se transcorre por una carretera que se encuentra en buenas condiciones por su último mantenimiento de 10 km efectuado por el H. Ayuntamiento de Morelia y Pemex, el pavimento es de riego de sello, atravesando entre campos de siembra y algunos cerros con pinos, los ranchos aledaños a la localidad son La Lobera, Rancho Maldonado, La Cruz, La Palmita, Las Mesitas, El Aserradero, Loma Caliente, Loma Puerta del Tigre y La planta.

En la **figura (3.2)** se observa la vialidad Santiago Undameo – Umécuaro y la vialidad Umécuaro-Loma Caliente, en las cuales se encuentra la localidad de Umécuaro, tomada del mapa digital de INEGI.



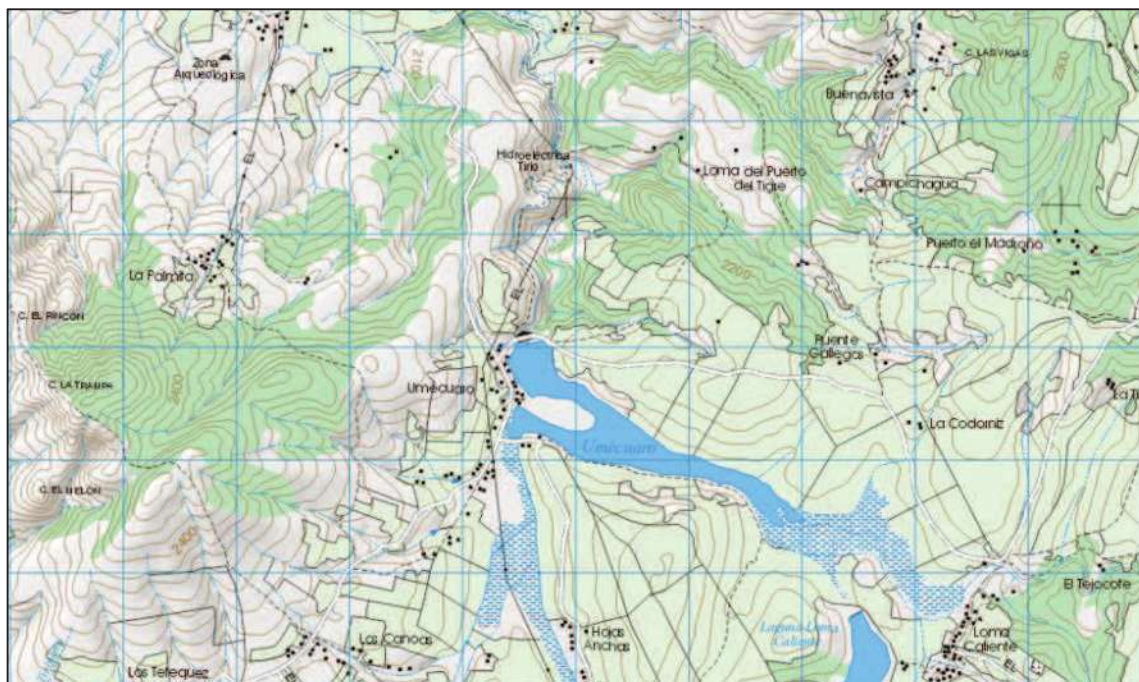
Fuente: Mapa digital INEGI, 2015

FIG 3. 2 Microlocalización de Umécuaro, Municipio de Morelia, Michoacán.

3.1.3.- Orografía

La superficie en la que se encuentra asentada la localidad es un poco accidentada, la región montañosa se extiende hacia el sur y forma vertientes bastante pronunciadas que se internan al Norte, la zona en la que se encuentra situado Umécuaro es una zona muy favorable para esas vertientes que lograron formar un sitio adecuado para su actual presa, los cerros que rodean la localidad son: cerro El Rincón, cerro La Trampa, cerro El Melón, cerro Las Vigas y cerro El Chilacayote, mismos que escurren arroyos intermitentes que abastecen la presa de Umécuaro, la irregularidad del terreno limita la ubicación de la planta de tratamiento, debido a que el alcantarillado presente se encuentra conectado al canal de desfogue de la presa, mismo que corre al bordo de un cerro, limitando pues, las áreas disponibles que sean eficaces para la colocación de la obra.

En la **figura (3.3)** se muestra la orografía del terreno, se puede observar la irregularidad en la superficie donde se encuentra ubicada la zona de estudio, figura tomada de la carta topográfica del Municipio de Morelia.



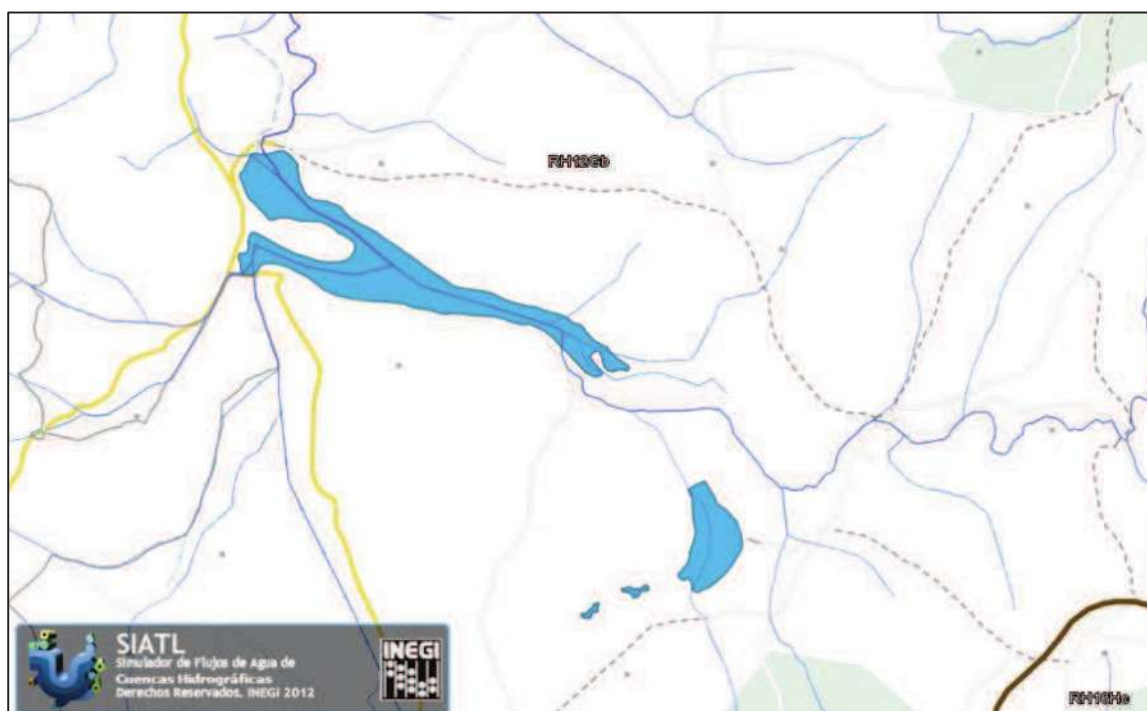
Fuente: Mapa digital INEGI, 2015

FIG 3. 3 Orografía de la localidad

3.1.4.- Hidrografía

El municipio se ubica en la región hidrográfica número 12 por su nombre asignado como (RH12), con nombre de la región hidrológica Lerma-Santiago, al nombre de la cuenca se le asignó el nombre "L. DE PATZCUARO - CUITZEO Y L. DE YURIRIA", con una Área de 6064.87 km² y un perímetro de 497.1 km. Umécuaro se encuentra en la sub-cuenca "L. DE CUITZEO" con un área de 4023.61 km² con un perímetro de 367.24km, siendo esta sub-cuenca del tipo endorreica característica de no tener salida fluvial hacia el océano, fluyendo por infiltración o evaporación, esta sub-cuenca drena principalmente a la siguiente sub-cuenca (RH12Gc L. DE YURIRIA), una densidad de drenaje de 1.5398, con una pendiente media de 15.37% , con un coeficiente de escurrimiento en la presa del 10% a 20%, La presa de Umécuaro se alimenta de su canal principal Acuitzio-Morelia y algunos arroyos intermitentes. (Fuente: SIATL, 2015)

En la **figura (3.4)** se muestra una captura de pantalla del simulador de flujo de agua de cuencas hidrográficas, se puede observar los arroyos intermitentes y canales.

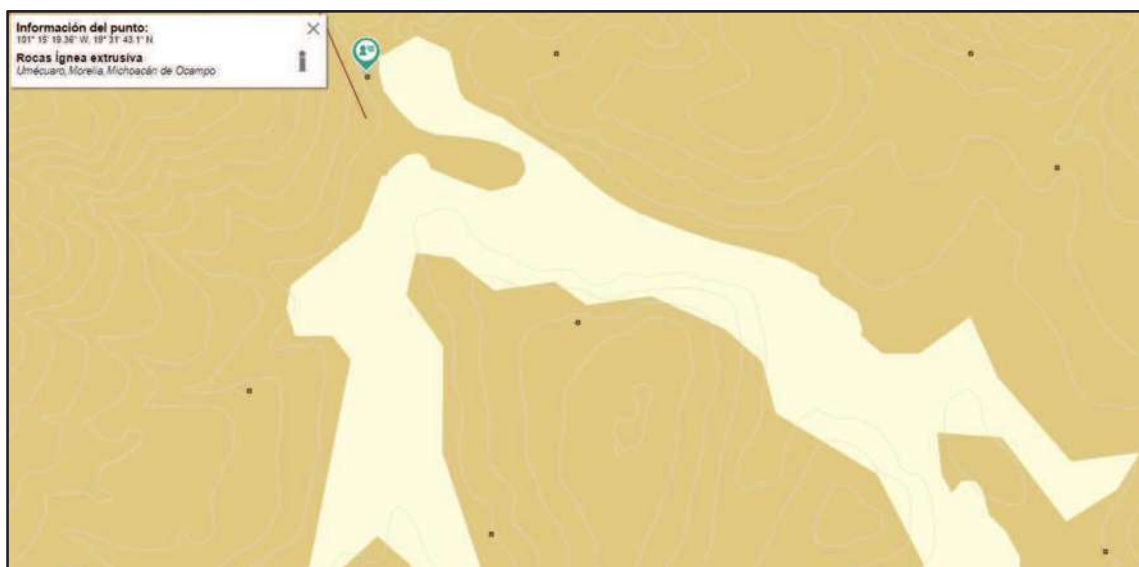


Fuente: SIATL, 2015

FIG 3. 4 Hidrografía en la zona de estudio.

3.1.5.- Geología

La localidad de Umécuaro está construida sobre roca ígnea extrusiva, característica por su formación debido al enfriamiento rápido y su textura, toda la zona en donde se ubicará el tren de tratamiento estará construido sobre roca de esta clase, las condiciones del suelo son favorables puesto que no hay ninguna falla o fractura que pase por la zona. En la **figura (3.5)** tomada del mapa digital – geología de INEGI se señaló la zona de ubicación de la planta, toda la zona se encuentra sobre este tipo de roca.

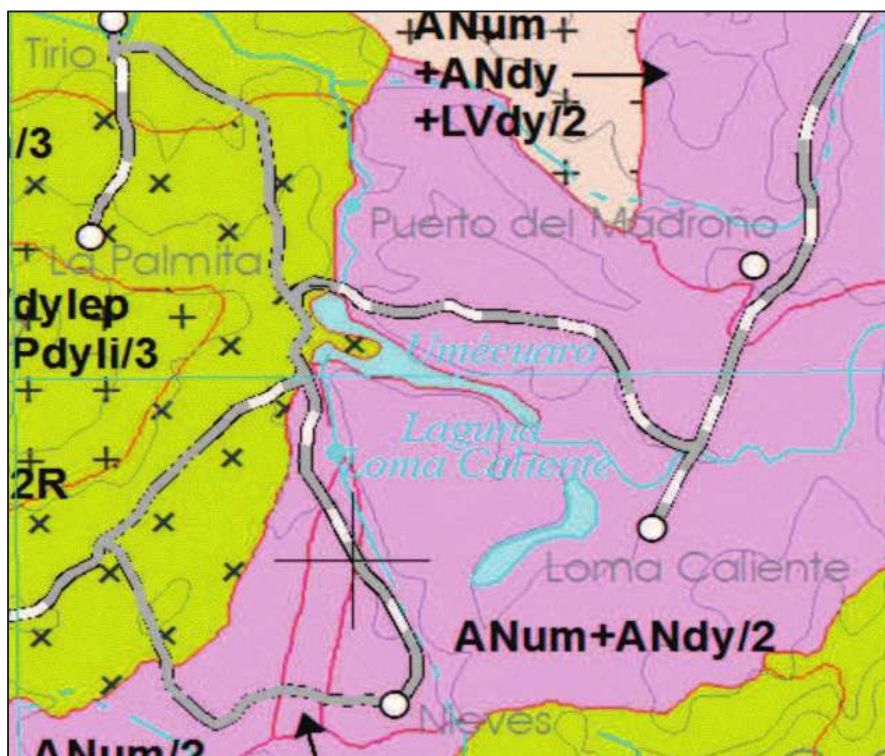


Fuente: Mapa digital INEGI, 2015

FIG 3. 5 Geología de la zona de estudio.

3.1.6.- Edafología

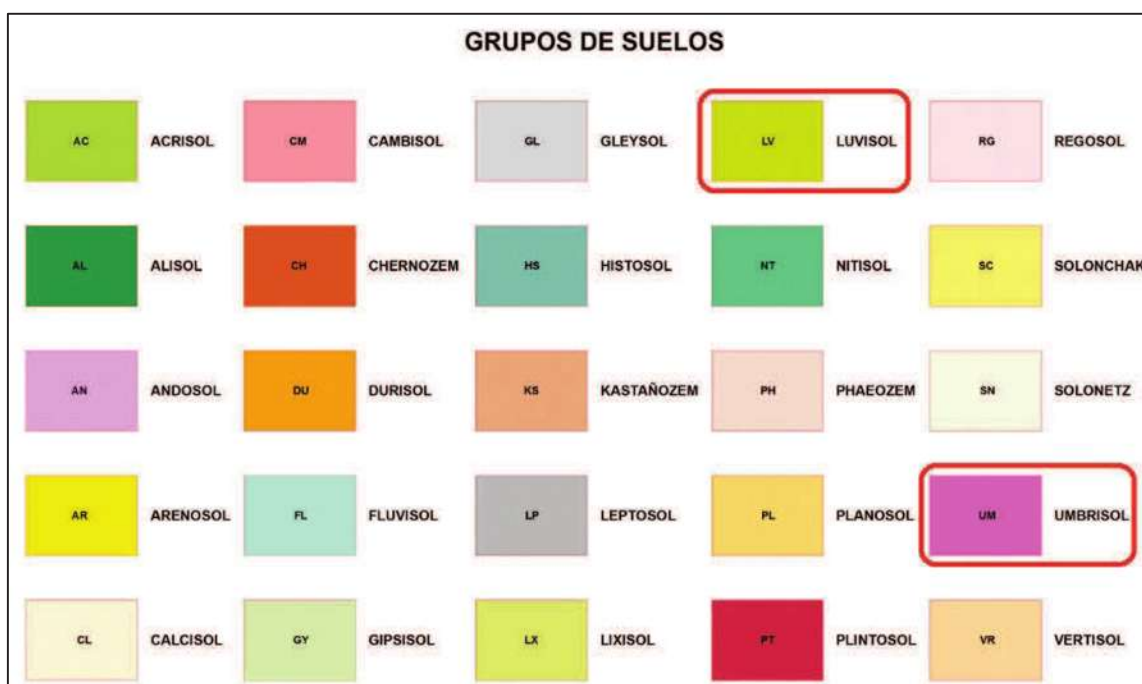
Umécuaro se encuentra asentado sobre dos grupos de suelo, Luvisol y Umbrisol como se muestra en la **figura (3.6)**



Fuente: Carta Edafológica, INEGI, 2015.

FIG 3. 6 Edafología de la zona de estudio.

En la **figura (3.7)** se encuentra la simbología de colores para la selección del grupo de suelos en ella se identifican los suelos Luvisol y Umbrisol. Suelos minerales cuya formación es condicionada por el clima (regiones templadas y sub-húmedas). Se trata pues de un tipo de suelos zonales.



Fuente: Carta Edafológica INEGI, 2015

FIG 3. 7 Grupos de suelos según la carta topográfica.

Luvisol: Del latín luvi, luo: lavar. Literalmente, suelo con acumulación de arcilla. Son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas como los Altos de Chiapas y el extremo sur de la Sierra Madre Occidental, en los estados de Durango y Nayarit, aunque en algunas ocasiones también puede encontrarse en climas más secos como los Altos de Jalisco o los Valles Centrales de Oaxaca. La vegetación es generalmente de bosque o selva y se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser obscuro. Se destinan principalmente a la agricultura con rendimientos moderados. En algunos cultivos de café y frutales en 16 zonas tropicales, de aguacate en zonas templadas, donde registran rendimientos muy favorables. Con pastizales cultivados o inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería. Los aserraderos más importantes del país se encuentran en zonas de Luvisoles, sin embargo, debe tenerse en cuenta

que son suelos con alta susceptibilidad a la erosión. En México 4 de cada 100 hectáreas está ocupada por Luvisoles. El símbolo para su representación cartográfica es (L). (Fuente: INEGI, 2015)

Los Umbrisoles atesoran un horizonte superficial grueso oscuro, ácido y muy rico en materia orgánica. Connotación: suelos con una cubierta oscura (del Latín umbra, sombra). Material parental: rocas silíceas alteradas o intemperizadas (predominantemente en depósitos del Holoceno y Pleistoceno Tardío). Ambiente: climas fríos y húmedos, por ejemplo en regiones montañosas con o sin déficit de humedad.

Uso: principalmente forestal o pastoral extensivo. Bajo un manejo adecuado, los Umbrisoles pueden sembrarse para el crecimiento de plantas comerciales, tales como cereales, tubérculos, té y café. (Fuente: MADRIMASD.ORG, 2015). En la fotografía se puede observar el suelo que comprende toda la zona de estudio.



FIG 3. 8 Suelo presente en la zona de estudio.

La capa de estos suelos tiene una limitante física del tipo endoléptico, que va de los 50-100cm de profundidad su calificador de suelo es: lúvico, dístrico, epiléptico, lítico, en la **figura (3.8)** se indica los limitantes físicos, extraída de la carta topográfica de INEGI.

ap	Abrúptico	glp	Epiglévico	flh	Hiperferrálico	ph	Páquico
ab	Álbico	lep	Epiléptico	frh	Hiperférico	lir	Paralítico
ax	Alcálico	ptp	Epipétrico	gyh	Hipergípsico	plr	Paraplíntico
an	Ándico	pcp	Epipetrocálcico	ohh	Hiperócrico	pe	Pélico
ar	Arénico	pdp	Epipetrodúrico	szh	Hipersálico	pt	Pétrico
ad	Arídico	pgp	Epipetrogípsico	soh	Hipersódico	pc	Petrocálcico
ca	Calcárico	psp	Epipetrosálico	ccw	Hipocálcico	pg	Petrogípsico
cc	Cálcico	plp	Epiplíntico	flw	Hipoferrálico	ps	Petrosálico
cn	Carbonático	szp	Episálico	glw	Hipoglévico	pl	Plíntico
cr	Crómico	sop	Episódico	lvw	Hipolúvico	pf	Profóndico
ct	Cutánico	sk	Esquelético	plw	Hipoplíntico	pr	Prótico
dy	Dístrico	eu	Éutrico	szw	Hiposálico	rh	Réico
du	Dúrico	fl	Ferrálico	sow	Hiposódico	rz	Réndzico
skn	Endoesquelético	fr	Férico	hi	Hístico	ro	Ródico
gln	Endoglévico	fi	Fíbrico	hu	Húmico	ru	Rúbico
len	Endoléptico	fv	Flúvico	ll	Lamélico	rp	Rúptico
ptn	Endopétrico	fo	Fólico	le	Léptico	sz	Sálico
pcn	Endopetrocálcico	ge	Gélico	li	Lítico	sa	Sáprico
pdn	Endopetrodúrico	gy	Gípsico	lv	Lúvico	his	Saprihístico
pgn	Endopetrogípsico	gp	Gipsírico	mz	Mázico	ans	Silándico
ppn	Endopetroplíntico	gl	Glévico	me	Melánico	sl	Síltico
psn	Endopetrosálico	gz	Grévico	ms	Mesotrófico	so	Sódico
pln	Endoplíntico	gm	Grúmico	mo	Mólico	st	Stágnico
szn	Endosálico	ha	Háplico	hum	Molihúmico	ty	Takírico
sln	Endosíltico	abh	Hiperálbico	na	Nátrico	tf	Tétrico
son	Endosódico	cch	Hipercálcico	ni	Nítico	um	Úmbrico
stn	Endostágnico	dyh	Hiperdístrico	cco	Orticálcico	huu	Umbrihúmico
dyp	Epidístrico	skh	Hiperesquelético	dyo	Ortidístrico	vr	Vértico
skp	Epiesquelético	euh	Hiperéutrico	euo	Ortiéutrico	vi	Vítrico

Fuente: Carta Edafológica INEGI, 2015

FIG 3. 9 Calificador de suelo

3.1.7.- Clima

Predomina el clima del subtipo templado de humedad media, con régimen de lluvias en verano de 700 a 1,000 milímetros de precipitación anual y lluvias invernales máximas de 5 milímetros anuales promedio. La temperatura media anual es de 14° a 18° centígrados, aunque ha subido hasta 38° centígrados. Los vientos dominantes provienen del suroeste y del noroeste, con variables en julio, agosto y octubre, con intensidad de 2 a 14.5 km por hora. La humedad del suelo en la zona es de 9 meses, es un suelo que retiene a gran medida la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en el terreno. (Fuente: INEGI, 2015)

3.2.- Marco social

En el aspecto social se tiene el derecho a la atención médica por el seguro social, solamente 11 habitantes de Umécuaro, tienen este beneficio social. (Fuente: INEGI, 2015)

3.2.1.- Nivel socioeconómico

Sector primario: Agricultura: Cultivo del maíz, avena, trigo, frijol, calabaza, garbanzo, chícharo y forraje, los cerros cercanos son accesibles para automóviles de carga, y con grandes campos favorables para la siembra, en la figura (3.10) se puede apreciar a los pobladores de la región trabajando las tierras.



FIG 3. 10 Pobladores de Umécuaro trabajando la tierra al borde del camino Loma Caliente – Umécuaro.

Sector secundario: Fabricación de tabique, aunque ya son pocas las personas que se dedican a esta actividad, aún sigue siendo un medio socioeconómico para algunos pocos habitantes de la localidad.

Sector terciario: Comercio: Cuenta con varias tiendas pequeñas, tianguis y un rastro.



FIG 3. 11Actividades económicas, comercio y ganadería.

La población cuenta con los servicios de transporte, correo, televisión y radio, en el sector del turismo esta tenencia tiene las características idóneas para el desarrollo del turismo rural y de esparcimiento ya que cuenta con áreas naturales como el balneario y presa de Cointzio así como las presas de loma caliente y Umécuaro. Cabe mencionar actualmente se le está dando especial importancia a la creación de infraestructura que fomente el desarrollo turístico, prueba de ello es el proyecto “Centro recreativo eco turístico Umécuaro”, en el cual se construyeron 2 cabañas rústicas, módulo de sanitarios y un área techada para expendio de alimentos y usos múltiples, en la **figura (3.12)** se aprecia la presa de Umécuaro que es el principal atractivo turístico en Umécuaro.



FIG 3. 12 La presa de Umécuaro, atracción turística de la zona.

3.2.2.- Actividades económicas

Los pobladores de la zona se dedican principalmente a la agricultura, como se observa en la **figura (3.13)** el suelo es muy rico en nutrientes favorables para la siembra, el clima es adecuado, se cuenta con suficiente agua para abastecer los requerimientos de las plantas para que los cultivos sean abundantes.



FIG 3. 13 Actividades económicas, agricultura.

3.2.3.- Aspectos demográficos

En Umécuaro hay un total de 78 hogares. De estas 76 viviendas, 45 tienen piso de tierra y unos 3 consisten de una sola habitación.

65 de todas las viviendas tienen instalaciones sanitarias, 63 son conectadas al servicio público, 73 tienen acceso a la luz eléctrica.

La estructura económica permite a 0 viviendas tener una computadora, a 28 tener una lavadora y 63 tienen una televisión.

CAPÍTULO 4. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANITARIO.

4.-Estado actual del sistema de agua potable, alcantarillado y sanitario.

Los datos estadísticos de INEGI hacen referencia al estado actual de los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y sanitario, además de haber hecho un recorrido por la comunidad y entrevistas a locatarios, los sistemas que ofrece el municipio no cubren a toda la comunidad, es por ello, que en base a los datos de INEGI, se puntualiza la cantidad de casas que cuentan con dichos servicios.

4.1.- cobertura de los servicios de agua potable.

De las 76 viviendas aproximadamente 63 casas cuentan con agua entubada de la red pública.

4.2.- cobertura de los servicios de alcantarillado.

En el año 2005 de un aproximado de 70 casas, 35 cuentan con drenaje, para el año 2010 la cifra solo aumentó un poco, de las 76 viviendas aproximadamente 39 casas cuentan con drenaje.

4.3.- cobertura de los servicios de saneamiento.

En la **tabla (4.1)** se muestran los indicadores de rezago social extraído de INEGI

Tabla 4. 1 Indicadores de rezago social.

Indicadores de rezago social			
Umécuaro	2005	2010	
Población total	320	346	
% de población de 15 años o más analfabeta	13.76	11.43	
% de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	4.84	6.15	
% de población de 15 años y más con educación básica incompleta	85.32	78.37	
% de población sin derecho-habienca a servicios de salud	96.25	31.5	
% de viviendas particulares habitadas con piso de tierra	59.21	39.56	
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de excusado o sanitario	14.47	14.29	
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada de la red pública	17.11	3.3	
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	51.32	61.54	
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica	3.95	12.09	
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de lavadora	63.16	54.95	
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador	64.47	43.96	
Índice de rezago social	-0.16636	-0.08581	
Grado de rezago social	3 medio	Medio	
Lugar que ocupa en el contexto nacional	0	0	

Fuente: Estimaciones del CONEVAL, con base en INEGI, II Censo de Población y Vivienda 2005 y la ENIGH 2005.
Estimaciones de CONEVAL con base en el Censo de Población y Vivienda 2010

Fuente: INEGI, 2015

Ninguna casa cuenta con algún sistema de saneamiento de sus aguas residuales, en su mayoría las viviendas cuentan con letrinas comunes, en la **figura (4.1)** se observa el estado actual de las viviendas, en general la mayoría de estas ya tienen su fosa séptica saturada, el drenaje descarga directamente al canal del dren de la cortina de la presa.



FIG 4. 1 Estado actual de excretas y agua residual de las viviendas.

4.3.1.- infraestructura de proyecto.

El proyecto plantea principalmente en satisfacer las necesidades de saneamiento del agua residual de la comunidad así como de las casas aledañas con una propuesta de sistemas de captación y almacenamiento con el fin de hacer un uso adecuado de las tecnologías que ofrece la CONAGUA, especificando cuales son las tecnologías que mejor se adaptan a las condiciones del lugar en donde se requiere construirla, el proyecto comprenderá el tiempo de vida útil, lapso mediante el cual se pretende satisfacer todas las necesidades de saneamiento que requiera la localidad para una población futuro de proyecto.

Los beneficios:

- Reduce las probabilidades de infecciones en la biodiversidad del entorno (seres humanos, animales, fauna).
- Mejora el ambiente de la zona.
- Elimina malos olores debido a putrefacción de contaminantes.
- Mejora la calidad de vida de las especies ya que reduce contaminantes.

- No requiere mantenimientos tan frecuentes ni altos costos de operación.
- Genera lodos para mejoramiento de suelos de uso agrícola.
- Reduce contaminantes que se pueden infiltrar en los suelos.
- El costo de inversión para su construcción no es tan elevado comparado con los daños ecológicos y la mitigación para rescatar las zonas dañadas.

La ejecución del proyecto comprenderá las estepas desde: estudios preliminares, elaboración de proyecto, trabajos de campo, construcción, arranque de la planta, operación y mantenimiento de la misma. Para fines del presente trabajo, solamente se abordará estudios preliminares, para obtener a nivel de anteproyecto e ingeniería básica la mejor decisión para el saneamiento de las descargas de agua residual de la población de Umécuaro, Municipio de Morelia, Michoacán.

CAPÍTULO 5.

ESTUDIOS PRELIMINARES

5. Estudios preliminares

Los estudios preliminares que se deben realizar para una correcta ejecución del proyecto comprende, principalmente: la ubicación del sitio de la planta; esto con el fin de encontrar la zona adecuada de ubicación, misma que deberá ser: accesible, amplia, con una topografía adecuada, y cercana al drenaje de la localidad, con el fin que sea lo más económico por cercanía y sin tener que incluir costos por mejoramiento de suelo y nivelación de terreno. Otro de los trabajos necesarios es la caracterización de la descarga de agua residual, para saber la composición de las aguas residuales que la comunidad produce y de esta manera conocer las cantidades de constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes en las mismas.

También se consideran los constituyente de las aguas residuales y de los lodos en las fosas sépticas, que para el estudio de esta tesis es considerado, ya que se proponen los paquetes tecnológicos mencionados en los manuales de saneamiento, se mencionan los métodos de muestreo con el fin de dar una breve descripción de los métodos comunes, con el fin de ser un medio fácil para que sean realizados para tener estudios más precisos del agua residual, se menciona el método de aforo, y se menciona los cuerpos receptores a los que se va a entregar el agua ya tratada, para conocer también el aprovechamiento que se le da al agua actualmente y el que se le dará con el agua tratada.

Se realizará un estudio del área disponible para la ubicación de la planta, tomando en cuenta los aspectos de régimen de tenencia de la tierra para realizar la documentación adecuada y saber a quién acudir para que el proyecto sea ejecutado, haciendo las mediciones pertinentes para conocer el área disponible, tipo de suelo; se deberá realizar un diagnóstico de condiciones actuales, que para el estudio de esta tesis no son costeados, pero que se indican en su capítulo.

Se menciona las necesidades de tratamiento para dejar claramente los aspectos importantes que son considerados para tratar el agua residual, mencionar sus usos y especificar los límites permisibles que mencionan las normativas correspondientes.

5.1.- Ubicación del sitio de la planta

La selección del lugar de posicionamiento de la planta de saneamiento para la localidad de Umécuaro es muy importante, debido a que la zona en la que se encuentra dicha localidad es una zona con una orografía muy irregular, la zona cuenta con poco espacio de posicionamiento debido a que el cauce de entrada a la planta corre en una zona estrecha y muy accidentada el área a seleccionar se encuentra ubicada frente a la cortina de la presa de Umécuaro, aproximadamente a 200 metros de la misma en la zona mostrada en la siguiente **figura (5.1)**



FIG.5.1 Ubicación propuesta de la planta de tratamiento.

5.2.- Caracterización de la descarga de agua residual.

La composición de las aguas residuales se refiere a las cantidades de constituyentes físicos y químicos biológicos presentes en las aguas residuales. También se consideran los constituyente de las aguas residuales y de los fangos en las fosas sépticas.

En función de las concentraciones de estos constituyentes se puede clasificar el agua residual como concentrada, media o débil. Tanto los constituyentes como sus concentraciones presentan variaciones en función de la hora, del día, el día de la semana, el mes del año y otras condiciones locales. Por ello, los datos de la tabla pretenden solamente servir de guía, y no como de proyecto.

El líquido séptico es el fango producido en los sistemas de evacuación de aguas residuales individuales, principalmente fosas sépticas y pozos negros. Las cantidades y constituyentes de fango séptico varían ampliamente. Las mayores variaciones se producen en comunidades en las que no existe un control adecuado sobre la recogida y evacuación de los residuos. (METCALF & EDDY, 1996)

Microorganismos en las aguas residuales:

En la **tabla (5.1)** se facilitan los datos acerca del tipo y número de microorganismos cuya presencia es habitual en las aguas residuales. La amplia variación en los intervalos de valores propuestos es característica de los ensayos con aguas residuales, se estima que cerca de un 3 o un 4 por 100 del total de los coliformes E. coli patógenos.

Tabla.5. 1 Tipos y números de microorganismos típicamente presentes en las aguas residuales.

TIPOS Y NÚMERO DE MICROORGANISMOS TÍPICAMENTE PRESENTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS BRUTAS	
Organismo	Concentración, número /ml
Coliformes totales	10^5 - 10^6
Coliformes fecales	10^4 - 10^5
Estreptococos fecales	10^3 - 10^4
Enterococos	10^2 - 10^3
Shigella	Presentes ^b
Salmonella	10^0 - 10^2
Pseudomonas aeruginosa	10^1 - 10^2
Clostridium perfringens	10^1 - 10^3
Mycobacterium tuberculosis	Presentes ^b
Cistos de protozoos	10^1 - 10^3
Cistos de giarda	10^{-1} - 10^2
Cistos de Cryptosporidium	10^{-1} - 10^1
Huevos de helmintos	10^{-2} - 10^1
Virus entéricos	10^1 - 10^2
^b Los resultados de estos ensayos se suelen clasificar como positivos o negativos en lugar de ser ensayos cuantitativos	

Fuente: Metcalf & Eddy, 1996

Casi nunca se determina la presencia de ciertos organismos, como los cistos de protozoos o los huevos de helminto. En la **tabla (5.2)** se muestran las características típicas del líquido en las fosas sépticas.

Tabla.5.2 Características típicas del líquido en las fosas sépticas.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DEL LÍQUIDO EN LAS FOSAS SÉPTICAS		
Constituyente	Concentración, mg/l	
	Intervalo	Valor típico
Sólidos totales (ST)	5.000-100.000	40.000
Sólidos en suspensión (SS)	4.000-100.000	15.000
Sólidos en suspensión volátiles(SSV)	1.200-14.000	7.000
DBO 5,20°C	2.000-30.000	6.000
Demanda química de oxígeno	5.000-80.000	30.000
Nitrógeno Kjeldhal total (NKT como N)	100-1.600	700
Amoníaco , NH ₃ como N	100-800	250
Fósforo total , como P	50-800	400
Metales pesados	100-1.000	300
*Principalmente Hierro (Fe), cinc(Zn) Y Aluminio (Al)		

Fuente: Metcalf & Eddy, 1996

Los valores de la composición típica del agua residual doméstica bruta, en la que en condiciones normales, son los datos típicos que se pueden encontrar en sus distintas concentraciones, en función de la observación de la comunidad y las actividades que en ella se realizan, para obtener datos con fines de estudio se toman los datos de la concentración media datos que se encuentran en la **tabla (5.3)** de Concentración típica del agua residual doméstica bruta.

Tabla.5. 3 Concentración típica del agua residual doméstica bruta.

COMPOSICIÓN TÍPICA DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA BRUTA				
Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales (ST)	mg/l	350	720	1.200
Disueltos totales(SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentables	ml/l	5	10	20
Demanda bioquímica de oxígeno, mg/l:5 días , 20°C (DBO ₅ ,20°C)	mg/l	110	220	400
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	80	260	290
Demanda química de oxígeno(DQO)	mg/l	250	500	1.000
Nitrógeno(total en forma de N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoniaco libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en forma de P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros	mg/l	30	50	100
Sulfato	mg/l	20	30	50
Alcalalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes totales	n.º/100 ml	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹
Compuestos orgánicos volátiles(COVs)	µg/l	<100	100-400	>400

Fuente: Metcalf & Eddy, 1996

5.2.1.- Métodos de muestreo

Los métodos de muestreo se hacen en base a la normativa de la CONAGUA hechos en base a procedimientos que mantienen las muestras lo menos alteradas posible, y de la manera más acercada a las condiciones actuales en que se tomaron, hacer un muestreo en el sitio y aplicar los estudios correspondientes al mismo contempla gastos que para el estudio de esta tesis no son costeables, aquí se muestran los procedimientos que se deben tomar en el sitio para obtener las muestras y llevar a los estudios en laboratorio, en la **figura (5.2)** muestra una fotografía del interior del canal de desfogue de la presa.



FIG.5. 2 Fotografía al interior del canal de desfogue de la presa de Umécuaro.

Muestra compuesta

La que resulta de mezclar el número de muestras simples, según lo indicado en la **Tabla (5.4)**. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

Tabla 5. 4 Frecuencia de muestreo

FRECUENCIA DE MUESTREO			
HORAS POR DIA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NUMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MINIMO	MAXIMO
Menor que 4	Mínimo 2	N.E.	N.E.
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

N.E. No especificado

Fuente: NOM-002-SEMARNAT-1996

Muestra simple

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

$$VMSi = VMC \times (Qi / Qt)$$

Dónde: **VMSi** = volumen de cada una de las muestras simples “i”, litros.

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

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

$Q_t = \sum Q_i$ hasta Q_n , litros por segundo.

El método para cubrir de manera eficaz para él la elaboración de los estudios que se deben realizar en laboratorio, es el muestreo compuesto, debido a que en el procedimiento se toman varias muestras, en las que se obtienen datos más confiables y acercados a las condiciones reales.

5.2.2.- Aforo.

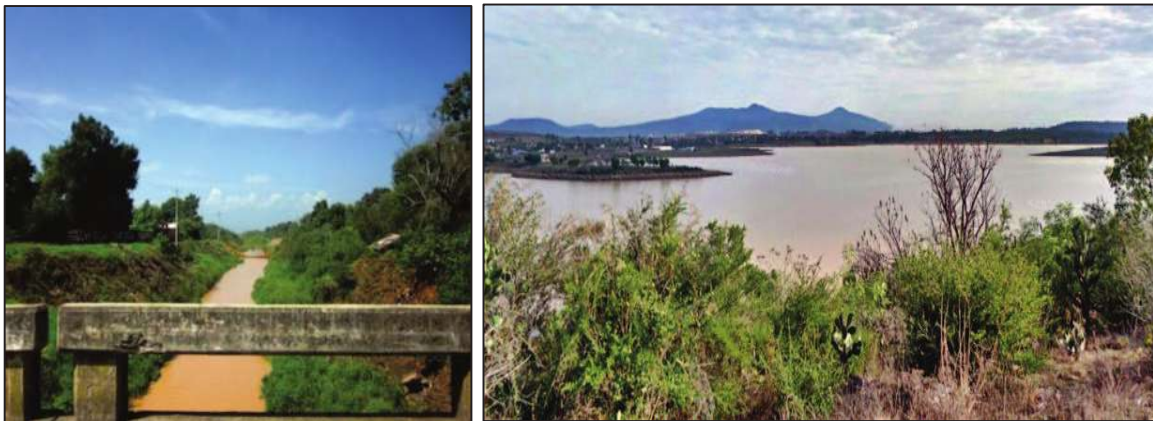
El aforo es necesario para realizar las operaciones necesarias para determinar el gasto, para este caso no es posible hacer una medición real, debido a que el gasto que entra al drenaje está en función a las aportaciones, y en todo el proceso es entubado, por lo que se toman los datos de diseño, así como las velocidades mínimas para el tipo de tubería utilizada.

El aforo que comúnmente se utiliza en plantas de tratamiento es mediante vertedores, que miden el gasto que luye a través de los canales, estos pueden ser vertederos rectangulares, medidor tipo Venturi, vertedor triangular, tipo sutro, etc. Mismos que para el estudio no son viables por las condiciones de diseño, en el que los gastos son tan pequeños que no hacen viable el diseño de canales, tanto por costo, como eficiencia.

5.3.- Cuerpos receptores

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

El cuerpo receptor que recibe el agua residual de la comunidad de Umécuaro se encuentra ubicado aguas abajo, es el río Grande cuya desembocadura es la presa de Cointzio, para continuar con su recorrido como río Grande; agua cuyo uso es destinado para el riego agrícola.



Fuente: (Google maps, presa Cointzio, Municipio de Morelia, 2015)

FIG. 5. 3 Cuerpos receptores del canal de desfogue de la presa de Umécuaro.

5.4.- Aprovechamiento del agua residual.

Como es mencionado anteriormente el cuerpo receptor es la presa de Cointzio y esta cubre el distrito de riego 020 Morelia – Queréndaro; el agua es destinada para el riego agrícola de la zona, como se muestra en la **figura (5.4)** en la cual se cultivan el maíz, avena, trigo, fríjol, calabaza, garbanzo, chícharo y forraje ya mencionado anteriormente en el capítulo 3.



FIG.5. 4 Siembra de trigo y maíz, al fondo se observan viveros.

5.5.- Área de estudio

Para encontrar la ubicación adecuada del sitio de la planta se debe tomar en consideración principal un área de tamaño considerable en el cual se puedan poner cada fase del tratamiento, esto incluye además que dicha área cuente con una topografía lo más regular posible para evitar costos por movimiento de tierra por nivelación, y que el proyecto sea factible económicamente hablando.

5.5.1.- Régimen de tenencia de la tierra

El régimen de tenencia de la tierra en la localidad de Umécuaro se encuentra bajo el régimen ejidal, en comunidad rural con un propietario ejidal , para el cual se deben hacer las peticiones correspondientes, así como reunir a la comunidad, elaborar y acreditar la documentación pertinente, en la comunidad de Umécuaro se cuenta con dos encargados del orden, y es necesario formalizar los acuerdos debidos es para que el área de estudio sea utilizada para el bien común, la persona asentada en el área deberá estar de acuerdo con las peticiones y debe ser reubicado para que este no sea afectado.

5.5.2.- Topografía

El área de propuesta para la planta de tratamiento cuenta con una topografía adecuada para su construcción, debido a que es la zona más favorable ya que a sus alrededores la zona es muy accidentada con pendientes no adecuadas para su viabilidad, además de contar con un trazo favorable para que el caudal del canal sea conectado eficientemente al influente de la planta, así como la pendiente es favorable para que el caudal pase por todo el proceso de tratamiento y salga por el efluente por el efecto natural de gravedad, en la **figura(5.5)** se muestra las curvas de nivel en la zona propuesta para ubicar la planta.

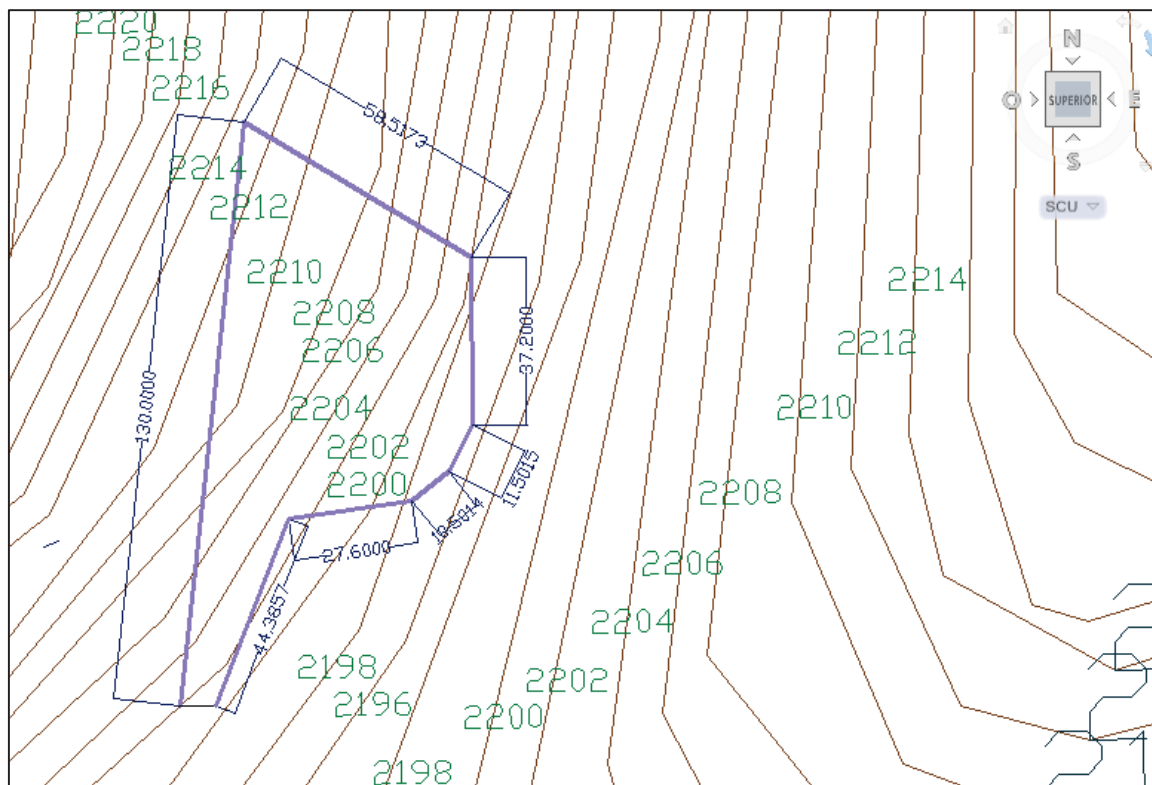


FIG.5. 5 Topografía del terreno.

5.5.3.- Área disponible

El área de la zona propuesta para la construcción de la planta cuenta con un área disponible de $\text{área} = 4\,4477.34 \text{ m}^2$ y cuenta con un perímetro de $=327.65$ metros en la cual la planta se puede ubicar con todos sus elementos necesarios para su funcionamiento, esta zona es la que más espacio eficiente ofrece ya que por la zona no se cuentan con áreas similares para su ubicación, en la **figura (5.6)** se muestra el área disponible medida en AutoCAD, con curvas generadas en GLOBALMAPPER, hacer una medición en el lugar implica ir al terreno disponible y hablar con el propietario asentado en la zona, para fines de estudio de esta tesis no se hizo la medición en el sitio por no ser un proyecto que se ejecutara a corto plazo y solo podría causar confusiones.

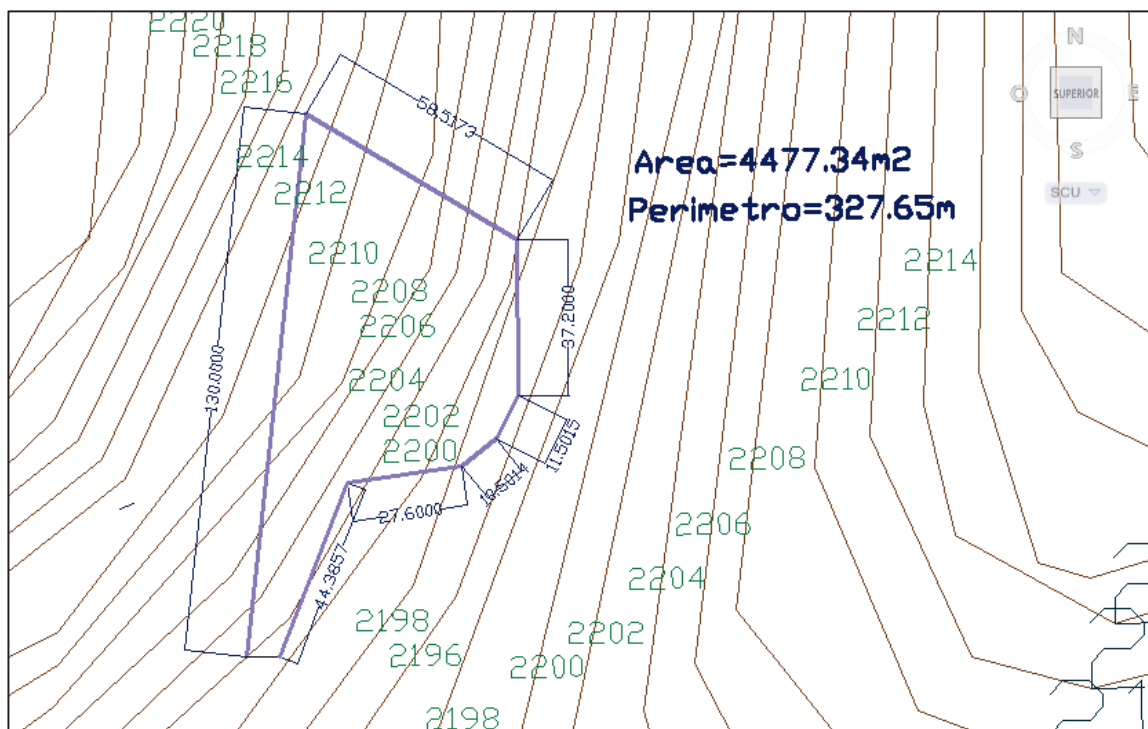


FIG. 5. 6 Área disponible.

5.5.4.- Tipo de suelo

Como ya fue mencionado en el capítulo (3.1.5 y 3.1.6) La localidad de Umécuaro está construida sobre Roca Ígnea extrusiva, sobre dos grupos de suelo, el Luvisol y el Umbrisol, que pertenecen a un grupo de suelos que se encuentran en superficies erosionadas o reposicionadas en áreas de pie de monte.

5.6.- Diagnóstico de las condiciones actuales

Para hacer un diagnóstico de las condiciones actuales en las que se encuentran las aguas residuales de la localidad es necesario hacer los métodos de muestreo y aforo anteriormente mencionados y llevar a un laboratorio para su examinación, con el fin de encontrar todos los parámetros necesarios, debido al costo de estas pruebas para el estudio de esta tesis no se harán los métodos, sino se tomarán los datos de las aguas comunes domesticas residuales para proponer un diseño lo más cercano a la realidad.

5.6.1.- Necesidades de tratamiento.

Es indispensable que la localidad cuente con una planta de tratamiento con el fin de regresar los recursos tomados de la tierra, en este caso el agua que utilizamos para uso común a la biodiversidad presente en toda el área que se abastece y alimenta de esta agua, sean los cultivos, vida acuática, o especies que se hidratan de esos cauces, además de entregar el recurso sin contaminantes que pongan en riesgo la salud con el fin de evitar enfermedades debido a los contaminantes patógenos que las aguas residuales contienen.

5.6.2.- Usos del agua residual.

El uso del agua residual de la comunidad de Umécuaro está destinado para uso en riego agrícola, el alcantarillado presente se encuentra conectado directamente al canal de desfogue de la presa de Umécuaro, es necesario tomar las mitigaciones correspondientes a tiempo para evitar daños perpetuos a las especies que viven de esta agua, además de evitar la contaminación por infiltración en el suelo.

5.6.3.- Límites máximos permisibles conforme a la normatividad vigente.

Para el diseño de un sistema de tratamiento, es necesario definir algunos parámetros los cuales ya se encuentran establecidos en las normas correspondientes, mismas que a continuación se detallan.

Una planta de tratamiento deberá cubrir dos aspectos fundamentales, que son el agua tratada y los lodos producto del tratamiento. En cada caso se tiene una norma específica que deberá considerarse para fines de diseño.

5.6.3.1.- NOM-001-SEMARNAT-1996.

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

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

Las especificaciones que marca la norma son:

La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades. La contaminación por patógenos es las bacterias coliformes fecales. El límite máximo permisible es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.

Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego restringido, y de cinco huevos por litro para riego no restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta Norma.

En la **tabla (5.5)** siguiente se muestran los límites permisibles para contaminantes básicos.

Tabla.5. 5 límites permisibles para contaminantes básicos.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																				
PARÁMETROS	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO			
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Uso en riego agrícola (A)		Uso Público Urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (B)		Uso en riego agrícola (A)		Humedales naturales (B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

P.D.= Promedio Diario; P.M.= Promedio Mensual; N.A.= No es aplicable (A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

Fuente: NOM-001-SEMARNAT-1996

En la **tabla (5.6)** siguiente se muestran los límites permisibles para metales pesados y cianuros.

5. 6Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS																				
PARÁMETROS (*)	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO			
(miligramos por litro)	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)		HUMEDALES NATURALES (B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.05	0.1	0.1	0.2
Cianuro	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4.0	6.0
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.005	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	5	10	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

(*) Medidos de manera total.
P.D.= Promedio Diario, P.M.= Promedio Mensual; N.A.= No es aplicable
(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

Fuente: NOM-001-SEMARNAT-1996

5.6.3.2.- NOM-004-SEMARNAT-2002.

Lodos y biosólidos.-especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

Es de gran importancia establecer el aprovechamiento de los lodos residuales generados en la planta potabilizadora, mismos lodos que están cargados con nutrientes básicos para la preservación de la vida en el ecosistema natural, en la siguiente descripción la norma establece los límites permisibles de contaminantes, en el caso de estudio de la localidad de estudio y tomando en cuenta las necesidades en el sector económico como lo es la agricultura, los lodos serán aprovechados para mejoramiento de suelo. Se generaran biosólidos que son lodos que han sido sometidos a procesos de estabilización y que por su contenido de materia orgánica, nutrientes y características adquiridas después de su estabilización, puedan ser susceptibles de aprovechamiento.

Es de gran importancia mencionar que los lodos generados contienen obviamente por su procedencia Coliformes fecales que son bacterias patógenas presentes en el intestino de animales de sangre caliente y humanos. Bacilos cortos Gram negativos no esporulados, también conocidos como Coliformes termo tolerantes. Pueden identificarse por su tolerancia a temperaturas de 44°C-45°C. Tienen la capacidad de fermentar la lactosa a temperatura de 44.5°C. Incluyen al género *Escherichia* y algunas especies de *Klebsiella*.

Los lodos que serán generados en la planta serán estabilizados por medio de procesos de tratamiento a los que se someten los lodos, en este caso se usará la estabilización alcalina, que es el método más común, y más sencillo, para acondicionarlos para su aprovechamiento, o disposición final, para evitar así reducir sus efectos contaminantes al medio ambiente.

La estabilización alcalina es el proceso mediante el cual se añade suficiente cal viva (óxido de calcio CaO) o cal hidratada (hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$) o equivalentes, a la masa de lodos y biosólidos para elevar el pH.

Los lodos para mejoramiento de suelos refieren a que estos son aplicados en terrenos para mejorar sus características físicas, químicas o microbiológicas. En la **tabla (5.7)** de los límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos

Tabla.5. 7 límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos.

CONTAMINANTE(determinados en forma total)	EXCELENTES mg/kg en base seca	BUENOS mg/kg en base seca
Arsenico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1200	3000
Cobre	1500	4300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Niquel	420	420
Zinc	2800	7500

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002

En la **Tabla (5.8)** se muestran los límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos

Tabla.5. 8 límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos.

CLASE	INDICADOR BACTERIOLOGICO DE CONTAMINACIÓN	PATOGENOS	PARASITOS
	Coliformes fecales NMP/g en base seca	Salmonella spp. NMP/g en base seca	Huevos de helmintos/g en base seca
A	Menor de 1000	Menor de 3	Menor de 1(a)
B	Menor de 1000	Menor de 3	Menor de 10
C	Menor de 2000 000	Menor de 300	Menor de 35

(a) Huevos de helmintos viables
NMP número más probable

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002

Aprovechamiento de los biosólidos

El aprovechamiento de los biosólidos, se establece en función del tipo y clase, como se especifica en la **tabla (5.9)** y su contenido de humedad hasta el 85%.

Tabla.5. 9 Aprovechamiento de lodos según su clase.

TIPO	CLASE	APROVECHAMIENTO
EXCELENTE	A	Usos urbanos con contacto publico directo durante su aplicación , los establecidos para clace B y C
EXCELENTE O BUENO	B	Usos urbanos sin contacto publico directo durante su aplicación, los establecidos para clace C
EXCELENTE O BUENO	C	Usos forestales Mejoramientos de suelos Usos agricolas

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002

5.6.4.- Análisis de la composición de las aguas residuales.

El análisis de la composición de las aguas residuales deberá realizarse con las especificaciones de la normativa correspondiente, las que sean necesarias para la obtención de los datos de manera detallada, con el fin que si el proyecto sea realizado, sean datos confiables basados en la obtención de las muestras reales, en el estudio de esta tesis no han sido realizadas las obtenciones de estos datos, por razón del costo de estas mediciones, para fines didácticos y de guía, esta tesis solo toma en cuenta los datos típicos, que son los que comúnmente se encuentran en aguas residuales de localidades con características similares, para comunidades con actividades distintas como industrias, manufactura de productos, etc. Que requieran agua para sus actividades de fabricación, se toman en cuenta los valores reales, de estos valores depende el diseño del tren de tratamiento de una planta así como de todos sus componentes.

CAPÍTULO. 6 DISEÑO DE INGENIERÍA BÁSICA DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO

6. Diseño de ingeniería básica de las unidades de tratamiento.

Para el diseño de la ingeniería básica de las unidades de tratamiento se hace uso de los manuales de la CONAGUA sobre saneamiento de agua residual, además de los "APUNTES DE LA MATERIA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS" del M. en C., Ing. Ricardo Ruiz Chávez que contiene fórmulas de diseño de una planta de tratamiento de agua residual, buscando así, dimensionar de una manera clara y eficaz las fases de tratamiento, mismas que garantizan tratar el agua de la manera más eficiente posible, se describe además las razones de cada unidad de tratamiento a aplicar.

6.1 Paquetes tecnológicos para el tratamiento del agua

Para el estudio del proceso de tratamiento propuesto para Umécuaro, se toman en cuenta las condiciones económicas, y la factibilidad del proyecto para ser construido y puesto en marcha para sanear el agua residual, los paquetes tecnológicos son extraídos del libro 37, "Paquetes Tecnológicos para el tratamiento de excretas y aguas residuales en comunidades rurales" del Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (MAPAS,) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y colaboración del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), además de proponer sistemas de fosas sépticas para las casas que se encuentran retiradas de la mancha urbana que sí cuenta con el servicio de alcantarillado, apoyado en el Manual de Saneamiento agua, vivienda y desechos de la Dirección de Ingeniería Sanitaria, Secretaría de Salubridad y Asistencia.

6.2.- Tren de tratamiento propuesto

Una planta de tratamiento eficiente cuenta con tres fases de tratamiento en las cuales el agua va pasando por cada una de ellas, las fases de la planta de estudio de esta tesis comprende: el pre tratamiento, tratamiento primario y tratamiento de lodos, con el fin de entregar el agua tratada con las especificaciones que marca la normativa correspondiente, y el tratamiento de lodos que también se tratará con las especificaciones de la normativa, mismo lodo que será utilizado para fines específicos.

6.3.- Pre-tratamiento

En la fase del pre tratamiento se pretende separar los contaminantes, entre ellos basura en general, arena, rocas, etc. Elementos de cierto tamaño que puedan interferir con las siguientes fases de tratamiento, garantizando el funcionamiento adecuado de la planta de tratamiento.

6.3.1.- Canal de llegada, caja de excedencias y desvío.

Es necesario hacer una conexión de desvío, debido a que en la localidad de Umécuaro el alcantarillado está conectado directamente al canal de desfogue de la presa, contaminándolo directamente, la tubería de desvío ira paralelamente al canal de desfogue, aprovechando las condiciones del sitio, para que el agua residual sea encausada directamente a la planta de tratamiento, y así , una vez que esta sea tratada, regrese sin contaminantes que pongan en riesgo la salud de la vida que se alimenta de esta agua, inmediatamente después del tanque séptico, se tendrá la caja de excedencias, misma que tendrá una capacidad de retención y excedencias conectado con un bypass con tubería de desvío por si la planta tiene que parar, de ser así, el agua residual podrá seguir su curso sin generar derrames.

6.3.2.- Tamizado

El tamizado evitará que partículas de cierto diámetro entren al proceso de tratamiento debido a que estas pueden causar taponamiento en las tuberías dentro del proceso, es por ello que este capítulo tendrá más adelante, una sección en la cual se detalla el diseño de las rejillas que serán utilizadas para el paso de dichas partículas.

6.3.3.- Canal Desarenador

Para el diseño de esta planta en específico, y debido a los pequeños gastos de diseño, no es viable construir un canal desarenador, debido a que no se cumplen con los tirantes mínimos de diseño, para este fin el desarenado ocurrirá dentro del tanque séptico, y las arenas serán extraídas junto con los lodos generados en el mismo, en el tiempo recomendado de extracción.

6.3.4.- Medidor de flujo

No se contará con un medidor de flujo para el diseño de esta planta en específico, debido a que no es viable el diseño a causa de los pequeños gastos que entran al tren de tratamiento, sin embargo, aunque son indispensables para saber cuándo caudal entra al tren de tratamiento, con el fin de regular el agua residual que entra al mismo, para el caso, se diseña una caja de excedencias y desvío para solo tratar el gasto para el que tiene capacidad la planta.

6.4.- Análisis de propuestas para el tratamiento de agua residual en fase primaria.

Haciendo uso del manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, en el libro 37 de "Paquetes tecnológicos para el tratamiento de excretas y aguas residuales en comunidades rurales", de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y colaboración del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), se hace una selección del paquete tecnológico más adecuado para las necesidades de saneamiento de la comunidad de Umécuaro, la problemática común en las comunidades rurales principalmente, se debe a la ausencia de economía de escala y bajos ingresos per cápita, siendo esta la más común por estar alejadas de un mercado diverso y de presencia, además que la población cuenta con bajo nivel de instrucción sobre los sistemas de saneamiento, del porqué, y como se debe tratar los contaminantes presentes en las aguas residuales, además de tener bajo nivel técnico del personal que opera los sistemas, es limitado el acceso a tecnologías avanzadas existentes, por el hecho de ser comunidades alejadas de los medios de información sobre métodos eficaces de tecnologías disponibles.

Las comunidades en general no cuentan con acceso a la ingeniería especializada, que pueda ofrecerles tecnologías sustentables, con planes de acción para mitigar el daño ecológico que generan los contaminantes de los desechos, es por ello, que con el estudio de esta tesis se pretende cubrir las necesidades de la comunidad con el fin de hacer llegar los conocimientos, tanto de tecnologías disponibles como los planes de acción que cumplan con las normatividades en materia de salud y medio ambiente existentes, de manera práctica y eficaz, buscando también que los planes sean los más económicos debido a la poca asistencia en la economía, con el fin que los pobladores, puedan cubrir los costos de operación y mantenimiento de los servicios proporcionados, también se pretende incluir soluciones a las viviendas que rodean la comunidad y que

no se encuentran conectadas a los sistemas de alcantarillado, proponiendo los sistemas que se incluyen en el "manual de saneamiento, agua, vivienda y desechos" de la dirección de ingeniería sanitaria, secretaria de salubridad y asistencia, se incluyen diagramas y descripción de los métodos, se realizaron visitas a las viviendas de varios habitantes en la comunidad, pidiéndoles mostraran las instalaciones de sus baños, en los que se encontró que los habitantes no cuentan con ningún sistema de tratamiento, incluso algunas de las casas que cuentan con letrinas, o fosas, ya se encuentran llenas, algunas ya se están derramando, es momento oportuno para proponer sistemas más especializados, los que se encuentran ya están obsoletos, mal contruidos y son ineficientes, como se menciona en el manual de paquetes tecnológicos , se considera el tratamiento de excretas y aguas residuales muestran la necesidad de considerar los desechos como un recurso valioso de donde se pueden obtener energía, fertilizantes y agua tanto para riego de cultivos y jardines como para sistemas de acuacultura, el reusó de la orina y la excreta composteados constituyen un fertilizante orgánico valioso para las prácticas agrícolas de traspatio en las comunidades rurales.

El reúso de las aguas residuales tratadas en la agricultura y la acuacultura permite el intercambio con aguas por su calidad pueden ser destinado para consumo humano, disminuyendo con ello la presión que existe para este sí y aumentando su disponibilidad, se debe hacer llegar a la comunidad la información necesaria sobre el buen uso del agua, como la reutilización del agua ,para generar la concientización, que a su vez forma parte de hacer prácticas del uso eficiente de agua a través de dispositivos ahorradores de agua, combinadas con reciclamiento de aguas grises para aquellos usos no potables como llenado de las tazas de inodoros de descarga y riego de jardines tiene un impacto sobre el consumo de agua per cápita, con el fin de generar esta cultura que al mismo tiempo permite el uso de instalaciones de tratamiento más pequeñas y menos costosas, con el buen uso de la evaluación cuidadosa de las necesidades reales de la comunidad y los recursos disponibles, estas alternativas pueden resultar en una selección final y puesta en marcha de sistemas de tratamiento que responden a las necesidades de cada comunidad proveyendo un balance entre la distribución de los costos y las responsabilidades operacionales.

6.4.1. Selección de la tecnología

En el manual se especifican los aspectos más importantes a tomar cuando se planifica un proyecto de saneamiento para la selección de la tecnología a utilizar, con el fin de no elegir un sistema inapropiado que pueda llevar a un desperdicio de recursos, y como aspecto más importante es poner en riesgo la salud y la higiene de la comunidad que pueda empeorar la situación a causa del fracaso de un programa de saneamiento.

En el manual se menciona los criterios básicos para la selección de la tecnología de saneamiento las cuales son:

- Que sean de bajo costo de inversión, operación, mantenimiento y que requieren un mínimo de personal calificado para operarlos.
- Que sean accesibles al nivel sociocultural de la población y efectivo para mejorar las condiciones ambientales de la localidad.
- Aplicable a pequeños rangos de población.
- Flexibilidad para funcionar como sistemas de tratamiento en el sitio, o incluso para comunidades que cuenten o puedan costear con una red de conexión comunitaria.
- Consumo de energía.

Y una vez hechos los estudios adecuados para seleccionar la tecnología de saneamiento más adecuada para la disposición de excretas y aguas residuales, se debe investigar y comprender las condiciones existentes en la comunidad, las cuales son, suelo, aguas subterráneas, clima, familia, ingresos, creencias y actitudes, salud, vivienda, tamaño de lotes, instalaciones sanitarias y drenaje existente, saneamiento de las zonas aledañas, abastecimiento de agua, marco institucional, organizaciones locales y otros factores, de los cuales la mayoría han sido cubiertos para el estudio de esta tesis.

El arreglo propuesto de acuerdo a la calidad esperada y en base al uso que se le dará al agua tratada y los lodos será el número 4 del manual que es: Tanque séptico + lecho de hidrófitas (TS+LH).

Debido a que se presentan las distintas alternativas de tratamiento según el rango de población, como se muestra en la **tabla (6.1)**.

Tabla 6. 1 Alternativas de tratamiento según el rango de población.

RANGO DE POBLACIÓN	LVDC	LM	1.1.1.S+PA	TS+LH	TS+FIA	TS+LF	TS+LF+FIA	LA+LF+LM	LA+LF	LA+LF+LM
1 a 5		XX	XX	1.1.1.1.X	XX					
6 a 10	XX	XX	XX	XX	1.1.1.1.2					
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 80				XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
81 a 100				XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX

Fuente: Paquetes tecnológicos, 2007

Como se puede observar en los arreglos del libro de paquetes tecnológicos, para población mayor a 100 habitantes es necesario sobre dimensionar para el rango de población que se pretende abastecer, y el sobredimensionamiento deberá ser viable para ser introducido en el área disponible, con el fin que el sistema trabaje sin problemas, sin embargo, el manual no limita el uso de proponer un tren de tratamiento que cumple un arreglo doble, de tratamiento. El arreglo escogido, depende también de la eficiencia de remoción de contaminantes y otros parámetros, y a su vez también, de la disposición que se le dará al agua tratada, como se muestra en la **tabla (6.2)**.

Tabla 6. 2 Eficiencia de remoción de los distintos arreglos funcionales y su disposición.

Tren de tratamiento	Eficiencia de remoción (%)			Disposición
	DBO	SS	CF	
TS-PA	30	60	-	Infiltración en el terreno
TS-LF	80	-	99.2705	Descarga a cuerpos receptores
TS-LF-LM	92	-	99.9900	Agricultura
TS-LF-FIA	99.8	-	99.9862	Agricultura y acuacultura
TS-LH	95.6	62	96.4000	Descarga a cuerpos receptores
LA-LF-LM	92.8	-	99.9900	Agricultura y acuacultura
TS-FIA	99.1	90	99.1000	Agricultura o descarga
LA-LF	81.4	-	99.2665	Agricultura

Fuente: Paquetes tecnológicos, 2007

6.5.- Desinfección.

El agua residual será tratada por medio de tanque séptico y lecho de hidrófitas, por lo cual no requerirá desinfección química evitando así la formación de Trihalometanos, el lecho de hidrófitas elimina los huevos de helmintos, evitando también infecciones por este tipo de contaminantes.

6.6.- Cálculo de población proyecto

Los datos obtenidos en los únicos dos censos poblacionales que se han hecho en la localidad de Umécuaro, indican bajo crecimiento poblacional debido a que los pobladores que trabajan y radican en la zona mandan a sus hijos a estudiar la preparatoria y la universidad a la ciudad de Morelia, la zona no cuenta con preparatoria, y mucho menos universidad, por lo tanto muchos tienden a migrar a la ciudad, los métodos de cálculo poblacional serán variarán debido a esta razón. La **tabla (6.3)** muestra los datos obtenidos de INEGI, sobre los censos realizados en 2005 y 2010

Tabla 6. 3 Datos de censos 2005 y 2010

Información de localidad		Datos actuales					
Clave INEGI		160530166					
Clave de la entidad		16					
Nombre de la Entidad		Michoacán de Ocampo					
Clave del municipio		053					
Nombre del Municipio		Morelia					
Grado de marginación municipal 2010		Muy bajo					
Clave de la localidad		0166					
Nombre de la localidad		Umécuaro					
Estatus al mes de Agosto 2015		Activa					
Año		2005			2010		
Datos demográficos		Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Total de población en la localidad		168	152	320	182	164	346
Viviendas particulares habitadas			76			91	
Grado de marginación de la localidad (Ver indicadores)			Alto			Alto	
Grado de rezago social localidad (Ver indicadores)			3 medio			Medio	
Indicadores de carencia en vivienda (Ver indicadores)							

Fuente: INEGI, 2015

Sin embargo, estos datos refieren a los censos realizados en la comunidad, que para fines de diseño de la planta de tratamiento serán distintos, debido a que como se menciona en el capítulo 4.2, de las 76 viviendas aproximadamente 39 casas cuentan con drenaje, esto se debe a que la población de Umécuaro se encuentra distribuida intermitentemente a los alrededores de la presa, en algunos sitios, las casas están alejadas de la mancha urbana que se encuentra más cercana a la cortina de la presa, siendo ahí donde las viviendas cuentan con servicio de drenaje, además, para algunas casas no es costeable llevar a cabo las labores de

construcción para alcantarillado, es por ello que a esas viviendas se les propondrá un sistema de saneamiento por medio de fosas sépticas con las especificaciones de los manuales correspondientes, por tanto, si de la población total, solo cierto número de casas se encuentra conectada a un sistema de alcantarillado, la población proyecto se verá en la necesidad de hacer un cálculo en función a este número de casas, y tomando en cuenta que por casa hay un promedio entre 3 y 5 habitantes entonces, obteniendo los datos de INEGI del mapa "espacio y datos " se tiene que en 2005, 35 casas cuentan con servicio de drenaje, por tanto, 35casas x 4 habitantes = 140 habitantes con servicio de drenaje para ese año, para el año 2010, 39 casas fueron registradas con servicio de drenaje x 4 habitantes = 156 habitantes para dicho año, entonces, para fines de diseño, y haciendo uso del cálculo de población futuro con porcentaje de tasa de crecimiento se tiene que para el año 2025 se tendrá un número de habitantes con el servicio de alcantarillado de: 216 personas con el servicio de drenaje, el cálculo de población por medio de la tasa de crecimiento se calculó en hojas de Excel, y se desarrolla en las **tablas (6.4),6.5) y (6.6)** respectivamente.

Tabla 6. 4 Cálculo de población por medio de la tasa de crecimiento.

Población	2005	=	140	habitantes
Población	2010	=	156	habitantes
	n	=	5	años
Población	2025	=	215.8	habitantes

La proyección de la población debe de realizarse con un estudio que considere diversos factores, con base en los datos disponibles o factibles de obtener para la localidad en cuestión. 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 ese fin, en diferentes situaciones en cuanto a los datos disponibles. La población que habrá n años después del año i se calcula por la siguiente ecuación:

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

Donde:

Pi = Población conocida al inicio del periodo (año i) (hab)

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

T_c = 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 de crecimiento depende de los datos disponibles, para lo cual en la Norma Técnica NT-011-CNA-2001 se consideran 9 posibles casos. Si se tienen datos históricos del crecimiento de la población, la tasa T_c en porcentaje se determinó de la siguiente ecuación:

$$T_c\% = \left[\left(\frac{P_{i+n}}{P_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] 100 = \left[\left(\frac{140}{156} \right)^{\frac{1}{5}} - 1 \right] \times 100 = 2.19\%$$

Tabla 6. 5 Población futuro con tasa de crecimiento de 2.19%

año	población inicial	población proyecto	tasa de crecimiento
2005	140	140	2.19%
2010		156	2.19%
2015	actual	174	2.19%
2020		194	2.19%
2025		216	2.19%

Tabla 6. 6 Población y porcentaje servicio doméstico.

Servicio Doméstico	Años		
	2015	2020	2025
Población total	174	193	215
Población media 30%	52	58	65
Población popular 70%	122	135	151

6.6.1.- Vida útil y periodo de diseño.

La vida útil del proyecto de saneamiento está basada en el libro 5 “Datos básicos” del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la CONAGUA, en la que se especifican los factores de los que depende la vida útil del proyecto, que son:

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

En la selección de la vida útil, es conveniente considerar que generalmente la obra civil tiene una duración superior a la obra electromecánica y de control. Asimismo, las tuberías tienen una vida útil mayor que los equipos, pero no tienen la flexibilidad de éstos, puesto que se encuentran enterradas. Tampoco hay que olvidar que la operación y mantenimiento es preponderante en la duración de los elementos, por lo que la vida útil dependerá de la adecuada aplicación de los programas preventivos correspondientes.

En la **tabla (6.7)** se indica la vida útil del sistema de planta de tratamiento, considerando una buena operación, mantenimiento, y sobre suelos no agresivos.

Tabla 6. 7 Vida útil de las obras de tratamiento.

ELEMENTO	VIDA ÚTIL (Años)
Planta de tratamiento	
a) Obra civil	40
b) Equipo electromecánico	de 15 a 20

Fuente: MAPAS, 2007

Como la propuesta de saneamiento de la comunidad de Umécuaro contempla paquetes tecnológicos para el tratamiento de excretas y aguas residuales en comunidades rurales, por operación y mantenimiento, el único elemento electromecánico que estará presente, será la bomba para extracción de lodos, entonces, por mantenimiento y operación, se contempla una vida útil de 10 años.

Para el periodo de diseño en base al libro 5 de la CONAGUA, **tabla (6.8)** se determina, por un lado, tomando en cuenta que éste es siempre menor que la vida útil de los elementos del sistema; y por otro, considerando que se tendrá que establecer un plan de mantenimiento o sustitución de algún elemento, antes que pensar en la ampliación, mejoramiento o sustitución de todo el sistema.

Tabla 6. 8 Periodos de diseño para elementos de planta de tratamiento

ELEMENTO	PERIODO DE DISEÑO (años)
Planta de tratamiento	de 5 a 10

Fuente: MAPAS, 2007

Se contemplan la etapa de construcción en la planta de tratamiento, debido al bajo crecimiento poblacional, se requiere que el sistema propuesto sea eficiente y abastezca las necesidades de la población, es por ello, que para fines de eficacia, contempla el diseño de un tanque séptico del tamaño necesario para una demanda de población para 200 personas, mismo que funcionará como tanque anaerobio, por las condiciones en las que estará operando, manteniendo el agua residual con un tiempo de mayor de retención, lo que permitirá que además de funcionar como tanque anaerobio, sedimentar mayor cantidad de arenas y lodos, el arreglo contempla la conexión de este tanque a un arreglo de dos lechos de hidrófitas, mismo que fueron seleccionados del libro de paquetes tecnológicos con el fin de abastecer la demanda de 200 personas.

La conexión del tanque séptico a los dos lechos de hidrófitas, tendrá previamente una conexión que repartirá mediante una bifurcación el agua residual, que proviene del tanque séptico y la caja de excedencias respectivamente conectada para cubrir las necesidades de la población.

6.6.2.- Población proyecto

Del cálculo se obtuvo que la población proyecto será para cubrir las necesidades de saneamiento de 216 personas para el año 2025, sin embargo por cuestiones de área y costo, se propone un arreglo funcional que cubra las necesidades de 200 personas

6.6.3.- Gastos de diseño.

Las ecuaciones de gastos de diseño fueron tomadas del libro datos básicos de la CONAGUA, y calculadas en hoja de cálculo de Excel, tal como se muestra en la **tabla (6.9)**

Tabla 6. 9 Dotación y gastos de agua potable

Servicio	Años		
	2015	2020	2025
Población	174	193	215
Dotación (l/hab/d)	161	161	161
Gasto medio diario (l/s)	0.3	0.4	0.4
Gasto máximo diario (l/s) (CVd=1.4)	0.5	0.5	0.6
Gasto máximo horario (l/s) (CVh=1.55)	0.7	0.8	0.9

6.6.3.1.- Dotación.

Al igual que los gastos, las ecuaciones de gastos de diseño fueron tomadas del libro datos básicos de la CONAGUA, y calculadas en hoja de cálculo de Excel **tabla (6.10)**, la dotación para agua potable es:

Tabla 6. 10 Dotación

Servicio	Años		
	2015	2020	2025
Población	174	193	215
Demanda doméstica (m3/día)	28	31	35
Suma de las demandas (m3/día)	28	31	35
Dotación de agua (l/hab/día)	161	161	161

6.6.3.2.- Aportaciones de aguas residuales.

En el libro 5 de datos básicos del MAPAS de la CONAGUA, el valor de la aportación se calcula multiplicando el dato de la dotación (en l/ hab /día), por 0.75, con lo que se obtiene el volumen por habitante por día, que se vierte a la red de alcantarillado, y por ende, a la planta de tratamiento.

Por tanto se tiene que:

$$161(\text{l/ hab /día}) \times 0.75 = 120 (\text{l / hab / día})$$

Es recomendable determinar los volúmenes de aportación con base en un muestreo de campo, seleccionando a grupos de usuarios y realizando mediciones de descarga y consumo, haciendo uso de la metodología desarrollada por el IMTA.

6.6.4. Gastos de diseño.

Los gastos de diseño se calcularon en hoja de Excel, las formulas se presentan más adelante, el gasto con el que se diseñó el tanque séptico es con el gasto medio diario.

6.6.4.1.-Gasto medio diario.

Gasto medio diario

El gasto medio es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio.

El gasto medio diario es:

$$Q_{\text{med}} = (D \times P) / 86,400$$

Dónde:

Q_{med} = Gasto medio diario, en l/s.

D = Dotación, en l/hab/día.

P = Número de habitantes.

86,400 = segundos/día

6.6.4.2.-Gasto máximo diario.

Los gastos máximo diario y máximo horario, son los requeridos para satisfacer las necesidades de la población en un día de máximo consumo, y a la hora de máximo consumo en un año tipo, respectivamente.

Los gastos máximo diario y máximo horario se obtienen a partir del gasto medio con las expresiones:

$$Q_{md} = (CV_d)(Q_{med})$$

Q_{Md} = Gasto máximo diario, en l/s.

CV_d = Coeficiente de variación diaria.

Q_{med} = Gasto medio diario, en l/s.

6.6.4.3.-Gasto máximo horario

$$Q_{mh} = (CV_h)(Q_{md})$$

Q_{Mh} = Gasto máximo horario, en l/s.

CV_h = Coeficiente de variación horaria.

6.6.4.4Gasto máximo instantáneo

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Su valor, es el producto de multiplicar el gasto medio de aguas residuales por un coeficiente M, que en el caso de la zona habitacional es el coeficiente de Harmon.

$$Q_{\text{máx. Inst}} = M \cdot Q_{med}$$

En el caso de zonas habitacionales el coeficiente M está dado por la siguiente fórmula:

$$M = 1 + 14/4 + \sqrt{P}$$

Dónde:

P es la población servida acumulada hasta el punto final (aguas abajo) del tramo de tubería considerada, en miles de habitantes.

En tramos con una población acumulada menor de 1 000 habitantes, el coeficiente M es constante e igual a 3.8. Para una población acumulada mayor que 63,454 habitantes, el coeficiente M se considera constante e igual a 2.17, es decir, se acepta que su valor a partir de ésta cantidad, no sigue la ley de variación establecida por Harmon.

El coeficiente M en zonas industriales, comerciales o públicas presenta otra ley de variación. Siempre que sea posible, debe hacerse un aforo del caudal de agua residual en las tuberías existentes para determinar sus variaciones reales. De no disponer de ésta información, el coeficiente M podrá ser de 1.5 en zonas comerciales e industriales.

6.6.4.5. Gasto máximo extraordinario

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

En función de éste gasto se determina el diámetro adecuado de las tuberías, ya que se tiene un margen de seguridad para prever los caudales adicionales en las aportaciones que pueda recibir la red.

Para el cálculo del gasto máximo extraordinario se tiene:

$$Q_{\text{máx. ext.}} = C_s \cdot Q_{\text{máx. Inst}}$$

Dónde:

C_s es el coeficiente de seguridad adoptado.

$Q_{\text{máx. Inst}}$ es el gasto máximo instantáneo.

En el caso de aportaciones normales el coeficiente C_s será de 1.0; para condiciones diferentes, éste C_s puede definirse mayor a 1 y como máximo 1.5 bajo aprobación de la autoridad local del agua y dependiendo de las condiciones particulares de la localidad.

Por tanto, teniendo los datos de agua se pueden obtener los datos para drenaje, del porcentaje que entra al mismo, entonces se tiene en la **tabla (6.11)** los gastos proyecto para la población:

Tabla 6. 11 Gastos proyecto.

Gastos proyecto	
Qmed ar(l/s)	0.30
Qmin(l/s)	0.150
Qmax inst(l/s)	1.14
Qmax ext(l/s)	1.71

6.7.- Diseño de los elementos que conforman el tren de tratamiento

El diseño será manual, debido a que la propuesta es diseñada para comunidades, en donde incluso tener acceso a fuentes de energía eléctrica puede no ser posible, para el caso de la localidad de Umécuaro, será de esta manera debido a la factibilidad del proyecto de ser manual por su bajo nivel de mantenimiento, además que la tecnología seleccionada no requiere mayores mantenimientos, las pendientes son adecuadas, de ser necesario, se tendrá una bomba para lodos para la extracción de los mismos en el tanque séptico, con el fin de facilitar el vaciado de este, sin tener que hacer que las personas entren en contacto directo con los residuos.

6.7.1.- Pre tratamiento

Para el caso, se debe efectuar la desconexión del drenaje con el canal de desfogue de la presa de Umécuaro, debido a que actualmente se encuentran conectados, se conectará mediante una tubería de 25cm de diámetro, la cual funciona como colector, esta encausará el agua residual a la planta de tratamiento, además se contará como medio filtrante dos registros, en el primero se contará con una rejilla mediana, y en el segundo con una rejilla fina, además se incluye una caja de desvío y excedencias con el fin, de evitar, que en caso de exceder el gasto, o detener la planta por algún mantenimiento, evitar algún derrame dentro de la planta, por lo tanto, se calcula el dimensionamiento de la caja.

$$Q_{med} = \frac{Vol.}{TRH} = \frac{1.14 lps}{1000l} = 0.00114 m^3$$

$$\text{Despejando el volumen: } (Q_{med})(TRH) = (0.00114)(15)(60) = 1.026 m^3$$

Con una profundidad máxima de 0.5m y 0.30m por encima del nivel de excedencias, el área superficial de la caja (A_{sup-c}) será de:

$$A_{sup-c} = \frac{1.026 m^3}{0.5m} = 2.052 m^2$$

Considerando una superficie cuadrada, la longitud de cada lado de la caja (L_c) será:

$$(L_c)^2 = A_{sup-c} = 2.052 m^2$$

Por lo tanto:

$$L_c = \sqrt{2.40} = 1.43 m$$

Se realizaron los planos correspondientes para la caja de excedencias y desvío, tal como se observa en la **figura 6.1**.

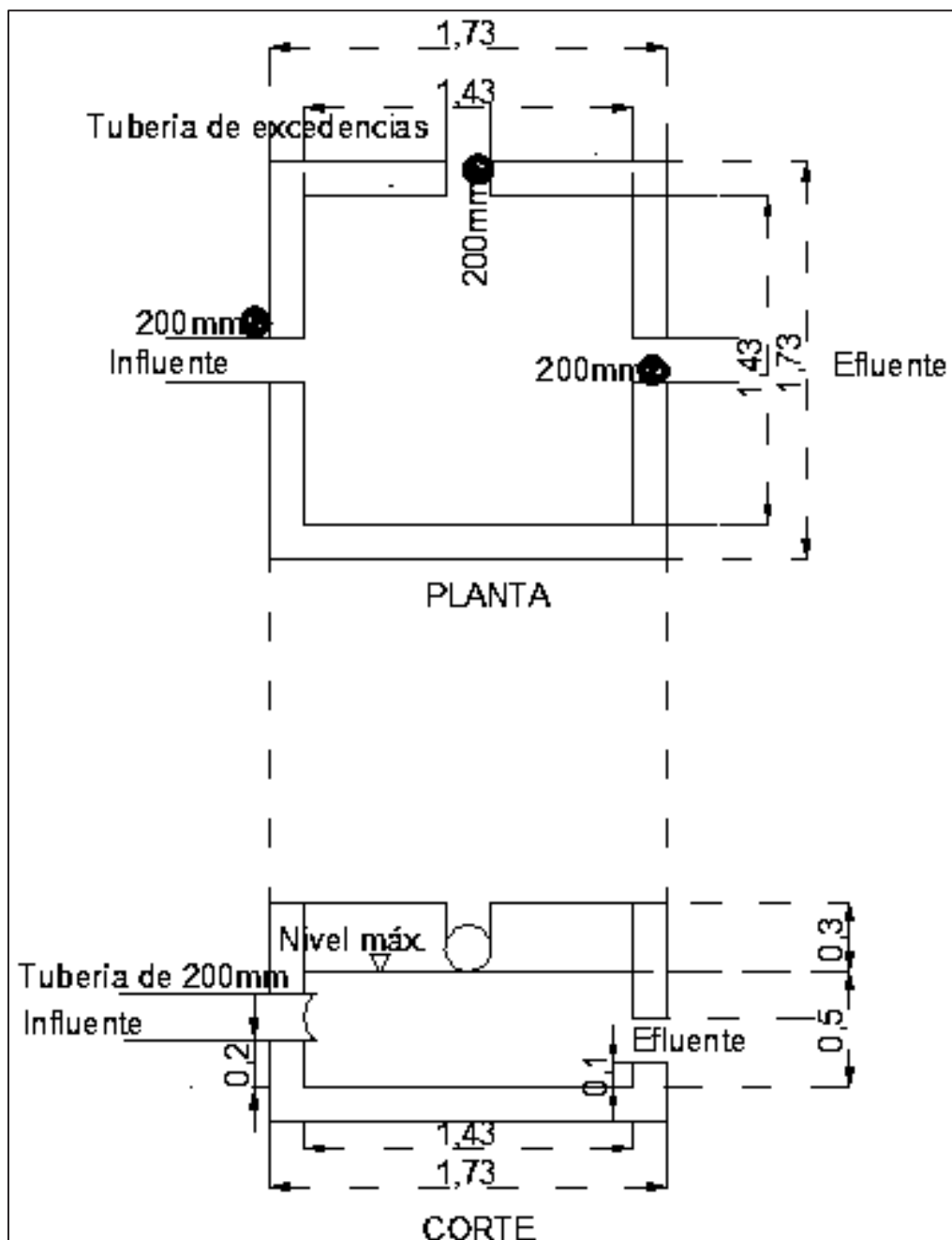


FIG.6. 1Vista en planta y corte de caja de excedencias y desvío

6.7.1.1- Tamizado

El tamizado como ya se mencionó antes se encargará de no permitir el paso de partículas que puedan detener el proceso de tratamiento del agua residual, evitando que partículas de cierto diámetro no entren al tren de tratamiento, para el diseño de este proyecto se utiliza un sistema de rejillas gruesa y fina, dentro de registros de 40x75x80 cm, las dimensiones se justifican más adelante.

Para el caso de nuestra planta de tratamiento se utilizara de limpieza manual, con rejilla mediana y fina, 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.

Las rejillas consisten en barras metálicas, verticales o inclinadas, espaciadas de 16 a 76 mm (5/8" a 3") y colocadas en los canales de acceso a las plantas, antes de las estaciones de bombeo. Los sistemas de limpieza de las rejillas pueden ser manuales o automáticos. Las barras pueden ser rectangulares o cuadradas con uno o ambos extremos redondeados. Las características más comunes de rejillas son las que se indican en la **tabla (6.12)**:

Tabla 6. 12 Especificaciones para los tipos de rejilla.

Concepto	Tipo de Rejilla	
	Limpieza Manual	Limpieza Mecánica
Espesor de las barras [cm]	.6 a 1.6	.6 a 1.6
Espaciamiento entre barras [cm]	2.5 a 5.1	1.6 a 7.6
Pendiente con la horizontal [°]	30 a 60	0 a 30
Velocidad de llegada del agua [cm / s]	30 a 60	60 a 90
Pérdida permisible de carga en las rejillas [cm]	15	15
Profundidad útil del canal [cm]	30	30

Debido a que las rejillas estarán colocadas en registros comunes de 40x75x 80cm, entonces se tiene el cálculo del número de barras para la rejilla mediana será:

$$N = \frac{bca - e}{E + e} = \frac{40 - 0.80}{2.5 + 0.8} = 12 \text{ Barras}$$

Dónde:

N=Número de barras.

Bca=Ancho del canal de aproximación (cm)

e=Espesor de la barra (cm)

E=separación entre barras (cm)

El número de espacios es las rejillas es:

Numero de espacios= $N+1 = 13$ espacios.

Y como $13 \times 2.5\text{cm} = 32.5$ que es igual al $81\% > 70\%$ del área efectiva, cumple.

Se realizaron los planos correspondientes para la obra requerida para la rejilla, tal como se observa en la **figura 6.2**.

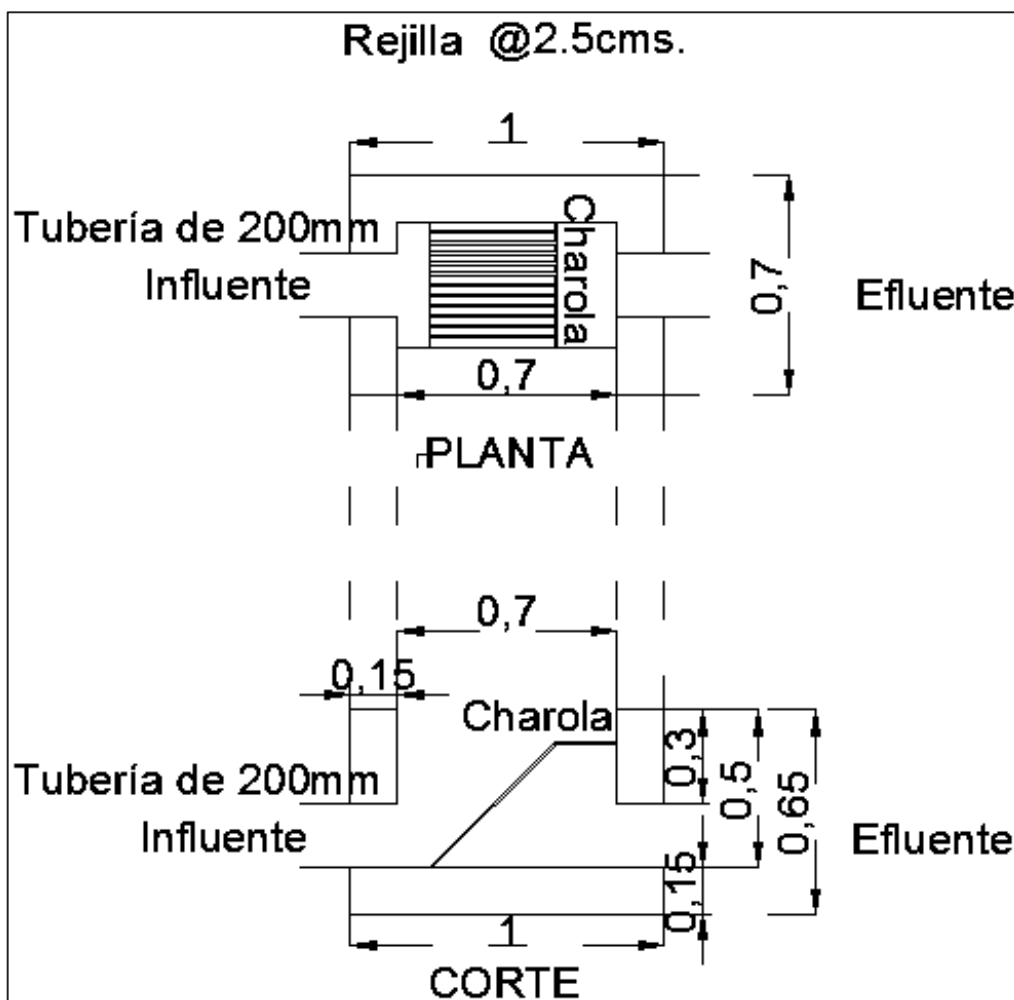


FIG.6. 2 Vistas en planta y corte transversal de la rejilla

Para calcular la longitud ocupada por la rejilla en el canal desarenador (l_r), se considera que estará inclinada a 40 grados con respecto a la horizontal, con el fin que la longitud de la rejilla sea mínima, así del corte trasversal se tiene que:

$$\text{Tg}45^\circ = \frac{0.40}{l_r}$$

Entonces $l_r = 0.4\text{m}$ en la horizontal, mas 20cm para la charola de basura.

Y para la rejilla fina:

$$N = \frac{bca - e}{E + e} = \frac{40 - 0.60}{1.5 + 0.6} = 19 \text{ Barras}$$

Dónde:

N = Número de barras.

bca = Ancho del canal de aproximación (cm)

e = Espesor de la barra (cm)

E = separación entre barras (cm)

El número de espacios es las rejillas es:

Numero de espacios = $N + 1 = 20$ espacios.

Y como $20 \times 1.5 = 30$ que es igual al 75% > 70% del área efectiva, cumple.

Vistas en planta y corte trasversal de la rejilla

Se considera que estará inclinada a 60 grados con respecto a la horizontal, igual que la anterior, así del corte trasversal se tiene que:

$$\text{Tg}60^\circ = \frac{0.40}{l_r}$$

Entonces $l_r = 0.58\text{m}$

Se realizaron los planos correspondientes para la obra requerida para la rejilla, tal como se observa en la **figura 6.3**.

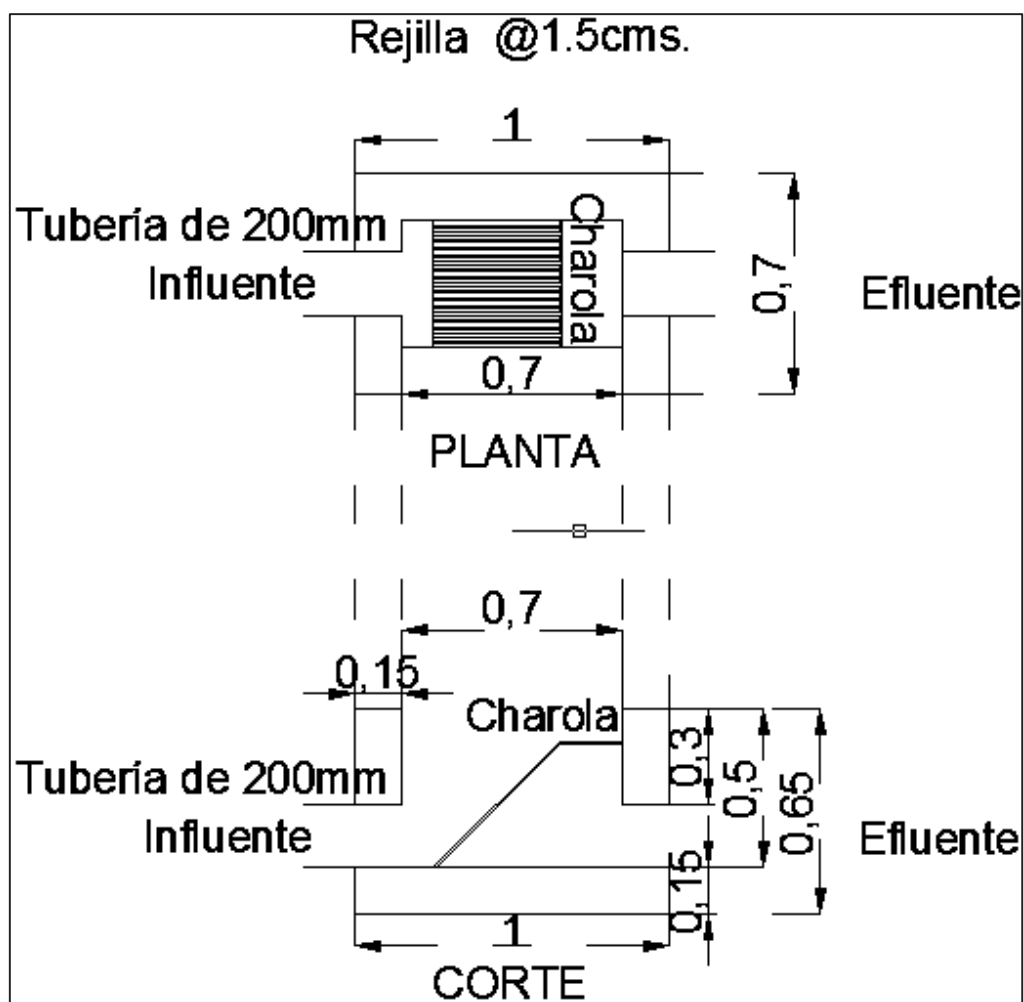


FIG.6. 3 Vistas en planta y corte transversal de la rejilla

6.7.1.2.- Canal Desarenador

La desarenación es una operación unitaria que se emplea para remover gravillas, arenas, cenizas y otros materiales inorgánicos presentes en las aguas residuales municipales que pueden causar abrasión o desgaste excesivo en los equipos mecánicos de una planta de tratamiento. La desarenación se ubica generalmente después del cribado y antes de la sedimentación primaria. Con esta operación se busca remover el 100 % de las partículas inorgánicas (densidad = 2.65 g/cm³) de un tamaño igual o mayor a 0.21 mm (malla # 65) y dejaren suspensión el material orgánico. Para lograr esta remoción es necesario conservar la velocidad del agua, entre 25 y 38 cm/s. La sedimentación gravitacional de las partículas es del tipo discreto (cada partícula se sedimenta independientemente, sin presentarse fenómenos de floculación de partículas). La eficiencia de remoción de partículas de tamaño inferior al tamaño de diseño es directamente proporcional a la relación de su velocidad de sedimentación con la velocidad de sedimentación de diseño.

Criterios de diseño.

Para los desarenadores de flujo horizontal el criterio básico de diseño es la velocidad de sedimentación de las partículas y sus requerimientos de área por unidad de gasto, como se muestra en la **tabla (6.13)** para partículas con una densidad de 2.65 g/cm³.

Tabla 6. 13 Criterios de diseño según N° de malla.

Tamaño de Partícula		Velocidad de Sedimentación		Área Requerida
No. de Malla	Tamaño [mm]	[cm / s]	(l/s)/m ²	m ² /(l/s)
18	.833	7.47	74.7	.013
20	.595	5.34	53.4	.019
35	.417	3.76	37.6	.027
48	.295	2.64	26.4	.038
65	.208	1.88	18.8	.053
100	.147	1.32	13.2	.076
150	.105	.92	9.2	.109

Fuente: Apuntes de la materia de plantas de tratamiento, 2015

En los desarenadores de flujo horizontal es necesario mantener una velocidad horizontal constante. Para conservar esta velocidad, con gastos variables, se recomienda el uso de vertedores proporcionales en la descarga. La cresta del vertedor deberá estar de 10 a 30 cm por encima del fondo del canal para evitar el arrastre de sólidos. Sin embargo, como

ya se comentó anteriormente, para el diseño de esta planta de tratamiento, no es posible construir un canal debido a las condiciones tanto de gasto, como de costos por construcción de canales que de aplicarse pueden ser ineficientes, entonces, el proceso de desarenación ocurrirá en el tanque séptico, siendo así, las arenas serán extraídas junto con el lodo acumulado en el mismo.

6.7.1.3.- Medidor de flujo

Debido a los gastos tan pequeños, no es viable un medidor de flujo, el control de excedencias será controlado por la caja de excedencias que estará justamente después del tanque séptico, se diseñará con la función de retener y desviar el agua, en caso de que haya que hacer algún mantenimiento mayor en la planta, que detenga el proceso de saneamiento, con el fin de evitar derrames en las fases de tratamiento.

6.7.2.- Tratamiento primario

El tratamiento primario contempla un tanque séptico, ya que es un proceso biológico natural en el que las bacterias u otras formas vivas microscópicas en ausencia de oxígeno transforman la materia orgánica (que se encuentra en el agua residual principalmente como proteínas, carbohidratos y grasas) a materiales poco oxidados que son los productos de degradación, entre ellos metano, anhídrido carbónico, nitritos, y nitratos, el proceso biológico en las fosas sépticas aquella parte del ciclo de vida y muerte en que los materiales orgánicos se reducen a formas más simples que pueden servir de alimento a formas inferiores de la vida vegetal.

La principal ventaja de la acción séptica en el tratamiento de aguas residuales es la cantidad relativamente pequeña de lodo que hay que manejar, sobre todo cuando se compara con el producido en los procesos de sedimentación primaria o de tratamiento químico. A pesar de que el tiempo de retención para un sedimentador es de 2h y el de un tanque séptico es de mínimo 24h, el lodo que se genera en este último es de 75 a 80% menor que el de un sedimentador debido a que en el interior del tanque séptico los microorganismos mineralizan al lodo acumulado (Paquetes Tecnológicos, 2007)

El tratamiento de las aguas residuales por la acción anaerobia ofrece la solución a los problemas de tratamiento y disposición de los desechos líquidos, es por ello que el manual concentra la atención en los tanques

sépticos, dispositivos diseñados para retener el agua residual durante el tiempo necesario para lograr un proceso anaerobio.

El manual contempla además de describir sus características, un arreglo con el cual se puedan mejorar las condiciones del efluente.

Las aguas negras sin ningún tratamiento taponearían rápidamente todo tipo de suelo, el tanque séptico acondiciona estas aguas para que se puedan infiltrar con mayor facilidad en el subsuelo, el tanque séptico debe cumplir tres funciones principales:

- **Eliminación de sólidos:** al verter aguas negras en el subsuelo, este taponará más mientras más sólidos suspendidos contengan estas aguas, pero si antes pasan por un tanque séptico en el que se reduzca la velocidad de flujo, los sólidos mayores sedimentarán en el fondo mientras que los ligeros se elevarán a la superficie y el efluente será líquido clarificado.
- **Tratamiento biológico:** en el inferior del tanque se desarrollará el proceso anaerobio, por medio del cual la materia orgánica se transforma en líquidos y gases.
- **Almacenamiento de natas y lodos:** los lodos son el resultado de sedimentación de partículas sólidas flotantes aglomerados en la superficie del fluido. Los lodos y en menor proporción las natas, reducen su volumen con la digestión por parte de los microorganismos, sin embargo, queda un residuo de sólidos inertes al que debe proporcionarse un espacio de almacenamiento para evitar que el efluente los arrastre afuera del tanque. (Fuente: Paquetes tecnológicos, 2007)
- Un tanque séptico es un depósito, impermeable, de escurrimiento continuo y forma rectangular o cilíndrica que recibe, además de la excreta y agua residual proveniente de los inodoros aguas grises de origen doméstico. Su construcción es generalmente subterránea y puede hacerse de piedra, tabique, concreto u otro material resistente a la corrosión. En algunos diseños el depósito está equipado con pantallas o deflectores colgantes, tanto en la entrada, para conseguir distribución eficaz del agua y evitar las velocidades, como en la salida para evitar que se escape la capa de espuma y nata que se forman durante su funcionamiento (Fuente: Paquetes tecnológicos, 2007)

Los sistemas sépticos constan básicamente de dos partes.

- Tanque séptico, elemento donde se desarrollan los procesos de sedimentación y anaerobio.
- Una instalación para oxidar el efluente del tanque séptico, generalmente se emplean campos de infiltración, cámaras de oxidación o pozos de absorción.

Dependiendo de las características del agua residual, en algunas ocasiones es recomendable instalar una trampa para grasas y aceites, sobre todo cuando la concentración de grasas es superior a 150 mg/l, sin embargo aunque la concentración de diseño del tanque séptico propuesto es de 100 mg/l se diseñará para retener esa cantidad de grasa y aceite, por otro lado cuando se construyen campos de oxidación o varios pozos de absorción para recibir el efluente del tanque séptico, es necesario instalar una caja de distribución de la que se sacarán las tuberías necesarias de acuerdo a los requerimientos de cada caso particular, para el caso de la propuesta de saneamiento de esta tesis, se propone una caja de excedencias y desvió antes del tanque séptico, como seguido del tanque séptico se propone también un arreglo doble de lechos de hidrófitas, y estas tienen capacidad de cubrir las necesidades de gasto para 200 personas, es por ello que en caso de ser necesario derivar el gasto excedente en caso de un gasto máximo instantáneo por lluvias ,la caja de excedencias se encargará de cumplir con esta función.

6.7.2.1. Funcionamiento del tanque séptico.

El agua residual fluye por gravedad desde las viviendas hasta el tanque por medio de una T que descarga verticalmente a una profundidad no inferior a 0.35 m de nivel de agua. Una vez en el interior del tanque, el agua fluye lentamente para permitir que la materia sedimentable se precipite y acumule en el fondo, mientras que la mayoría de los sólidos ligeros como la materia grasa permanece en el interior, formando en la superficie del agua una capa de nata o espuma que ayuda a reducir movimientos bruscos del fluido además de aislarlo de aire que pudiera entrar.

Los sólidos retenidos en el tanque séptico permanecen en el interior del sistema durante un periodo de tiempo, dependiendo de la capacidad del pozo, de dos a tres años para que se establezca la digestión anaeróbica.

Como resultado de lo anterior, una parte de la materia orgánica en suspensión pasa de la forma sólida a la líquida gaseosa reduciendo la cantidad de lodo acumulado que, sin embargo, constituye una cantidad finita que puede disminuir el volumen efectivo del tanque séptico y, por consiguiente, el tiempo de retención. Finalmente, el líquido clarificado fluye por gravedad a través de una T colocada en el extremo opuesto a la entrada y penetra hasta un 40% del nivel del agua. Es posible utilizar tabiques difusores o pantallas en remplazo de las T de entrada y salida con la ventaja que ofrecen un medio efectivo para retener la capa de espuma en el interior del tanque logrando una mayor sedimentación. La cabeza superior de la tubería se deja destapada y colocada en el espacio libre existente entre la cara inferior de la cubierta y el nivel de agua, a fin de que permita el escape de gases por la cañería del efluente del tanque. El íntimo contacto del agua residual con espuma y el lodo en conjunto con la digitación de este último por el gas que asciende, tiende a hacer que el efluente del tanque tenga un alto contenido de nutrientes, gérmenes entéricos y en general, materia orgánica finalmente dividida y maloliente.

Debe hacerse notar que las fosas sépticas el gasto de escurrimiento del líquido que entra debe ser igual en todo momento, el gasto de escurrimiento del líquido saliente, en la **figura (6.4)** se muestra el diseño propuesto para la fosa séptica, en la que se observan todos los componentes que se necesitan para su buen funcionamiento.

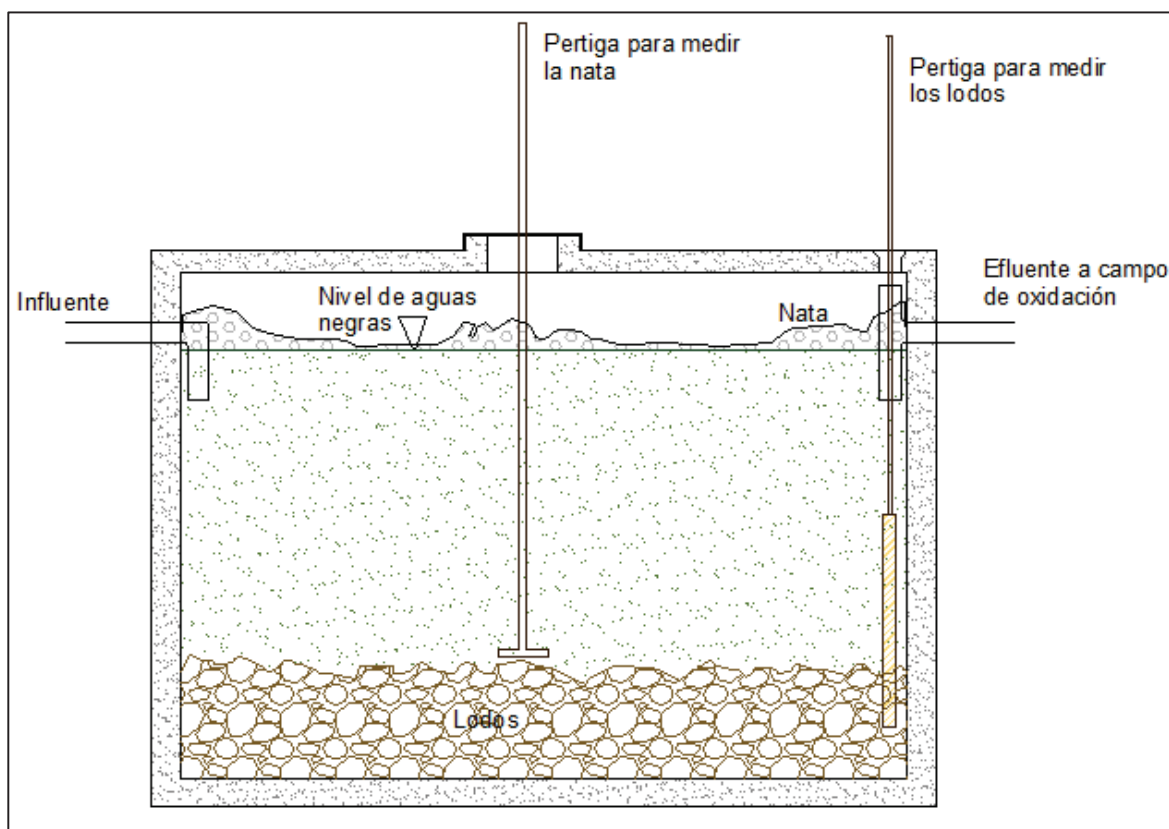


FIG 6. 4 Tanque séptico propuesto.

Las ventajas y desventajas del uso del tanque séptico como sistema de saneamiento que señala el libro de paquetes tecnológicos son:

Ventajas

- Debido que no tienen partes mecánicas, necesita de muy poco mantenimiento, y un grado reducido de atención.
- Flexibilidad y adaptabilidad a una amplia variedad de necesidades en la disposición de los desechos de cada vivienda.
- Puede tratar cualquier agua residual doméstica como procedente de baños y cocinas, sin riesgo de alterar su funcionamiento normal.
- La cantidad de lodo generado durante su operación es poco significativo.

Desventajas

- Requieren de la existencia de abastecimiento de agua por tuberías.
- Son más caros que otros sistemas de tratamiento in situ.
- Necesitan un suelo con área suficiente y de naturaleza permeable que permite la absorción del influente.

6.7.2.2. Análisis de ámbito y variación poblacional

Los porcentajes de remoción de DBO y SS que se obtienen comúnmente con los tanques sépticos de un compartimento son de 30 y 60% respectivamente, por ello es importante mencionar que su efluentes se caracteriza por un alto contenido de nutrientes, gérmenes entéricos y en general, materia orgánica finalmente dividida y maloliente, por lo anterior, es necesario someterla un proceso complementario antes de su disposición final.

El tratamiento secundario de la fuente de un tanque séptico se basa en la oxidación de la materia orgánica por la cantidad de las bacterias aerobias, estas proliferan en las capas superiores del suelo y en los desechos de arena o piedra a través de cuyos poros pasa de modo natural. En los métodos de irrigación del suelo y los desechos filtrantes, el efluente extiende con la mayor uniformidad posible sobre las partículas del suelo, arena o pequeñas piedras. Se forma entonces una capa de lodo con condiciones biológicas que permiten la actividad de microorganismos y bacterias aerobias.

En la zonas rurales y en las pequeñas comunidades, los métodos de que se dispone por el tratamiento y evacuación del efluente de un tanque séptico son muy variados y, aunque lo típico en estas zonas es usar campos de oxidación o absorción, también se pueden utilizar zanjas de infiltración, afectos intermitentes de arena, lechos de hidrófitas y lagunas de estabilización, de esta deducción, para este caso, se utilizará un arreglo con lecho de hidrófitas, debido a que es un buen sistema para oxidar el efluente del tanque séptico, cumple con la demanda de la población total , haciendo un arreglo doble, y no requiere altos costos de inversión.

6.7.2.3. Diseño del tanque séptico

Se diseñará a gasto máximo instantáneo debido a las condiciones de poco gato para gasto medio, justificado en el libro datos básicos de la CNA, entonces se tendrá que:

$$Q_{med} = 0.3 \text{ Lt/seg} = 25.92 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Con una DBO de } 220 \text{ mg/Lt} = 8.55 \text{ kg/día}$$

La DQO se obtiene de calcular la DBO por 1.5 $= (220 \times 1.5) = 330 \text{ mg/Lt} = 32.5 \text{ kg/día}$

Se tiene la cantidad de 720 mg/Lt de Sólidos suspendidos totales que es igual a 121.68 kg/día

Un Número más probable de Coliformes fecales de $100\,000\,000 \text{ NMP/100 ml}$

Se diseña con un tiempo de retención hidráulico de 30 horas

Con un porcentaje de remoción de carga orgánica del 60% con el fin de que el otro 39% sea enviado al lecho de hidrófitas.

Esperando obtener una DBO en el efluente de $88 \text{ mg/l} = 2.28096 \text{ kg/d}$

Entonces se tiene un volumen de sedimentador:

$$V_{sed} = \frac{\left(\frac{Q_{med}}{TRH}\right)}{24 \text{ horas}} = \frac{\left(\frac{25.92 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{30 \text{ horas}}\right)}{24 \text{ horas}} = 32.40 \text{ m}^3$$

Y un volumen de lodos que es el 25% del volumen del sedimentador:

$$V_{lodos} = (V_{sed} \times 0.25) = (32.40 \times 0.25) = 8.10 \text{ m}^3$$

Para que el tanque funcione en condiciones anaerobias se diseñará con un tirante $Y = 3 \text{ metros}$

El área de sedimentación está dada por:

$$A_{sed} = \frac{V_{sed}}{Y} = \frac{32.40 m^3}{3m} = 10.80 m^2$$

Como el diseño indicado en el libro paquetes tecnológicos, especifica que la literatura recomienda que la relación largo-ancho del depósito esté en el rango de 2:1 a 3:1, por lo que el rango a utilizar será de 2.5:1, lo cual es:

$$B = \sqrt{\frac{A_{sed}}{2.5}} = \sqrt{\frac{10.80 m^2}{2.5}} = 2.10 m$$

$$L = B * 2.5 = 2.10 * 2.5 = 5.10 m$$

La altura de los lodos está dada por:

$$H = \frac{V_{lodos}}{A_{sed}} = \frac{8.10 m^3}{10.80 m^2} = 0.75 m = 75 cm$$

Para calcular el tiempo estimado de purga de los lodos se tiene que calcular la cantidad de sólidos por mes se genera, para igualar esa cantidad al volumen de retención del tanque, entonces:

$$(SS * Q_{dis}) = (1.5 ml/l * 25.92 m^3/día) = 38.88 kg/d$$

A metro cubico día:

$$147.744/1000 = 0.03888 m^3/d$$

A metro cubico semana:

$$0.147733 * 7 días = 0.27216 m^3/semana$$

A metro cubico mes:

$$1.034208 * 4 semanas = 1.08864 m^3/mes$$

Entonces, calculando un tiempo estimado, se tiene que la purga debe realizarse aproximadamente cada 7 meses, pero se recomienda que no exceda los 7 meses y medio, para una eficiencia favorable del tanque séptico, Es conveniente dejar una pequeña cantidad de lodo, aproximadamente el 10% como un Inóculo para las futuras aguas

residuales, como lo recomienda también el manual en el libro paquetes tecnológicos.

Debido a que en el proceso de digestión se produce biogás, será necesario hacer una captación para que sean aprovechados, entonces el cálculo de la producción se estimará en base a la DBOu y la generación de lodos producidos en el sistema de acuerdo con Metcalf & Eddy 1994.

Considerando $SSV = 0.8$ de SST.

Con $DBO_{rem} = 132 \text{ mg/l}$

Se tiene que $(132 \text{ mg/l} / 25.92 \text{ m}^3/\text{d}) = 3.42144 \text{ kg/día}$

La producción de lodos de origen orgánico estará dada por: $0.07 \text{ kgSSV/kgDBO}_{rem}$

Entonces los lodos orgánicos serán:

$(3.42144 \text{ kgSSV/kgDBO}_{rem} \times 0.07) = 0.2395008 \text{ kgSSV/d}$

Por lo tanto: $(0.2385008 \text{ kgSSV/d} \times 0.8) = 0.299376 \text{ kgSST/d}$

$DBO_u = \left(\frac{3}{2} \times DBO\right) = \left(\frac{3}{2} \times 220\right) = 330 \text{ mg/l}$

$Q_{CH_4} = 0.35 \times \left(\left(\frac{0.6 \times Q_{dis} \times DBO_u}{1000} \right) - (1.42 \times 0.299376) \right) = 0.35 \times \left(\left(\frac{0.6 \times 25.92 \times 330}{1000} \right) - (1.42 \times 0.299376) \right) = 1.65 \text{ m}^3/\text{día}$

Potencial calorífico = $(5000 \times 1.65) = 8.237 \text{ Kcal/d}$

Potencia eq. aprox. = $\left(\frac{6.8 \times Q_{CH_4}}{24} \right) = \left(\frac{6.8 \times 1.65}{24} \right) = 0.47 \text{ kw/d}$

Potencia eq. aprox. = $\left(\frac{0.47}{0.746} \right) = 0.63 \text{ HP/d}$

La producción de biogás implica un sistema de captación, y una persona capacitada para el buen manejo de dicha captación, además, que la producción es pequeña, por lo tanto, será dispuesta al medio ambiente, saliendo por el efluente del tanque séptico a la atmosfera.

El dimensionamiento por trampa y aceite está en función de la producción, según los datos típicos para concentración media, se tiene una producción de 100 mg/l , por lo tanto se tiene que:

$$V_{\text{grasa}} = V_{\text{sed}} \times 0.10 = 3.24 \text{ m}^3$$

Entonces la altura de la grasa acumulada será igual=

$$V_{\text{grasa}} / \text{Área de sedimentación} = (3.24 / 10.80) = 0.30 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

Entonces las medidas del tanque séptico con muros con espesor de 20 cm serán:

$$H = 3.90 \text{ m}$$

$$B = 2.50 \text{ m}$$

$$L = 5.50 \text{ m}$$

Se realizaron los planos correspondientes para la obra requerida para la fosa, tal como se observa en la **figura (6.5) en planta** y en la **figura (6.6) en vista lateral**.

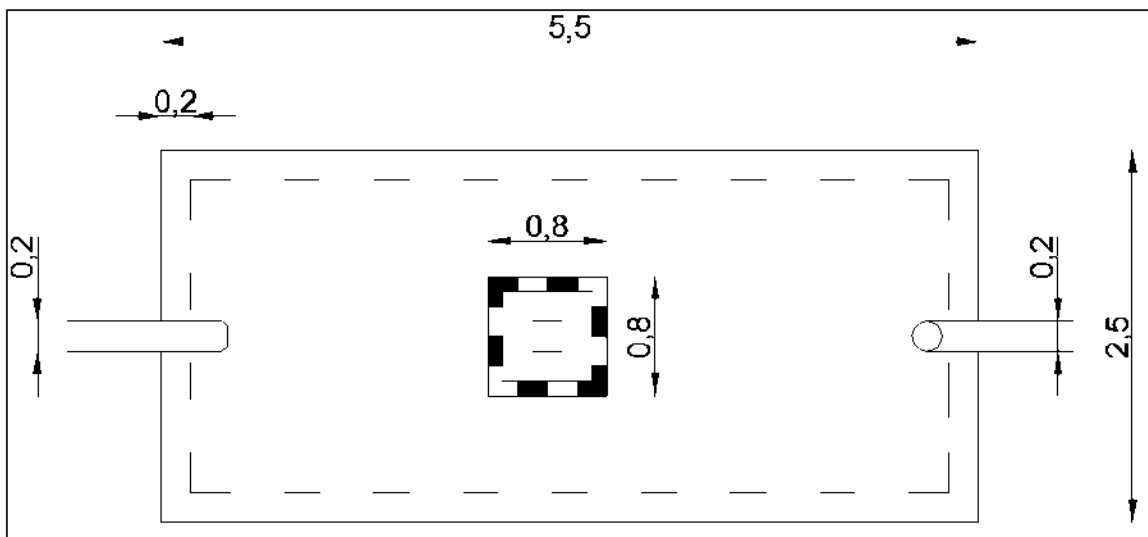


FIG. 6. 5 tanque séptico propuesto, vista en planta con dimensiones

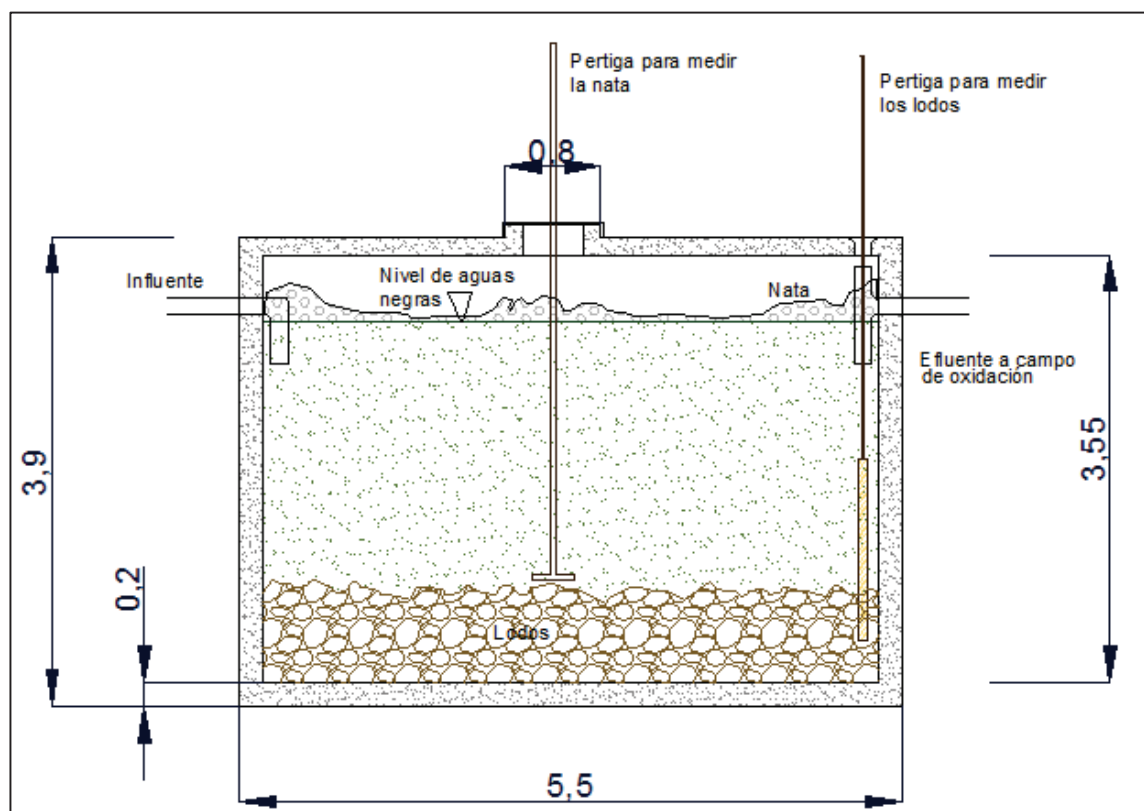


FIG. 6. 6 tanque séptico propuesto, vista lateral con dimensiones

6.7.3. Lechos de hidrófitas (Humedal artificial)

En años recientes se ha renovado el interés en el uso del lecho de hidrófitas. El concepto básico de este tipo de tratamientos relativamente sencillo: los contaminantes presentes en el agua residual descargada dentro o sobre el lecho, son inmovilizados y degradados por procesos físicos y biológicos naturales que operan en el ecosistema de los lechos.

Los lechos de hidrófitas, son económicamente atractivos, con un diseño y operación adecuados, se obtienen altas eficiencias de tratamiento de agua residual, capaces aún de mejorar o al menos mantener, la conservación de un área, particularmente en poblaciones aisladas. En partes en desarrollo, tienen la ventaja adicional de representar una solución de baja tecnología para el tratamiento de agua residual producido por pequeñas poblaciones dispersas.

Estos sistemas se dividen de acuerdo a su diseño: sistemas de flujo superficial, sistema de flujo subterráneo, y sistemas de flujo subterráneo vertical.

Así también, dada la variedad de plantas acuáticas útiles para la remoción de nutrientes, estas se clasifican de acuerdo su forma de vida en los lechos de hidrófitas en: flotantes, emergentes Y sumergidas.

Actualmente, en la República mexicana se han desarrollado sistemas de flujo subterráneo y se ha reportado una alta eficiencia en la que moción de sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno y patógenos.

Se presenta un diseño de lechos de hidrófitas de flujo subterráneo que se adapte a comunidades desde uno hasta 100 habitantes, en este caso se propone un pre tratamiento con tanque séptico, en el presente trabajo de tesis se presenta un arreglo doble en los lechos de hidrófitas, buscando así satisfacer las necesidades de tratamiento para 200 personas.

Se eligió un sistema de flujo subterráneo debido que se evitan los malos olores producidos por el agua proveniente de un tanque séptico y la proliferación de mosquitos. Además, se obtienen mayor promoción de Coliformes y sólidos suspendidos y con los sistemas de flujo superficial.

Los objetivos que pretenden los lechos de hidrófitas son:

- Hacer accesible a las pequeñas poblaciones del país, una alternativa de tratamiento de sus aguas, que permita combatir y prevenir la contaminación de las fuentes de energía agua disponibles en la forma más económica posible.
- Recopilar y analizar y procesar información acerca de los lechos de hidrófitas, con el fin de tener más información sobre este tipo de tratamiento para poderlo comprender mejor y asimismo poder adaptarlos más fácilmente.
- Proponer un criterio de diseño lechos de hidrófitas de flujo subterráneo para poblaciones desde uno hasta 100 habitantes.
- Indicar las condiciones de operación y mantenimiento que se requieran para el correcto funcionamiento y larga durabilidad del sistema.

Los lechos de hidrófitas se definen a partir de la palabra wetland en inglés, cuya traducción literal es tierra húmeda o humedal. Por lo tanto, un lecho de hidrófitas se refiere a aquellas zonas naturales que se caracterizan por mantenerse húmedas o inundadas durante casi todo el año, y que se reproducen diferentes tipos de vegetación que mediante complejos procesos físico-químico y biológicos mantienen el equilibrio ecológico, y cuya capacidad intrínseca para remover los contaminantes del agua los convierte en un importante sistema alterno de tratamiento de aguas residuales. Los lechos de hidrófitas tienen capacidad de tratar agua residual doméstica desde uno hasta 2000 habitantes, por lo que se ha enfocado su uso en pequeñas poblaciones rurales principalmente. Puede construirse con un alto nivel de control que permite facilidades experimentales del tratamiento con una exposición de sustrato bien definida, tipo de vegetación y flujo modelo. Además, puede elegirse la colocación del sistema, el tamaño y, lo más importante, el control hidráulico y el tiempo de retención.

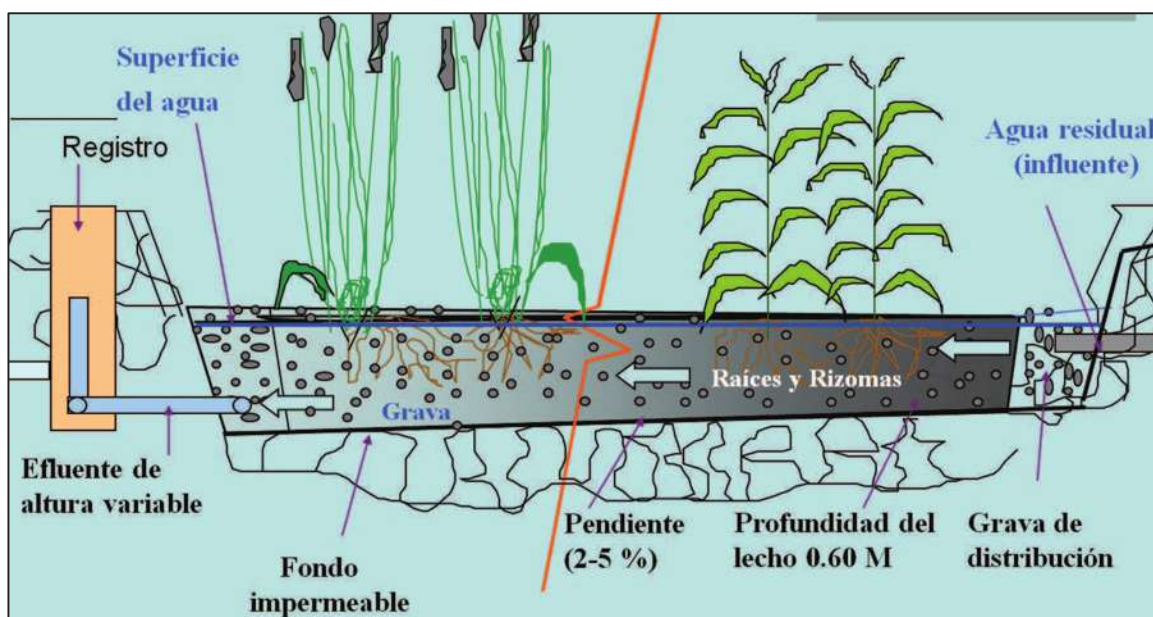
Los lechos con flujo subterráneo o SF se diseñan para el tratamiento secundario o avanzado del agua residual. Consisten de canales con un suelo relativamente impermeable, empacados con arena grava como medio de soporte por las raíces de la vegetación emergente. El nivel del agua en el lecho se mantiene de 2 a 5 cm por abajo de la superficie, de manera que todo el flujo es diseñado para ser subterráneo.

6.7.3.1. Elementos constitutivos

Los principales elementos que intervienen en el tratamiento mediante el lecho y el flujo subterráneo son el sustrato y las plantas, por lo que se requiere tener cuidado en su sección al diseñar un sistema.

6.7.3.2. Substrato

El sustrato provee el soporte y la superficie para que los microorganismos sean capaces de reducir anaeróbicamente (y/o anóxicamente, si el nitrato está presente) los contaminantes orgánicos en dióxido de carbono (CO_2) metano (CH_3) y nuevos microorganismos. También actúa como un simple filtro para la retención de sólidos prendidos y como generador de sólidos microbianos, lo cual son a su vez degradados y estabilizados en un determinado periodo dentro del lecho de tal manera que el nivel de sólidos suspendidos en el efluente es generalmente bajo. En la **figura (6.7)** se muestra un lecho hidrófitas con flujo subterráneo.



Fuente: Ruiz, 2011.

FIG.6. 7 diagrama de conformación de un lecho de hidrófitas con flujo subterráneo.

6.7.3.3. Vegetación utilizada en los lechos de hidrófitas.

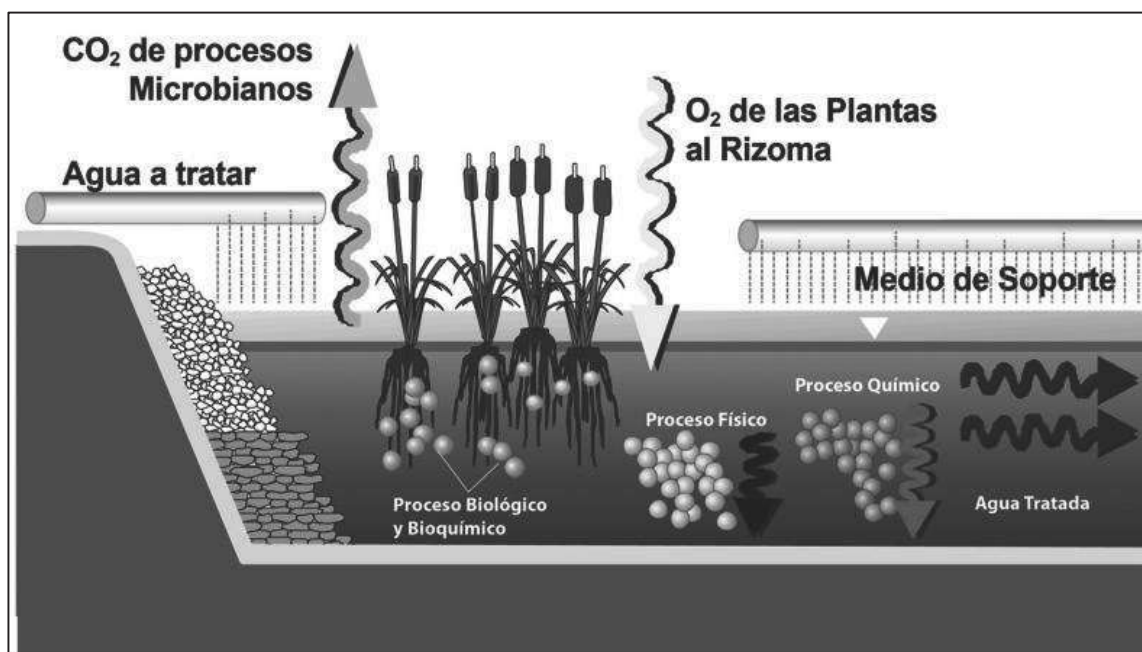
Las hidrófitas tienen varias propiedades intrínsecas que las hacen un componente indispensable en los lechos de hidrófitas. Una de sus más importantes funciones en relación con el tratamiento del agua residual es el efecto físico obtenido por su presencia. Además, las hidrófitas estabilizan la superficie de los lechos, proveen buenas condiciones para la filtración física y superficie de contacto para el crecimiento bacteriano.

En los sistemas de flujo subterráneo se desarrollan especies como *Typha angustifolia* y *Phragmites Australis*. Las raíces crecen dentro un rango de 50 cm por debajo del suelo y la planta puede alcanzar 150 cm o más desde el fondo del lecho. En general producen hojas y tallos al aire libre y un extenso sistema de raíces y rizomas que absorben los nutrientes contenidos en las aguas residuales.

Las plantas hidrófitas remueven contaminantes mediante: asimilación directa dentro de sus tejidos y proporcionan un medio ambiente adecuado para la actividad microbiana través del transporte de oxígeno en la rizófera, Por lo que estimula la degradación aeróbica de la materia orgánica y el crecimiento de bacterias nitrificantes, además estabilizan la conductividad hidráulica del suelo, donde depositan fósforo y metales pesados.

Las plantas hidrófitas están morfológica y anatómicamente adaptadas a crecer en un sustrato saturado con agua debido espacios internos en los tejidos de la planta. Esta característica permite proveer oxígeno a las partes sumergidas de las plantas. Por otro lado, las raíces y los rizomas desprenden oxígeno dentro del sustrato, creando micro zonas oxigenadas. La presencia de estas zonas oxigenadas y anóxicas alrededor de las raíces, creando un medio ambiente favorable para los microorganismos aerobios y anaerobios facultativos en la biosfera.

La efectividad del manejo de los dichos es del pendiente del desarrollo y mantenimiento del medio ambiente óptimo para la población microbiana presente. En este punto, las plantas tienen dos importantes pero indirectas funciones: dentro de la columna de agua, los tallos y las hojas incrementan significativamente el área de superficie para retener a las poblaciones microbianas y tienen la habilidad para transportar oxígeno si los raíces para que éstas puedan sobrevivir en un medio anaerobio. En la **figura (6.8)** se muestra el ejemplo del lecho de hidrófitas de flujo subterráneo con *Junco*.



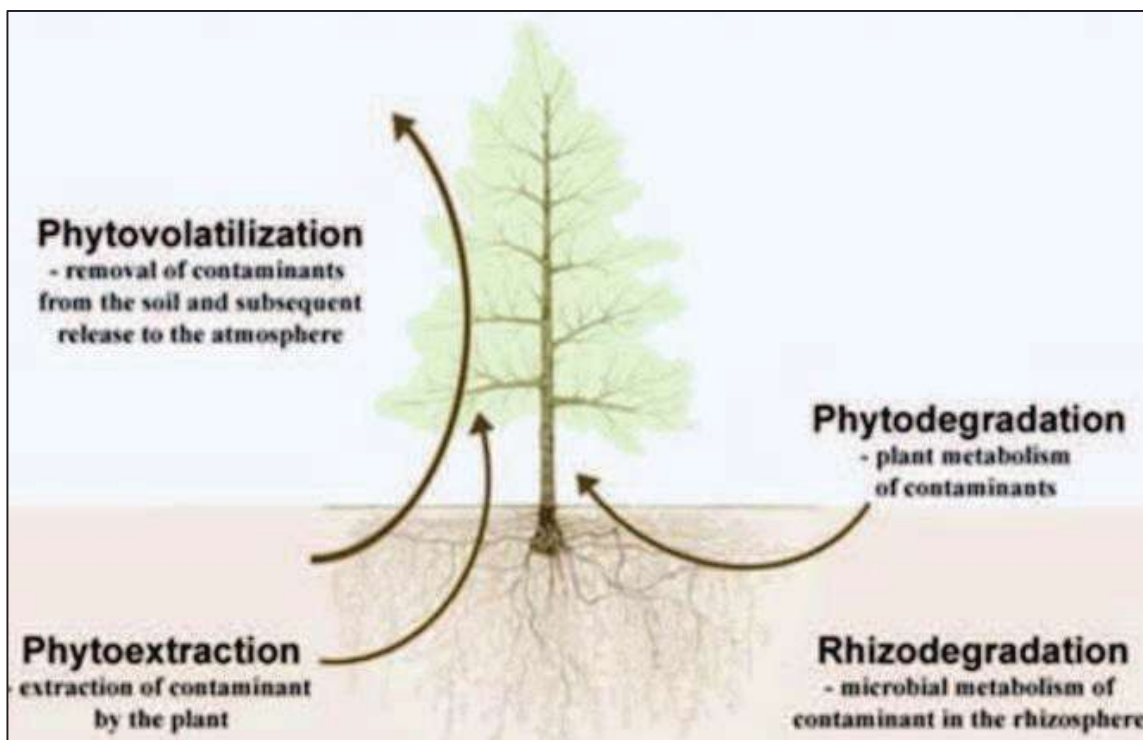
FUENTE: Luna-Pabello, 2009

FIG. 6. 8 Lecho de hidrófitas con junco (ejemplo)

6.7.3.4. Funcionamiento de los lechos de hidrófitas.

Los lechos de hidrófitas llevan a cabo procesos biológicos, físicos y químicos que conjuntamente remueven los contaminantes del agua residual. Y entre ellos, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno y nutrientes como nitrógeno y fósforo. Los factores que determinan la efectividad de dichos procesos en los lechos de hidrófitas para la remoción de contaminantes contenidos en el agua residual son las plantas seleccionadas, los microorganismos y el suelo.

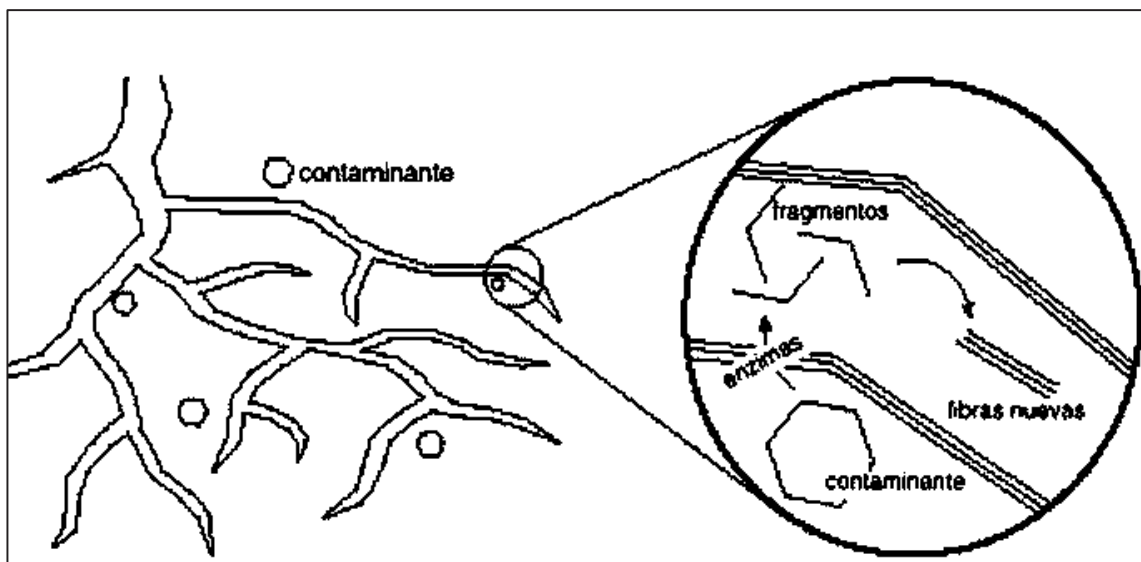
La degradación de la materia orgánica y la denitrificación del nitrógeno en los lechos de hidrófitas se lleva a cabo mediante microorganismos. La diseminación de oxígeno por las raíces de las hidrófitas crea zonas oxigenadas alrededor de ellas, por lo que la mayoría del contenido orgánico en el agua residual se descompone en estas zonas en dióxido de carbono y agua. Además, el amoníaco se oxida a nitrato por las bacterias presentes en estas zonas, en la **figura (6.9)** se muestra como ocurre la degradación, como las plantas actúan en este proceso.



Fuente: <http://ingerienaquimica.blogspot.mx/2014>

FIG. 6. 9 Destrucción de contaminantes orgánicos por Fito-degradación.

Las enzimas de las plantas descomponen (degradan) los contaminantes orgánicos. En la **figura (6.10)** se observa como los fragmentos se incorporan en el tejido nuevo de las plantas.



Fuente: <http://ingenierinaquimica.blogspot.mx/2014>

FIG. 6. 10 Degradación de contaminantes orgánicos.

El oxígeno se reduce en la superficie de las raíces pero el nitrato permanece (zona anóxica), en este punto la degradación de materia orgánica puede tomar lugar por las bacterias denitrificantes, por medio de este proceso, el nitrato se convierte en nitrógeno libre, el cual se vaporiza en la atmósfera.

En las áreas reducidas de la biosfera, la materia orgánica puede descomponerse anaeróbicamente en dióxido de carbono y metano por el proceso fermentativo. La existencia simultánea de zonas oxigenadas, anóxicas y reductoras y la interacción entre los diferentes tipos de procesos de degradación microbiana en esta zona es esencial para una eficiente descomposición de la materia orgánica y remoción de nutrientes en lechos de hidrófitas. Además, dichas interacciones pueden favorecer la descomposición de componentes más persistentes, tales como hidrocarburos clorados.

6.7.3.5. Suelo recomendable.

El suelo en los lechos desde flujo subterráneo probé una superficie estable para la reproducción de bacterias, un sustrato sólido para el crecimiento de plantas y funciones directas en la purificación del agua residual. Al penetrar las raíces en el sustrato, lo suavizan incrementando su porosidad y cuando mueren permanecen canales interconectados horizontalmente, los cuales se llenan con el material orgánico producido. Estos macro poros estabilizan la conductividad hidráulica en la biosfera lo suficiente para estabilizar los procesos en un periodo de dos a cinco años.

Las ventajas y de los lechos de hidrófitas.

Pueden tener en algunos lugares varias ventajas comparados con los sistemas de tratamiento convencional y avanzado, algunas de ellas son:

- Bajo costo de construcción operación y mantenimiento.
- Bajo requerimiento de energía.
- No requieren de personal altamente capacitado y calificado para superación. Proporcionan un tratamiento efectivo y confiable.
- Ambientalmente son aceptables competencia el para la conservación de la vida silvestre.

Principales desventajas del tratamiento de lecho de hidrófitas:

- Utiliza una mediana extensión de terreno porque su construcción sin embargo, se ha estimado que se necesite por el tratamiento de las aguas residuales domésticas es aproximadamente de cuatro A 5 ml por habitante para lograr una fuente con una de veo <20 mg sobre litro en un 95%.
- Baja eficiencia en su funcionamiento durante invierno en ciertas regiones por la muerte de los hidrofítas.
- La operación puede requerir 2-6-3 periodos de crecimiento antes de que se logren las eficiencias objetivos.
- Si no se opera correctamente, existe el riesgo de acumulación de sólidos en la entrada.

6.7.3.6. Análisis de ámbito y variación poblacional en los lechos de hidrófitas.

Se han estudiado en varios países con una solución viable y económica para el tratamiento de aguas residuales de asentamientos humanos sin acceso al sistema de drenaje y tratamiento municipal.

Entre las principales ventajas de este sistema se encuentra que es ambientalmente aceptable, debido a que se basa en el tipo del suelo y procesos biológicos naturales, es simple de construir, utiliza menos energía Y equipo mecánico que los sistemas convencionales y requiere poco mantenimiento, por lo tanto es fácil de operar. Estos factores lo hacen particularmente adecuado para su uso en países poco desarrollados en donde el costo de la tierra puede ser relativamente bajo. En general, su uso se recomienda en pequeñas comunidades con clima templado o tropical. Y aparte por lo anterior debido a las características climatológicas de nuestro país, este tipo de sistemas tienden a evolucionar en forma más eficiente. Los criterios de diseño involucrado en la construcción del hecho de hidrófitas se mencionan en la **tabla (6.14)**, así como la calidad del efluente esperada. Éste puede utilizarse para el riego de Campos, viveros y, en algunos casos, para riego de productos de bajo riesgo por consumo humano, o bien puede descargarse el cuerpos receptores de agua.

Tabla 6. 14 Criterios de diseño y remoción de contaminantes de flujo subterráneo

Criterio	Rango/clase	Rango/ clase usual	Parámetros	Porcentajes de remoción
Profundidad del metro	30-76cm	30-65cm	DBO	70-96
Substrato(arena,grava o rocas)	<40mm	20-30mm	Sólidos suspendidos	60-90
Tipo de planta	emergente	Junco y carrizo	Nitrógeno	40-90
Tiempo de residencia	6-14días	6-7 días	Fósforo	40-80
Carga hidráulica	<200L/m ² /d	150L/m ² /d	Coliformes	60-95
Área	0.01-250acres	-	-	-

Fuente: Paquetes tecnológicos, 2007

Por otro lado, Los lechos de hidrófitas tienen una aplicación importante en comunidades desde uno hasta 2000 habitantes y en donde existan descargas rurales con baja concentración de materia orgánica, disponibilidad diaria y mano de obra barata, además de que los productos pueden ser reutilizados. En la **tabla (6.15)** se presentan algunas de sus aplicaciones.

6.7.4. Diseño del humedal (lecho de hidrófitas).

Por el funcionamiento adecuado de lo que se requiere cumplir con especificaciones del lugar, calidad de agua y determinar el nivel de pre tratamiento adecuado para cada población.

6.7.4.1. Evaluación del lugar y selección.

Las características del lugar deben ser consideradas en el diseño del lecho de hidrófitas, incluyen: la topografía, las características del suelo y clima.

Específicamente, la eficacia del tratamiento requiere que los lechos se encuentren en una o más de las siguientes condiciones.

- Áreas donde predominan las hidrófitas.
- Áreas que predomina en suelos húmedos lo suficiente para producir condiciones en aerobios que limiten los tipos de plantas que pueden crecer ahí.
- Áreas rocosas o con grava que están saturadas o cubiertas con agua de poca profundidad durante el periodo de crecimiento.

Topografía.

Una topografía uniforme es preferible debido a los sistemas de flujo subterráneo se diseñan y construyen anteriormente con pendientes de 1% o más. Dado que el trabajo requerido por el trabajo de excavación afecta el costo del sistema, los grados dependientes para los lugares seleccionados deben ser de menos del 5%. Debe presentarse en consideración que una topografía en desnivel, son los pocos profundos y susceptibilidad a inundaciones severas también puede imitar su uso.

Suelo.

Se prefieren lugares con suelo o capa subterráneas poco permeables menores a 20 pulgadas debido que el objetivo es tratar el agua residual sobre una superficie del suelo, por lo tanto deben minimizar pérdidas por perforación en los sistemas de flujo superficial, la capa exterior del suelo tiende a sellarse con el tiempo debido al depósito de sólidos y el crecimiento de bacterias. Los suelos muy permeables deben usarse para pequeños sistemas construidos con arcilla. En los sistemas de flujo subterráneo, la elección del sustrato es crítica, el medio usado se determinó frecuentemente por la disponibilidad del material local. Sin embargo, este necesita evaluarse cuidadosamente en términos de permeabilidad hidráulica y capacidad para absorber nutrientes y contaminantes.

El sustrato debe proporcionar un medio de cultivo para el crecimiento de la planta y permitir la infiltración y movimiento del agua, esto requiere aproximadamente una conductividad hidráulica 10×10^{-3} a 10×10^{-4} , de lo contrario resultaría un flujo superficial canalización del agua que reducirá la efectividad del sistema. Su composición química también afecta la eficiencia del sistema. La remoción de metales pesados será lograda definitivamente utilizando un sustrato con un alto contenido orgánico o de arcilla. Se han usado pajas molidas en sistemas construidos por el tratamiento de aguas agrícolas, cuyas características fisicoquímicas resultan considerablemente muy ácidas y concentradas que el agua residual doméstica debe estar por arriba de 3000 mg sobre litro.

Clima.

El uso de lecho de hidrófitas de flujo subterráneo en clima frío es posible, Sin embargo, la factibilidad de la perforación del sistema en invierno depende de la resistencia de la planta. Sean los objetivos del tratamiento, se requerirá almacenar en donde no cumple con la calidad requerida del clima frío. Además, la influencia del clima sobre la calidad de las aguas residuales y genera la actividad normal de la población es decisiva, ya que la cantidad de agua usada normalmente es mucho mayor en climas cálidos comparado con lo que se utiliza en climas fríos. En la tabla se describe de forma general los cuatro grupos en los que se divide la República mexicana.

En general, los sistemas de flujo subterráneo son más estables que los sistemas de flujo superficial y la concentración de la biomasa microbiana es mayor. Las fluctuaciones de las temperaturas son menos significativas

y, por lo tanto. Se pueden esperar una degradación de la materia orgánica más balanceada particularmente en invierno, en donde los nutrientes asimilados en la biomasa de la planta en los sistemas de flujo supervisión permanecen en la superficie del agua, mientras en los sistemas de flujo subterráneo eso se moviliza en el sustrato del medio.

En la tabla se observa que la zona húmeda y la zona semi-húmeda son las más apropiadas para la construcción del hecho artificiales y, dado que las zonas húmeda y semi-húmeda cubren la mayoría de la República, se puede aprovechar esta ventaja por implementar este tipo de sistemas.

Zona climatológica	Características	Estado que comprende
1.Húmeda	Incluye un grupo de climas cálidos húmedos con temperatura media del mes más frío mayor de 18°C y precipitación media del mes más seco mayor de 60mm.	Se confina en la región sureste del país, en proporciones reducidas de los estados de Veracruz, Tabasco, Campeche y Chiapas.
2.Semi-Húmeda	Incluye un grupo de climas templados con temperatura media del mes más frío entre -3 y -18°C y la del mes más caliente mayor de 6.5°C y precipitación media del mes más seco en verano entre 60 a 120mm.	Es quizá la más vasta de la República, comprendiendo la mayor parte de los litorales, desde Sinaloa hasta Chiapas y desde Tamaulipas hasta Quintana Roo.
3.Semi-árida	Incluyen los climas secos desde el estepario hasta el desértico, los límites entre ellos se establecen por medio de fórmulas que relacionan grados de humedad y temperatura medias anual y precipitación pluvial promedio.	Se localiza en un gran porcentaje de la meseta central, desde Sonora y Chihuahua hasta Puebla, además de porciones de los estados de Baja California Sur, Oaxaca, Campeche, Guerrero, Michoacán y entidades fronterizas de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.
3.Árida		Se localizan en la meseta del norte, preferentemente en los estados de Chihuahua y Coahuila, además se encuentra también en la zona del Golfo de Cortés.

Fuente: Paquetes tecnológicos, 2007

Tabla 6. 15 Representación de los grupos climatológicos que se presentan en México.

6.7.4.2. Criterios de diseño

Los lechos de hidrófitas representan sistemas completos donde interactúan las propiedades físicas químicos y biológicos de las plantas y el suelo. Esto significa que no es suficiente optimizar un solo parámetro para obtener un mejor resultado de un sistema total, se deben considerar también el diseño la selección de las plantas y determinación de los parámetros de diseño.

6.7.4.3. Selección de plantas

La selección de plantas adecuadas el sistema es uno de los principales factores que determine la eficiencia del tratamiento, por lo tanto, se debe usar el siguiente criterio para seleccionar el tipo de planta apropiado por el lecho de hidrófitas que se construye y sobretodo considerar el tipo de hidrófitas propios de la región.

- Adaptabilidad del suelo.
- Adaptación el clima local.
- Tolerancia a la concentración de contaminantes.
- Resistencia fumigantes y enfermedades.
- Fácil de manejar.

En la **tabla (6.17)** se presentan algunas especies de plantas que se adaptan a las condiciones que se presentan en los lechos de hidrófitas de flujo subterráneo.

Nombre común	Nombre latino
Narciso	Narcissuss spp.
Tule	Typha latifolia
Junco	Scirpus calidus
Bejuco	Arundo donax
Salicaria purpura	Lythrum salicaria
Junquillo canario	Phalaris arundinacea
Carrizo	Phagmites communis
Papiro	Cyperus altermifolius
Enea	Cyperus odorantus
Bandera azul	Iris versicolor
Bandera amarilla	Iris pseudacorus
Dedalera	Digitalis purpurea
Oreja de elefante	Colacasia esculenia var. Antoquorum
Cardo ruso	Salsola Kali
Hiniesta	Bromus spp.
Timothy	Phleum pratenses
Cola de mapache	Ceratophyllum demersum
Olmo siberiano	Ulmus pumila
Zuzón	Semecio douglassi
Ambrosia	Ambrosia psilostachya

Fuente: Paquetes tecnológicos, 2007

Tabla 6. 16 especies de plantas que crecen en los lechos de hidrófitas de flujo subterráneo.

La plata a utilizar será únicamente tule, debido a que en la región es fácil de conseguir, soporta las condiciones del clima, y es una buena opción debido a sus características de remoción son eficaces, en la **figura (6.11)** se observa un humedal natural, la planta se adapta bien a las condiciones de suelo y clima.



FIG. 6. 11 Humedal natural con tule.

6.7.4.4. Remoción de sólidos suspendidos totales en el lecho de hidrófitas.

La remoción de sólidos suspendidos es efectiva en los lechos de flujo subterráneo. La mayor parte de la remoción se efectúa en los primeros metros más allá de la entrada. La dispersión controlada del influente con un tubo de difusión adecuado asegura una baja velocidad para favorecer la remoción de sólidos.

6.7.4.5. Remoción de nitrógeno en el lecho de hidrófitas.

La transformación y remoción de nitrógeno en sistemas naturales involucra procesos y reacciones complejos. Estos mecanismos dependen de la forma en que está presente el nitrógeno. Normalmente se encuentra en forma amonio o nitrógeno orgánico; excepto en el caso de agua residual que proviene de un tratamiento avanzado. La remoción de nitrógeno. Esta correlacionada con la tasa de aplicación y depende del tiempo de retención hidráulico.

6.7.4.6. Remoción de fósforo en el lecho de hidrófitas.

Es efectivo cuando se seleccionan los métodos adecuados. Una contenido significativo de arcilla y presencia de hierro y aluminio mejora la capacidad de remoción de fósforo. Sin embargo, el uso de este tipo de medios reduce la capacidad hidráulica y se requieren mayoría de tratamiento.

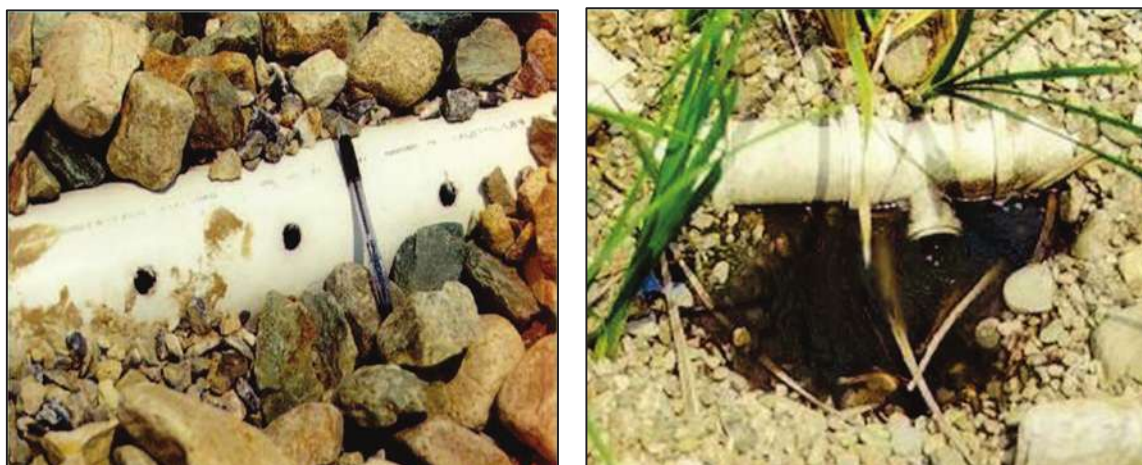
6.7.5. Especificaciones generales.

Una de las especificaciones más importantes para los lechos de hidrófitas de flujo subterráneo son las estructuras de entrada y salida, debido a la importancia que tiene la distribución uniforme del agua a través de todo el largo y ancho del lecho para asegurar una mayor remoción de los contaminantes presentes.

6.7.5.1. Estructuras de entrada y salida.

Los sistemas de flujo subterráneo dependen más de las estructuras de entrada y salida para la distribución uniforme del flujo, particularmente si la proporción largo-ancho es pequeña.

La entrada puede ser un tubo con orificios o tubos uniformemente espaciados un canal a lo ancho del lecho, **figura (6.12), figura (6.3) y figura (6.14)**. Se coloca en la estructura entrada graba de diámetro mayor; esto proporciona una zona de alta conductividad y una mayor distribución del canal del caudal.



Fuente: Ruíz Chávez, 2011

FIG. 6. 12 Diseños de entrada para la distribución uniforme del agua residual en el lecho de hidrófitas de flujo subterráneo

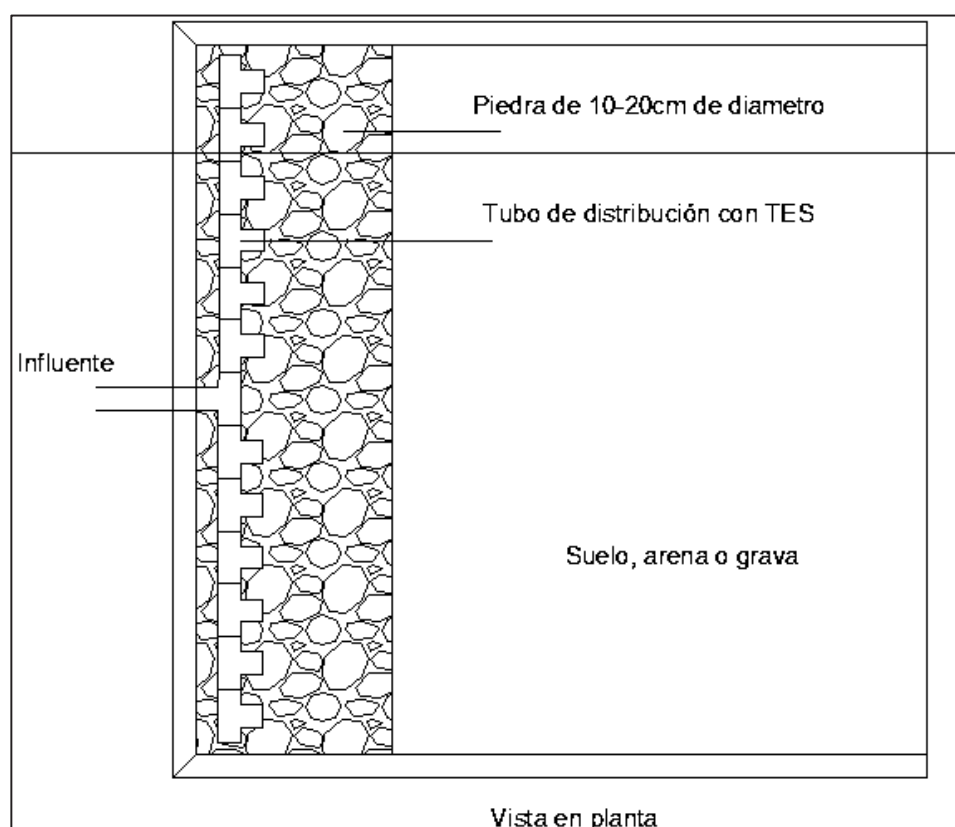


FIG. 6. 13 Diseños de entrada para la distribución uniforme del agua residual en el lecho de hidrófitas de flujo subterráneo vista en planta

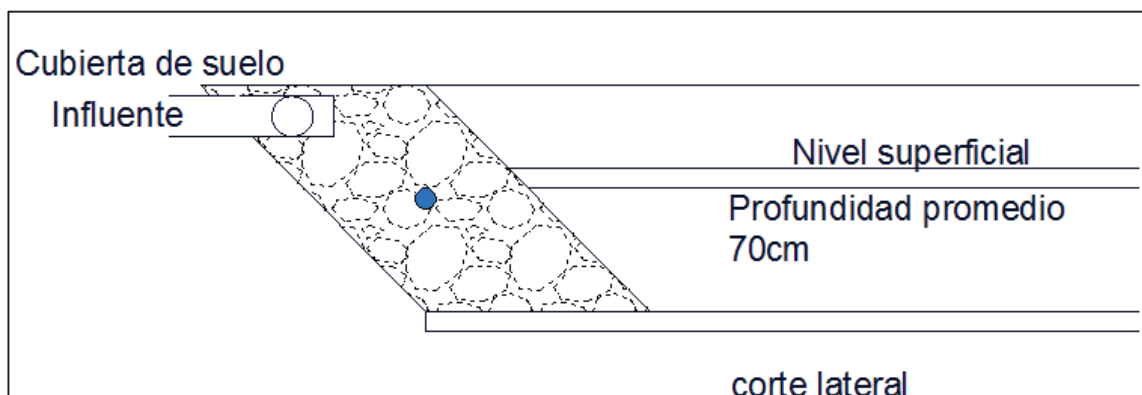


FIG. 6. 14 Diseños de entrada para la distribución uniforme del agua residual en el lecho de hidrófitas de flujo subterráneo vista lateral.

Las estructuras de salida de los sistemas de flujo subterráneo contendrán tubos perforados enterrados de grava del mismo tamaño que la entrada a lo ancho del lecho, y una estructura de control para ajustar el nivel de agua. En los planos de diseño de estructura de salida mediante un tubo flexible sostenido con una cadena para tener la posibilidad de abrir el nivel de agua está 20 cm por arriba de la superficie o bajarlo hasta el fondo del lecho, **figura (6.15) y figura (6.16)** .

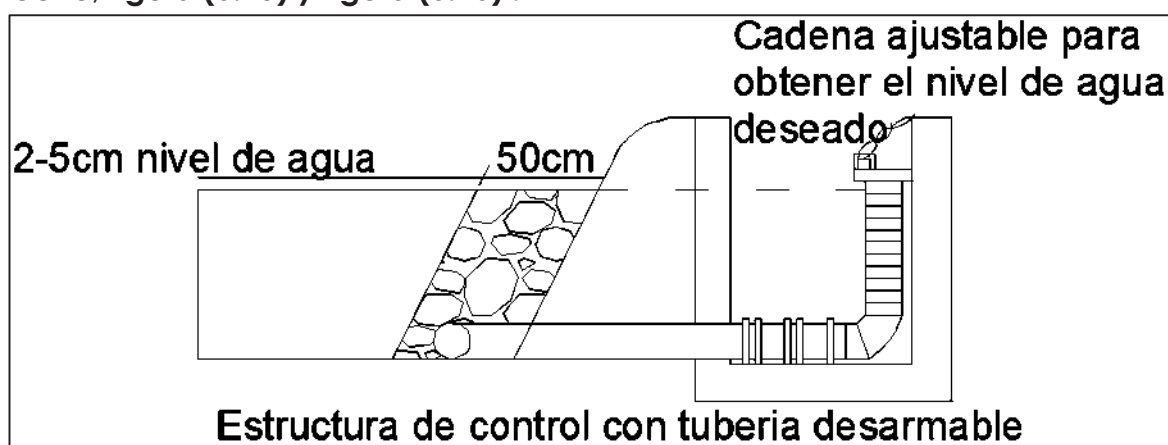


FIG. 6. 15 Diseño de salida con tubería de control de nivel de agua.

Estructuras de salida de control de nivel de agua en lechos de hidrófitas de flujo subterráneo.

El lecho de hidrófitas de flujo subterráneo evita problemas de olor y mosquitos, pero existe la posibilidad de taponamiento. Esto puede evitarse mediante una tubería de desagüe que remueva los lodos depositados en la grava y dirija una segunda estructura de control de salida.

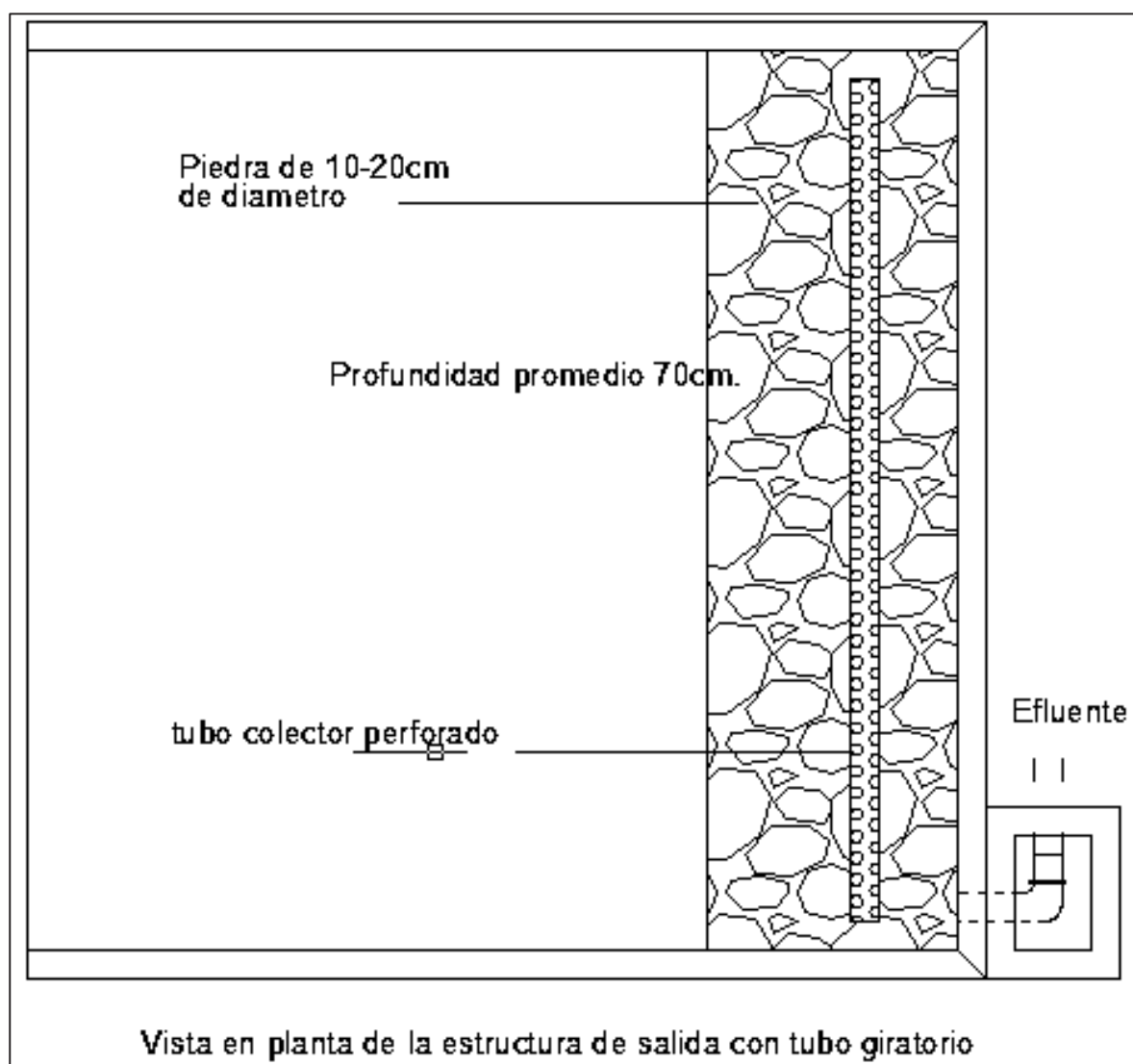
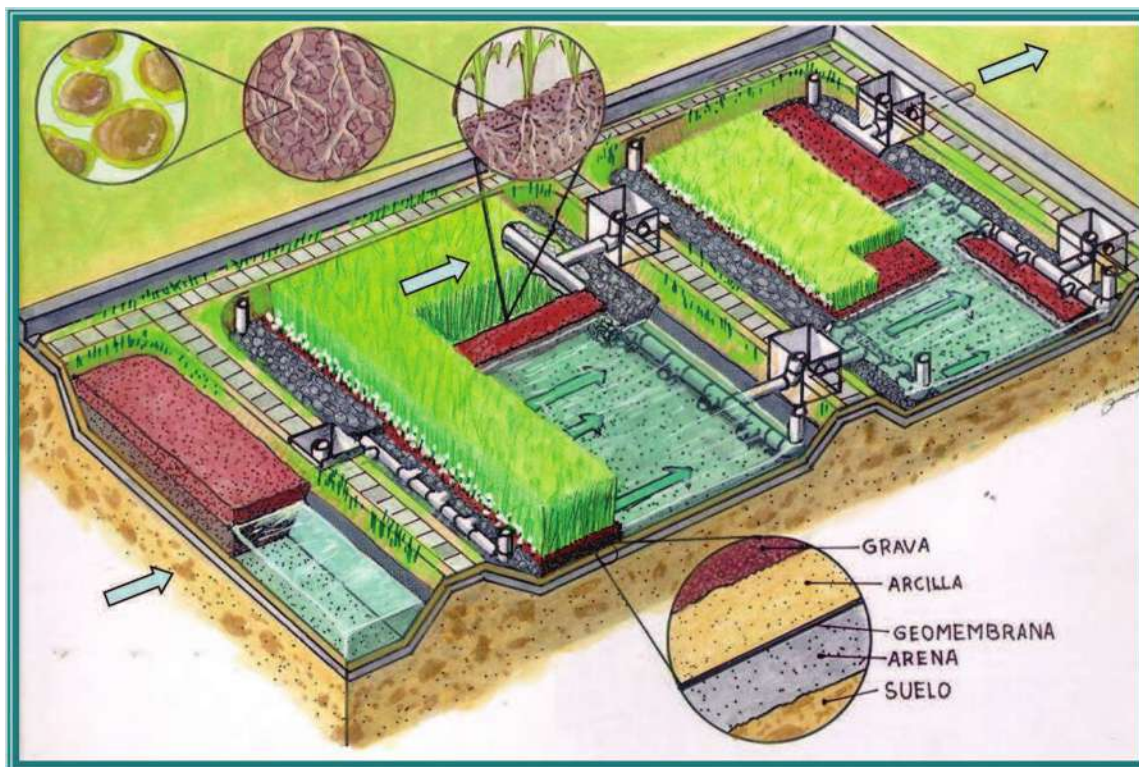


FIG. 6. 16 Estructura de salida con tubo giratorio, y tubo colector perforado.

En la **figura (6.17)** se muestra el arreglo funcional típico de un lecho de hidrófitas de flujo subterráneo, se pretende que el flujo sea lo más uniforme posible con el fin de conseguir una mejor calidad del efluente.



Fuente: Ruiz, 2011.

FIG. 6. 17 Arreglo funcional típico de lecho de hidrófitas de flujo subterráneo.

6.7.5.2. Localización.

Los lechos de hidrófitas de flujo subterráneo pueden construirse cerca de las casas debido a que no presentan problemas de olor ni de mosquitos. Se debe tener cuidado de no construirlo cerca de lugares sombreados para que las plantas tengan un mejor desarrollo, así también no pueden estar cerca de árboles como sauce, debido a que pueden traer semillas en ellos y dañar el fondo de los lechos. Y por otro lado, los lechos deben protegerse contra animales que puedan afectar la funcionalidad del sistema,

6.7.6. Operación y mantenimiento.

Los lechos de hidrófitas artificiales tienen mayor flexibilidad operacional que otros sistemas naturales. Una buena operación resulta una mayor asimilación, mejor desempeño y una larga vida del sistema. Las actividades cívicas de operación y mantenimiento son:

6.7.6.1. Sembrado.

En los sistemas de flujo subterráneo que dependen de altas conductividades hidráulicas en el sustrato, requieren un manejo especial para evitar compactarlo durante la construcción o el trasplante de vegetación, para ello se debe lavar la grava antes de colocarlo. La piedra caliza no se recomienda debido que fácilmente se compacta.

Posteriormente se agrega el agua residual y se comienza aumentar gradualmente su concentración hasta que solamente fluye agua residual por el lecho. Una vez que el sistema sea completamente funcional, la vegetación debe monitorearse frecuentemente, si se encuentran plantas muertas se deben replantar más de la misma vegetación ya que esté establecida en el lecho, o bien, la concentración del agua residual debe reducirse si este problema se presenta frecuentemente.

Se recomienda usar semillas, debido a que cubren más rápido el lecho de manera uniforme, sin embargo, requiere de mayores cuidados para su desarrollo. Se deben plantear cuatro semillas por metro cuadrado.

Por otro lado, los sustratos arenosos y del subsuelo carecen de nutrientes y requieren fertilizantes, no obstante, los suelos arenosos mantienen bien las plantas y evitan el crecimiento de tierras. Plantar en el suelo arenoso es eficiente y barato debido a que tienen la textura ideal para plantar a mano. Por otro lado, la arena o grava se secan rápido y pueden requerir irrigación si los niveles de agua se mantienen al nivel de las raíces de las plantas.

Si se usa grava o arena como medio, es necesario mantener una capa de 10 cm de abono en la superficie por lo menos al inicio del sistema, después las plantas obtienen los nutrientes necesarios del agua residual.

Como principio ecológico, las concentraciones densas de una sola especie son muy susceptibles a la transmisión de enfermedades. Y, en general, el mantenimiento de la estabilidad en una comunidad ocurre cuando está constituido por varias especies.

Las comunidades mixtas de varias especies de plantas acuáticas pueden mostrar mayor capacidad de filtración y mayor estabilidad. Se recomienda sembrar dos plantas por Metro cuadrado con un ángulo de 45° cualquiera que sea la época de sembrado, es esencial que el sustrato se mantenga húmedo, sin embargo, se recomienda que se eviten épocas muy frías, por lo que el sembrado puede realizarse de primavera verano. Es importante hacer que las raíces crezcan hacia el fondo del hecho bajando un poco a poco el nivel de agua durante algunas semanas.

6.7.6.2. Limpieza del sistema.

El mantenimiento de los lechos de flujo subterráneo incluye una remoción periódica y edición de nuevas grava y biomasa. Con el tiempo la acumulación de sólidos reduce la permeabilidad de la grava y la efectividad de la biomasa decrece.

El lodo y paja se acumulan un índice entre 1.5-2.5 cm-año⁻¹. Éste material reduce la eficiencia del sistema y por lo tanto se requiere su remoción. Al acumularse causa variaciones en la hidrología de los lechos y reducen el crecimiento de las plantas. Si la eficiencia del sistema decrece, se requiere re cultivar el lecho o hacer fluir agua limpia para remover los contaminantes acumulados.

Se puede presentar en el problema de hierbas que retardo en el crecimiento de las plantas, para ello se ha probado que el método más efectivo para combatirlas es inundar el lecho, por lo que se recomienda una estructura de salida que permite que el nivel del agua se eleve hasta 20 cm por arriba de la superficie y se baje hasta el fondo del hecho. Por otro lado las plantas crecen en grava y arena por lo que si las hierbas llegaran a desarrollarse en este medio son fáciles de retirar debido a que sus raíces son menos seguras en arena que en el suelo.

6.7.6.3. Manejo del nivel del agua.

En los lechos de hidrófitas el control de los niveles de agua influenciará sobre la supervivencia de la planta. Por eso uno de los aspectos más críticos para el buen funcionamiento del sistema sobre todo durante el primer año después del trasplante. Un error común es asumir que debido a que la planta soporta la humedad, puede tolerar un elevado nivel de agua.

Frecuentemente, un exceso de agua crea más problemas para las plantas durante su primera estación de crecimiento debido que las plantas no reciben la cantidad de oxígeno necesaria en sus raíces.

Las plantas emergentes deben plantearse en un sustrato húmedo pero no inundado. Para un mejor desarrollo de estas, El sustrato para tallos pequeños de 2 a 5 cm debe estar solamente saturado, no inundado, y al ir creciendo se puede ir incrementando el nivel de agua proporcionalmente.

Para medios muy permeables con alta conductividad hidráulica cómo graba, se recomienda que el nivel normal de agua se mantenga de 2 a 5 cm por debajo de la superficie del lecho.

6.7.6.4. Cloración.

La cloración como medio eficiente para eliminar patógenos que puedan enfermar a los seres vivos es importante, además de que es muy común el uso de cloro para desinfectar, sin embargo, cuando se utilizan en comunidades rurales en los que no son costeables los métodos de desinfección se buscan otros medios de eliminación de patógenos, como es el caso, en los lechos de hidrófitas ocurre una eliminación parcial, no total de dichos patógenos, sin embargo el tratamiento primario elimina de manera anaerobia un porcentaje de estos, el medio ambiente en los lechos de hidrófitas es adverso a la mayoría de los patógenos entéricos, las bacterias, virus y parásitos son reducidas en los lechos de hidrófitas de flujo subterráneo. Los mecanismos de remoción aún no están bien documentados. En México, Rivera, 1995, han realizado estudios por investigar las eficiencias de remoción de diferentes microorganismos patógenos, utilizando diferentes tipos de plantas y sustratos así también las condiciones climatológicas diferentes.(Paquetes tecnológicos,2015)

Para el caso, no requerirá desinfección química evitando así la formación de Trihalometanos, el lecho de hidrófitas elimina los huevos de helmintos, evitando también infecciones por este tipo de contaminantes. (Presentación Ruiz, 2011)

6.7.6.5. Tratamiento de lodos.

Los lodos acumulados en el tanque séptico deben extraerse periódicamente por el registro de limpieza ubicado en la cubierta del tanque, de lo contrario, se disminuye el volumen originado trastornos como la disminución del tiempo de retención y, por tanto, aumentando en la velocidad de flujo.

El tratamiento de los lodos será tratado según la normativa correspondiente, la nom-004 para tratamiento de lodos, en la cual se recomiendan distintos procesos de tratamiento de lodos, en el anexo I sobre las opciones para la reducción de vectores, en la opción 6 de reducción en la humedad de biosólidos que no contienen sólidos sin estabilizar, en la que se considera que la tracción de vectores se reduce si los biosólidos no contienen sólidos sin estabilizar generados durante el tratamiento primario y su contenido de sólidos es por lo menos del 75% antes de ser mezclados con otros materiales. Por consiguiente, la reducción debe lograrse removiendo agua y no mediante adición de materiales inertes. Es importante que los biosólidos no contengan sólidos sin estabilizar porque los desechos de comida parcialmente degradados que seguramente existen en tales biosólidos atraerán pájaros, algunos mamíferos y posiblemente insectos aun si el contenido de sólidos es mayor del 75%. (NOM-004-SEMARNAT-2002)

Por tanto, se tendrá que destinar una pequeña área para el secado del lodo extraído del tanque séptico y a su vez de la pequeña cantidad que se acumula en el lecho de hidrófitas, reduciendo así su humedad para finalmente incorporar los biosólidos al suelo, dentro de las 6 horas posteriores a su aplicación sobre el terreno, la incorporación se consigue arando o mediante algún otro método que mezcle los biosólidos con el suelo. %. (NOM-004-SEMARNAT-2002)

6.7.7. Solución a las viviendas que no se interconectan al sistema de alcantarillado.

El presente capítulo incluye, de manera breve, los problemas relativos a toda clase de desechos, al mismo tiempo que expone recomendaciones y soluciones para los problemas más comunes sobre funcionamiento, alejamiento, disposición y tratamiento de desechos para orientar la aplicación y construcción de obras sanitarias para este propósito. En general, la construcción de una obra sanitaria relacionada con los desechos exige el estudio y la asesoría de un ingeniero especializado, y a que no es suficiente el simple alejamiento y disposición de los desechos, sea por pre colocación o por dispersión, sino que resulta indispensable el adecuado tratamiento para lograr, por medio de una serie de procesos, residuos carentes de peligro que permitan su incorporación inocua a la tierra o a las corrientes de agua.

6.7.7.1. Fosa séptica

Los elementos que integra la fosa séptica propuesta se muestran en la **figura (6.18)** e incluyen:

A.-Trampas para grasa. Se colocarán cuando se reciban desechos de cocinas colectivas, garajes y locales de elaboración de alimentos.

B.-Tanque séptico. Elemento donde se desarrollan los procesos de sedimentación y séptico;

C.-Caja distribuidora, para m e j o r funcionamiento del campo de oxidación.

D.-Campo de oxidación. Debe existir siempre que las condiciones locales lo permitan.

E.-Pozo de absorción. Será necesario en determinados casos, en substitución de D.

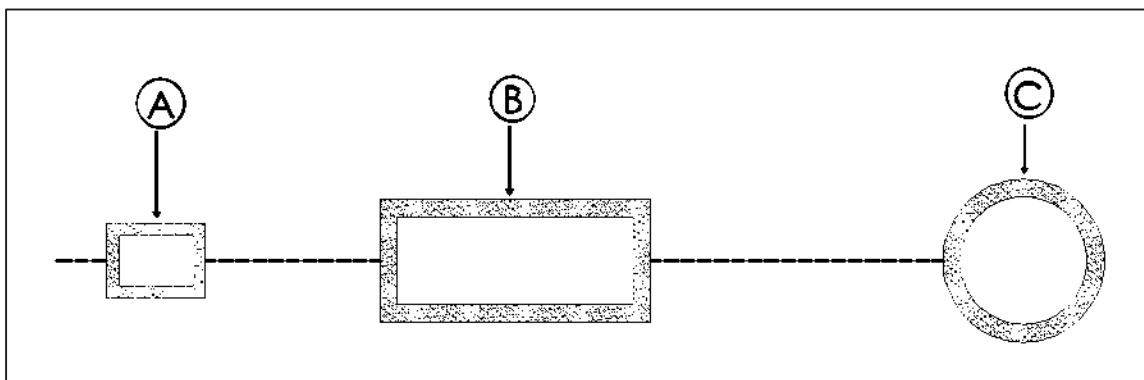


FIG. 6. 18 Elementos que componen el arreglo de fosa séptica con pozo de absorción.

6.7.7.2. Localización

Se hará de acuerdo con la topografía general del terreno

El tanque séptico se localizará a una distancia horizontal mínima de 3 mts de la 1 vivienda.

El campo de oxidación se localizará a una distancia horizontal mínima de 15 mts. De cualquier fuente de abastecimiento de agua.

El fondo del campo de Oxidación estará a una distancia vertical mínima de 1.50 mts.

6.7.7.3. Elección

- Para zonas rurales y suburbanas con abastecimiento de agua intra-domiciliario, carente de alcantarillado y con terreno suficiente para el campo de oxidación.
- Adecuado para vivienda individual y pequeños grupos de viviendas.
- De capacidad y forma adecuadas según las necesidades.

6.7.7.4. Datos de diseño:

1.-Gasto que puede recibir de aguas negras:

- a) Para vivienda o grupo de viviendas, incluyendo espacio para lodos 150 lts./persona/día.
- b) Para escuelas sin internado, incluyendo espacio para lodos 50 lts./persona/día.

2.-Período de retención: de 24 a 48 horas.

3.-Capacidad mínimas: 1,500 lts.

4.-Tirante mínimo del líquido de 1.10 mts.

5.-El largo es de 2 a 5 veces su ancho.

6.-Diferencia de altura entre las tuberías de entrada y salida de 0.05 mts.

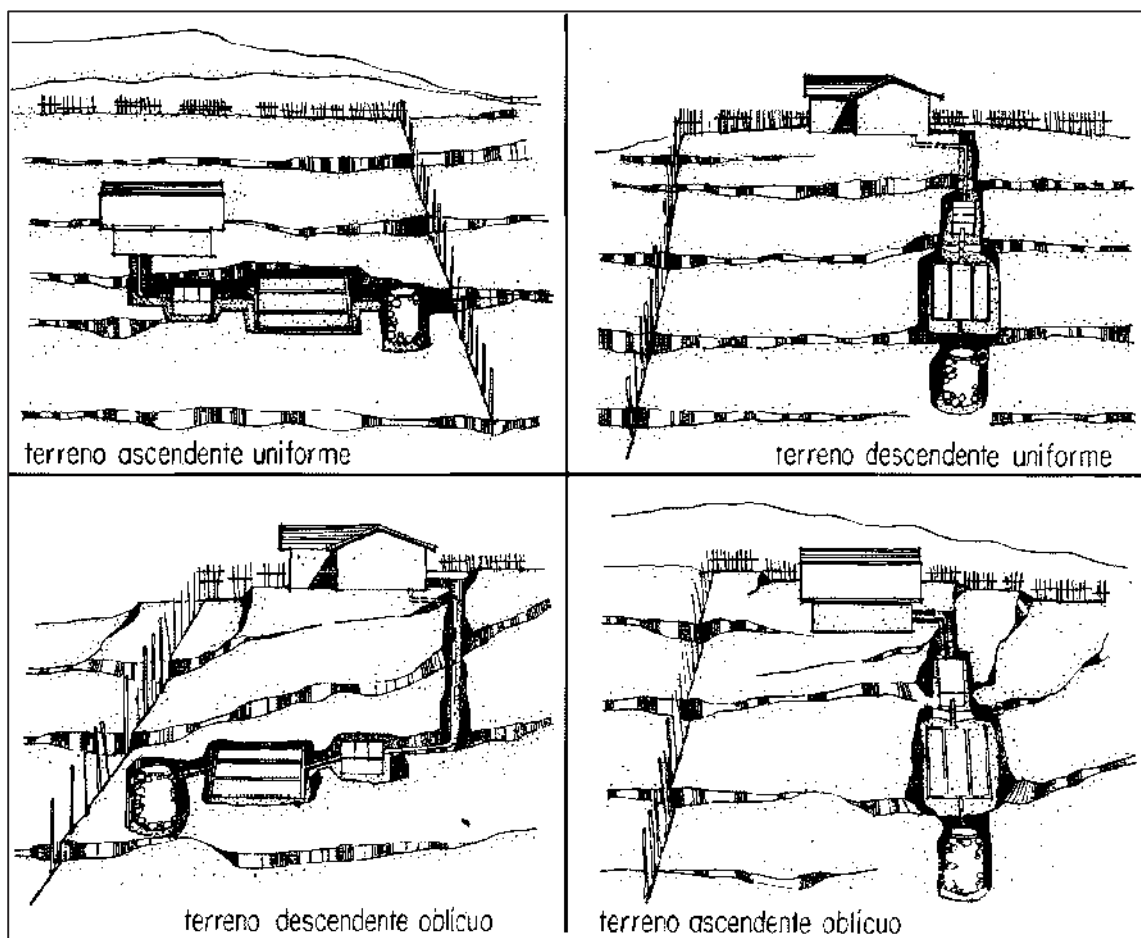
Pozo de absorción.

1.-Se diseñará de acuerdo con la naturaleza del terreno y las pruebas de infiltración.

2.-El fondo deberá estar a una distancia vertical mínima de 1.50 mts. Del manto freático.

6.7.7.5. Localización recomendable según la topografía del terreno

La localización de la fosa séptica debe localizarse recomendablemente a un nivel más bajo que el nivel en que se encuentra construida la vivienda, se busca evitar malos olores generados en las distintas fases de tratamiento, sobre todo cuando se le da mantenimiento a los mismos, la tubería debe seguir la topografía del terreno, además, la fosa séptica y pozo de absorción deben localizarse en un terreno firme y nivelado, evitando fracturas, fisuras o quebramientos en las obras construidas debido a asentamientos de suelo, en la **figura 6.19**, se muestran algunos ejemplos de la localización recomendable de los dispositivos de captación, en la figura aparece un lecho filtrante, sin embargo, para la propuesta de saneamiento, con fines prácticos y de costo, solo se propone un arreglo de fosa séptica, más un lecho filtrante.

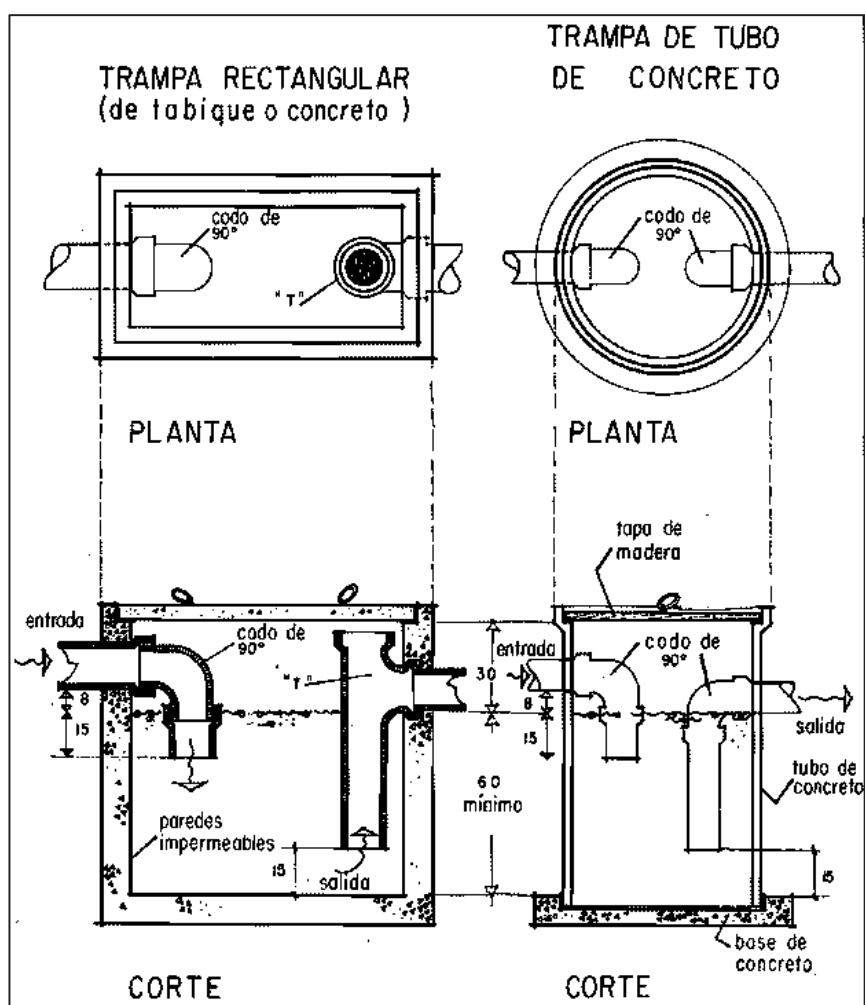


Fuente: Manual de saneamiento, 1971

FIG. 6. 19 Localización recomendable según la topografía del terreno.

Trampas para grasas.

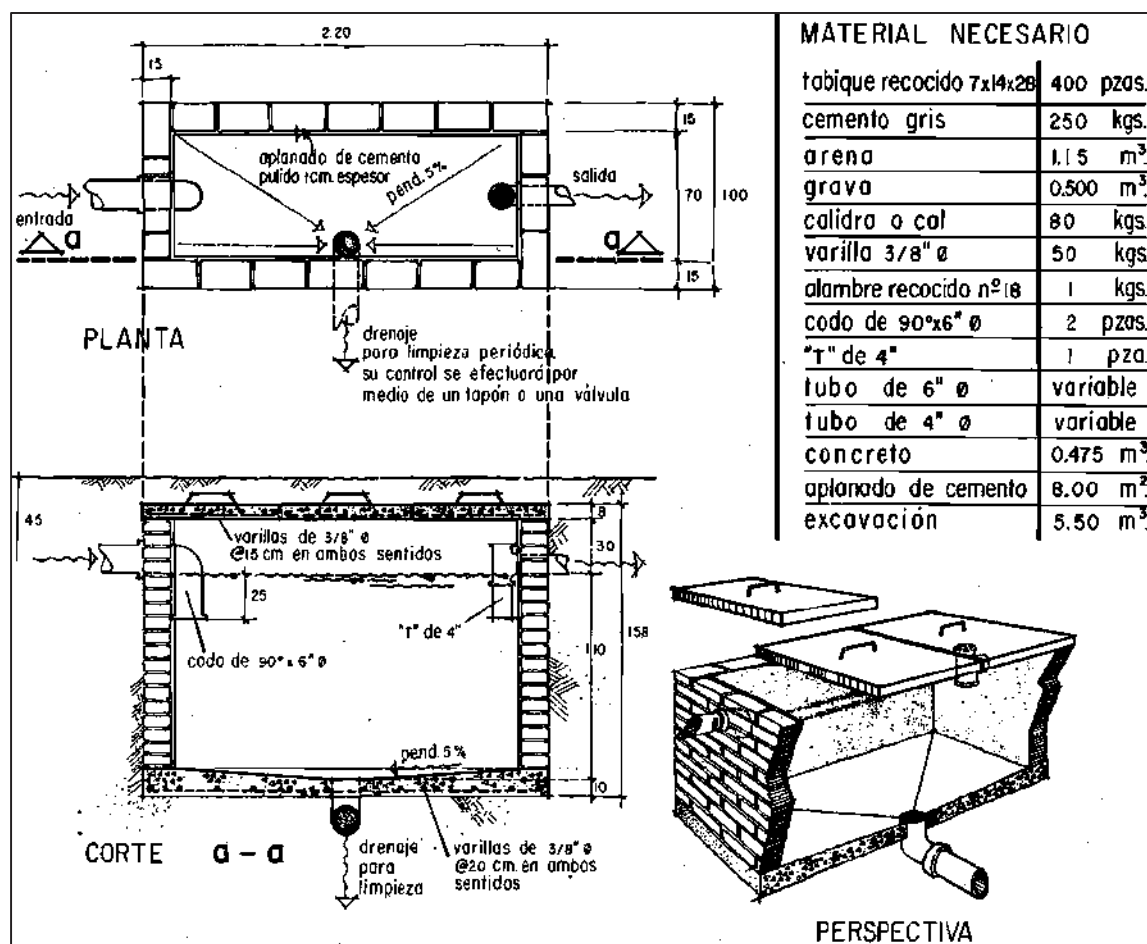
Las trampas para grasa son dispositivos de fácil construcción que deben instalarse cuando se eliminan desechos grasos en gran cantidad. Deben colocarse antes del tanque séptico y contar con tapa para limpiarlos frecuentemente. Es preferible ubicarlos en lugares sombreados para mantener bajas temperaturas en su interior. Para "determinar su capacidad se considerará, en general, el doble de la cantidad de líquidos que entra durante la hora de máximo gasto del influente. En pequeñas instalaciones la capacidad debe ser de 8 litros por persona y nunca menor de 120 litros en total, en la figura 6.20 se muestra la composición gráfica de los elementos que conforman la trampa de grasas y aceites, vista en planta y corte.



Fuente: Manual de saneamiento, 1971

FIG. 6. 20 Trampa para grasa diseño recomendable.

El funcionamiento del tanque séptico se menciona en el capítulo 6.7.2 de esta tesis, para una vivienda convencional se presenta en la figura 6.21 la vista en planta y corte de un tanque séptico con sus elementos y especificaciones.



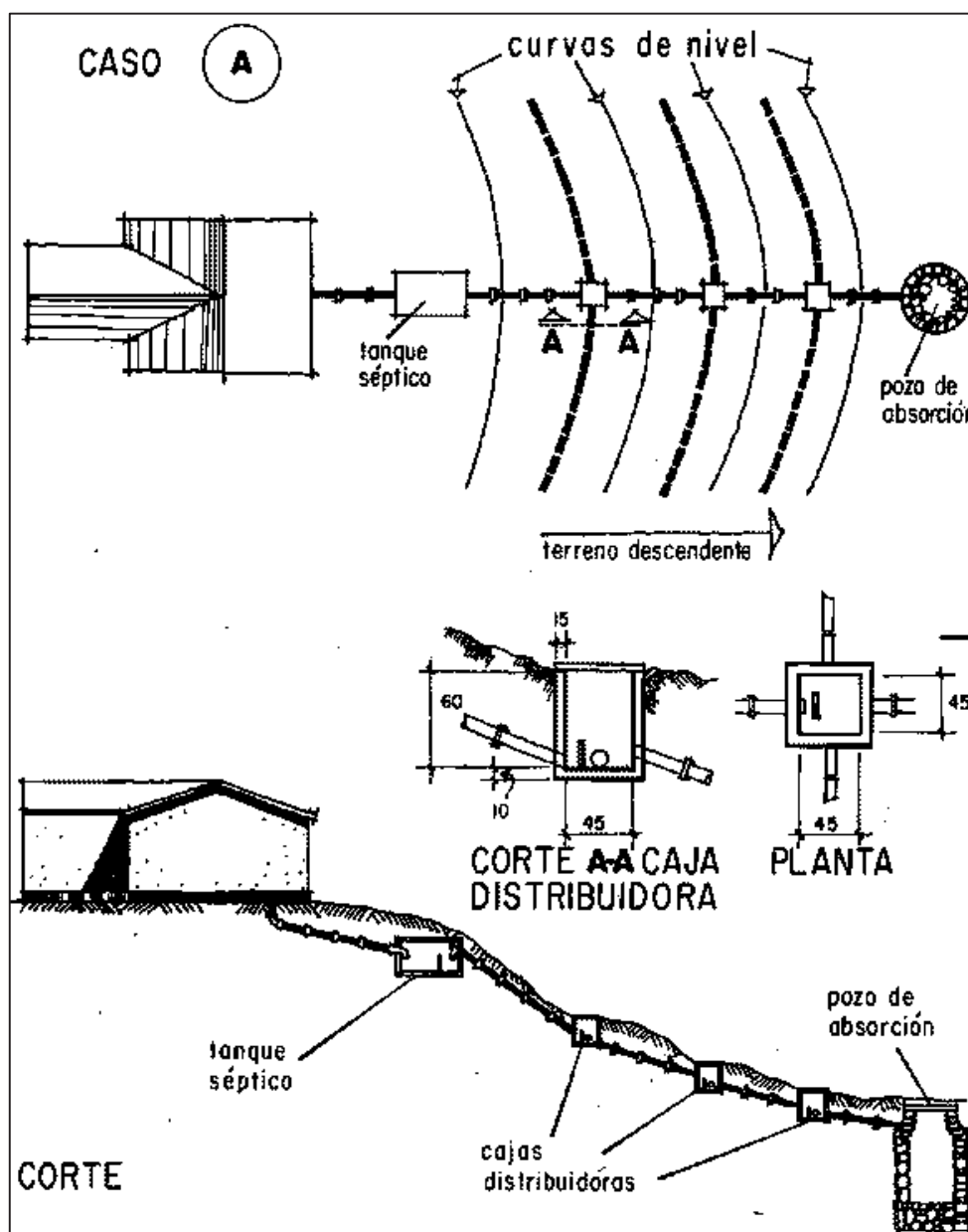
Fuente: Manual de saneamiento, 1971

FIG. 6. 21 Vista en planta y corte de tanque séptico convencional.

Distribución del efluente de tanque séptico

Los tubos que muestran campana tienen juntas herméticas; los otros están separados unos 2 cm, en las **figuras 6.22 y 6.23** se muestra la distribución del efluente del tanque séptico según las curvas de nivel.

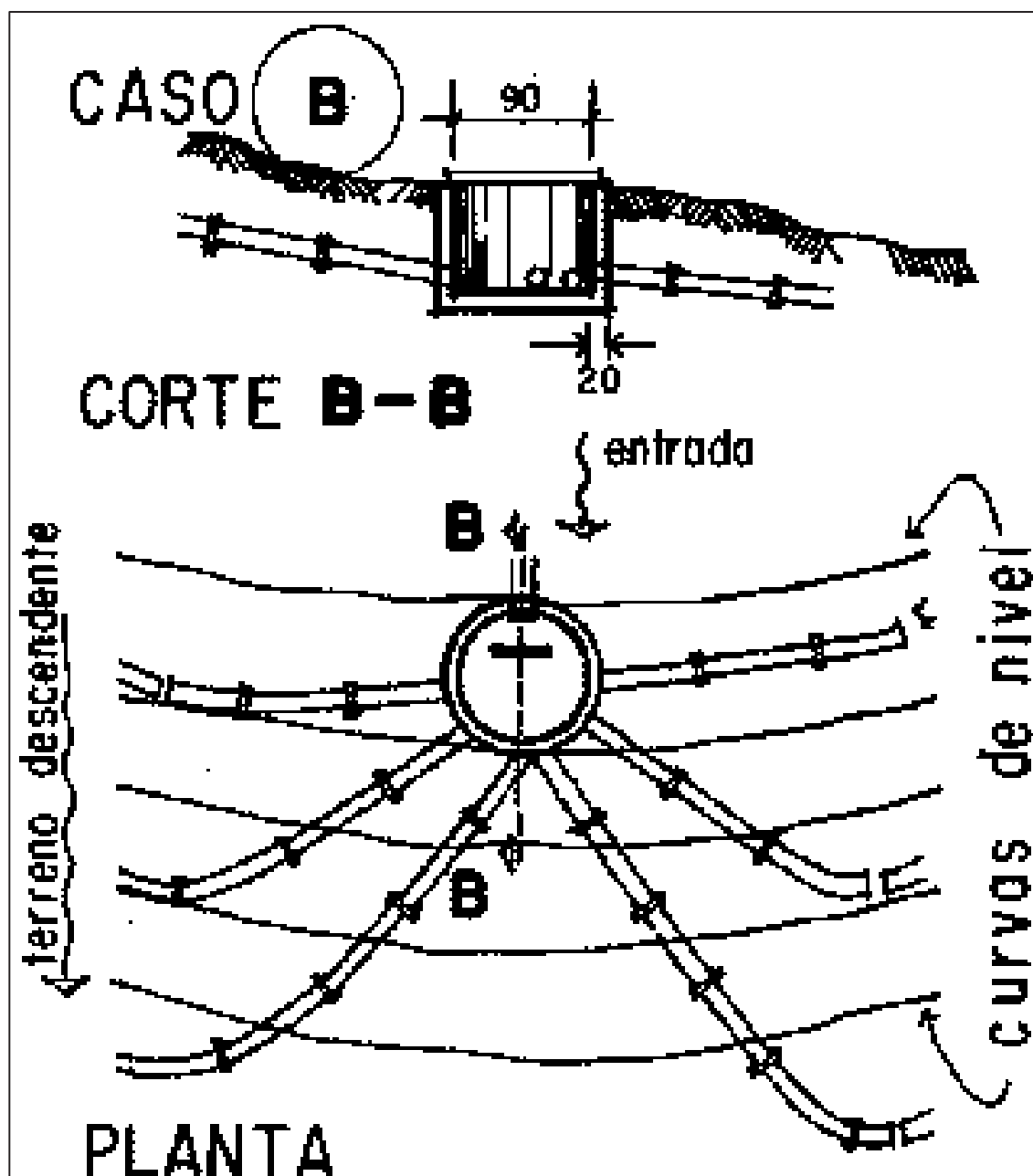
CASO A.-Colocación de varias cajas distribuidoras siguiendo la pendiente del terreno, y con tubos no junteados siguiendo las curvas de nivel.



Fuente: Manual de saneamiento, 1971

FIG. 6. 22 Caso A de cajas de distribución siguiendo la topografía del suelo.

CASO B.-Una caja distribuidora de la que se derivan en forma radial los tubos. Estos llegan con junta hermética hasta. La curva de nivel deseada, a partir de la cual se separan.

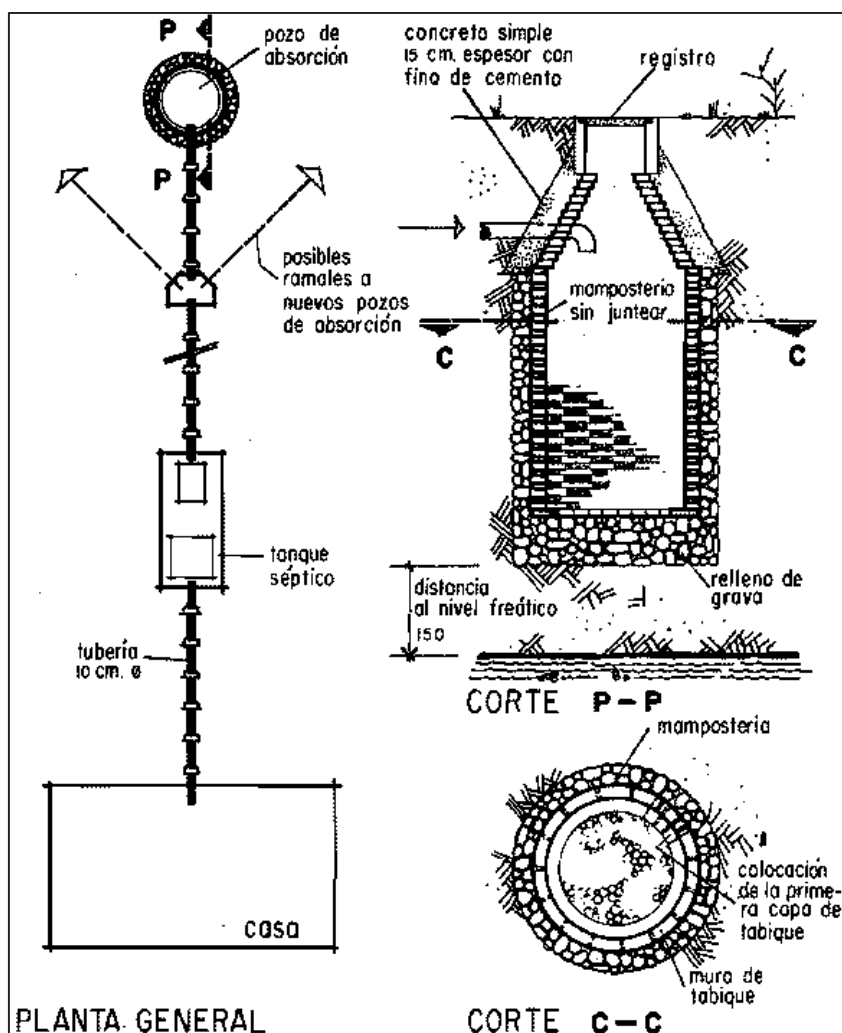


Fuente: Manual de saneamiento, 1971

FIG. 6. 23 Caso B de cajas de distribución siguiendo la topografía del suelo.

Pozos de absorción

Las aguas provenientes de zanjas filtrantes, filtros subterráneos o cámaras de oxidación, operados debidamente, pueden verterse a un curso de agua, pero será conveniente dorarlas como una medida de seguridad. Sin embargo, el medio más recomendable para su oxidación es la tierra y el método adecuado el POZO DE ABSORCION, en donde las aguas se infiltran al subsuelo a través de las paredes y piso permeables, construidos como se indica en la **figura 6.24**. Las dimensiones y número de pozos necesarios dependerán de la permeabilidad del terreno y se diseñarán de acuerdo con la experiencia que se tenga en la región donde se construyan.



Fuente: Manual de saneamiento, 1971

FIG. 6. 24 Arreglo funcional para pozo de absorción.

7. Conclusiones y recomendaciones.

La problemática del saneamiento de las aguas residuales en comunidades pequeñas, aún tiene una alta presencia en México, debido a que es muy escasa la información que se hace llegar a estas, proponer sistemas de saneamiento para comunidades rurales es indispensable, actualmente se tienen los conocimientos claros sobre los problemas que ocasiona la contaminación del agua, misma que se extiende por todos los cauces naturales por los que fluye esta agua.

Para comunidades rurales es sumamente importante el saneamiento, debido a que los pobladores de estas comunidades muestran mucho interés al explicarles la problemática que es no sanear sus aguas residuales, esto se debe a que por lo general, los pobladores en comunidades rurales toman el recurso natural que es el agua, siendo este el recurso que mantiene vivo su principal medio económico que es la ganadería y la agricultura,

Otro de los problemas generados por el agua residual es la característica de taponear las cuencas, por sus altos contenidos de sólidos muy finos que poco a poco van formando capas impermeables que dificultan la infiltración del agua a los suelos, haciendo más difícil la extracción del agua.

Es por lo anterior que la propuesta de sistemas que saneen el agua, retirando así los contaminantes en su mayor forma posible, mitigan este daño ecológico.

Las propuestas con métodos ya existentes que fueron previamente estudiados y diseñados, no requieren de una ingeniería tan especializada que dificulte la factibilidad de los proyectos, incluso, estos proyectos se ajustan muy bien a comunidades en las que se tiene fácil acceso de información, debido a que no son proyectos que generen un alto costo que limite la construcción de los mismos, hacer llegar la información sobre las ventajas de contar con sistemas de saneamiento y crear conciencia sobre los contaminantes que se producen en ellos es el factor más importante, además de hacer el efectivo uso de los manuales que las distintas secretarías encargadas de las regulaciones y las normativas para cuidar el medio ambiente.

El tren de tratamiento diseñado es adecuado, se tomaron en cuenta las particularidades con las que cuenta la zona de estudio, tanto de población, como la ubicación de las viviendas, proponiendo así, el paquete tecnológico más adecuado, tanto para las viviendas conectadas al sistema de drenaje, como para las que no se encuentran conectadas a este servicio.

Se analizaron las alternativas de saneamiento, y se propuso un sistema que busca optimizar dichas alternativas, en el análisis se realizaron las adecuaciones necesarias para cumplir con los parámetros y especificaciones tanto de las normas, como de las especificaciones de la Comisión Nacional del Agua.

A las viviendas que no se encuentran conectadas al sistema de drenaje se les propuso un sistema de fosa séptica para el tratamiento de sus aguas residuales con el fin de disminuir los contaminantes que se producen en el uso doméstico de agua, seguido respectivamente de un pozo de absorción que facilita la infiltración del agua en el suelo, con el fin de evacuar el agua en el suelo, de manera uniforme y con un índice más bajo de contaminantes al suelo.

8. Bibliografía

- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diciembre de 2009 www.coangua.gob.mx Alcantarillado Sanitario.
- Libro N° 37 "Paquetes Tecnológicos Para el Tratamiento de Excretas y Aguas Residuales En Comunidades Rurales.
- Manual De Saneamiento, Agua, Vivienda y Desechos de la Dirección de Ingeniería Sanitaria, dependiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia
- Apuntes de la materia de plantas de tratamiento de aguas, M. en C., Ing. Ricardo Ruiz Chávez.
- Sistema de humedales artificiales para el control de la eutroficación del lago del bosque de san juan, de Aragón Víctor Manuel luna-pabello¹ y Sergio aburto-castañeda², universidad nacional autónoma de México
- Metcalf & Eddy, inc. "Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización", tercera edición, ed. McGraw-Hill
- NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas nacionales, secretaria de medio ambiente y recursos naturales, Secretaria De Medio Ambiente Y Recursos Naturales, 2003.
- NOM-002-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, Secretaria De Medio Ambiente Y Recursos Naturales, 1998
- NOM-003-SEMARNAT-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, secretaria de medio ambiente, recursos naturales y pesca, Secretaria De Medio Ambiente Y Recursos Naturales, 1998.
- NOM-004-SEMARNAT-2002, Lodos y biosólidos.-especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su

aprovechamiento y disposición final, Secretaría De Medio Ambiente Y Recursos Naturales, 2003.

FUENTES ELECTRÓNICAS

- Love travel , 2015, historia de Umécuaro, tenencia perteneciente a Morelia
<http://venamorelia.com.mx/santiago-undameo/>
- Umbrisoles (WRB) Publicado por Juan José Ibáñez y Francisco Javier Manríquez Cosío el 9 enero, 2013
<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2013/01/09/142763>
- Guía para la interpretación de cartografía edafología
<http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/edafiii.pdf>
- Diccionario de datos edafológicos, marzo 2009
http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/edafologia/doc/dd_edafologicos_v2_250k.pdf
- Secretaría De Comercio y Fomento Industrial, Norma Mexicana NMX-AA-003-1980, aguas residuales. muestreo, DR. Román Serra Castaños, 1980.
<http://www.conagua.gob.mx/conagua07/noticias/nmx-aa-003-1980.pdf>
- INEGI, sistemas, mapa espacio y datos, 2015.
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/espacioydatos/default.aspx?l=160530166>
- Variaciones de consumo, Pedro Rodríguez Ruiz, 2015
<http://civilgeeks.com/2010/10/07/variacion-de-consumo-sistema-de-agua-potable/>
- Biotecnología, Ashley Sarmiento, 2014
http://ingerienaquimica.blogspot.mx/2014_10_01_archive.html

ANEXO 1

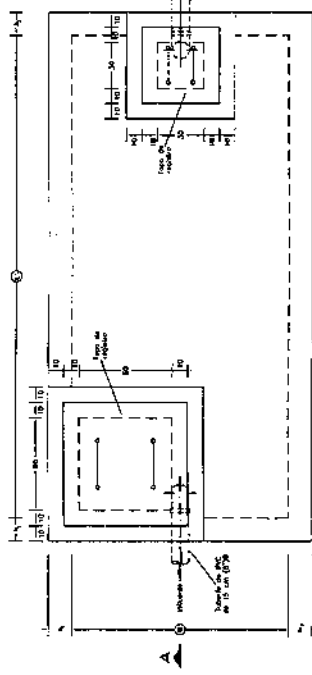
En este anexo se presentan los catálogos de conceptos, con los precios no actualizados, debido a que esta tesis es un estudio a nivel de anteproyecto, es necesario hacer las adecuaciones necesarias, también se incluyen planos de tanque séptico y pozo de absorción (funcional), tanque séptico y pozo de absorción (detalles de interconexión y tanque séptico y pozo de absorción (estructural)).

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

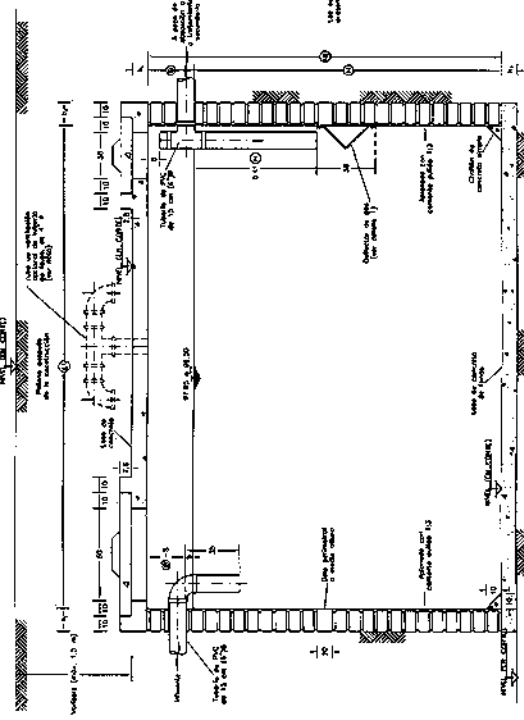
CATALOGO DE CONCEPTOS DE OBRA

TANQUE SEPTICO

CLAVE	CONCEPTO	CANTIDAD	IMPORTE
		HABITANTES	HABITANTES
		80-100	80-100
0136 0A	SUMINISTRO E INSTALACION DE PLACA DE ALUMINIO DE 6.3 MM (1/4") DE ESPESOR Y DIMENSIONES DE 50 x 15 CM, PARA DEFLECTOR DE GAS. INCLUYE TODOS LOS MATERIALES PARA SU COLOCACION.	1.00	35.00
0840 00	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA, PIEZAS ESPECIALES Y VALVULAS DE PVC...		
0840 0A	TUBERIA DE PVC DE...		
0840 0AJ	150 MM (6")Ø.	2.00	20.90
0840 0B	TEE DE PVC DE...		
0840 0BV	150 X 150 MM (6 X 6")Ø.	1.00	119.00
0840 0E	CODO DE PVC DE 90° DE...		
0840 0EJ	150 MM (6")Ø.	1.00	79.00
1005 01	LIMPIEZA Y TRAZO EN EL AREA DE TRABAJO.	23.25	-
1060 00	EXCAVACION A MANO P/DESPLANTE DE ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN, EN SECO...		
1060 04	HASTA 4.00 M DE PROFUNDIDAD.	50.00	-
4020 00	MUROS DE TABIQUE ROJO RECOCIDO, HASTA 6.00 M DE ALTURA, JUNTEADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:5...		
4020 01	DE 14 cm DE ESPESOR.	-	-
4020 03	DE 28 cm DE ESPESOR.	-	-
4030 00	FABRICACION Y COLADO DE CONCRETO, VIBRADO Y CURADO...		
4030 01	DE $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ PARA PLANTILLA.	0.70	78.93
4030 05	DE $f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$.	11.90	1,917.03
4080 08	CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES.	125.00	625.00
4090 01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO DE $F'Y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$.	1,400.00	5,306.00
4090 04	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO DE $F'Y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$.	-	-
4100 00	APLANADOS Y EMBOQUILLADOS, CON TODOS LOS MATERIALES Y MANO DE OBRA...		
4100 02	APLANADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:3 DE 1.5 cm DE ESPESOR.	-	-
4130 04	CHAFLAN DE CONCRETO ACABADO Y PULIDO DE 10 x 10 cm.	15.00	66.39
4140 01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL.	63.30	146.66
9000 00	ACARREO 1er. KM DE MATERIALES PETREOS, ARENA, GRAVA, MAT. PROD. DE EXC. EN CAMION VOLTEO, DESCARGA A VOLTEO, EN CAMINO...		
9000 01	PLANO REVESTIDO Y LOMERIO SUAVE PAVIMENTADO.	50.00	66.92
TOTAL \$			8,426.05



PLANTA

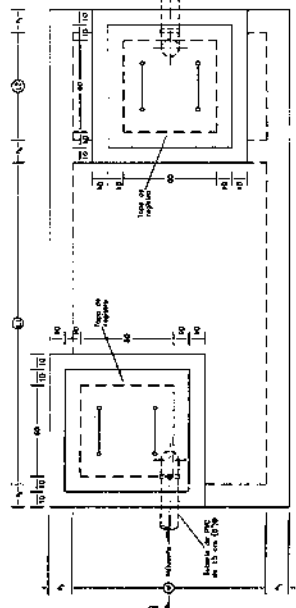


CORTE A-A
TANQUE SÉPTICO DE UNA CÁMARA
ESC. 1:15

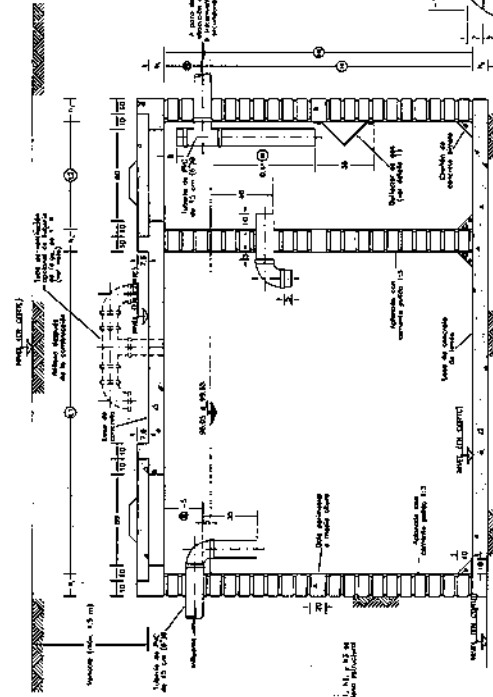
NOTAS SOBRE TANQUES SÉPTICOS:

- La profundidad a la que se deben instalar los tanques sépticos depende de las condiciones de terreno y de la zona.
- El material de construcción debe ser resistente a la corrosión y a la presión.
- La capacidad de los tanques sépticos debe ser suficiente para almacenar el volumen de agua que se trata.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra heladas.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra incendios.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra explosiones.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra contaminación.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra ruido.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra vibraciones.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra golpes.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra rayos.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra plagas.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra animales.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra plantas.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra hongos.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra bacterias.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra virus.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra parásitos.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra toxinas.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra drogas.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra metales pesados.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra nutrientes.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra olores.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra ruidos.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra vibraciones.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra golpes.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra rayos.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra plagas.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra animales.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra plantas.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra hongos.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra bacterias.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra virus.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra parásitos.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra toxinas.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra drogas.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra metales pesados.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra nutrientes.
- Los tanques sépticos deben estar protegidos contra olores.

COORDINACIÓN DE TRATAMIENTO Y CAUDAL DEL AGUA
SUBORDINACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



PLANTA



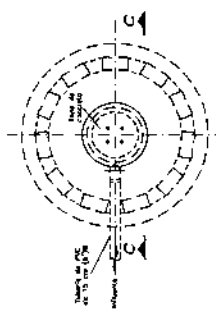
CORTE B-B
TANQUE SÉPTICO DE DOS CÁMARAS
CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS DE ABSORCIÓN
ESC. 1:15

Características de los pozos de absorción

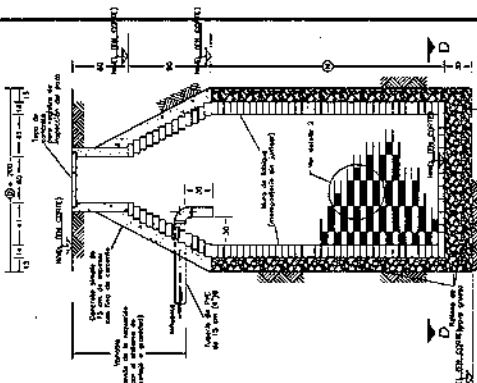
Profundidad (m)	Diámetro (cm)	Longitud (m)	Superficie (m²)	Volumen (m³)
1.5	15	10	0.18	0.27
2.0	20	15	0.31	0.62
2.5	25	20	0.49	1.23
3.0	30	25	0.71	2.14
3.5	35	30	0.96	3.36
4.0	40	35	1.26	5.04
4.5	45	40	1.59	7.16
5.0	50	45	1.96	9.80
5.5	55	50	2.36	12.99
6.0	60	55	2.80	16.80
6.5	65	60	3.27	21.42
7.0	70	65	3.77	26.79
7.5	75	70	4.30	32.33
8.0	80	75	4.86	38.88
8.5	85	80	5.45	46.20
9.0	90	85	6.07	54.60
9.5	95	90	6.73	64.05
10.0	100	95	7.42	74.60

NOTAS SOBRE POZOS DE ABSORCIÓN:

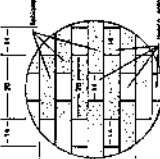
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra heladas.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra incendios.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra explosiones.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra contaminación.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra ruido.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra vibraciones.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra golpes.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra rayos.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra plagas.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra animales.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra plantas.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra hongos.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra bacterias.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra virus.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra parásitos.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra toxinas.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra drogas.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra metales pesados.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra nutrientes.
- Los pozos de absorción deben estar protegidos contra olores.



PLANTA



CORTE C-C
POZO DE ABSORCIÓN
CONSTRUCCIÓN DE MURO
DETALLE 2
ESC. 1:25



COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
SUBORDINACIÓN GENERAL DE INGENIERÍA
HIDRÁULICA, URBANA E INDUSTRIAL
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

TANQUE SÉPTICO Y POZO DE ABSORCIÓN - FUNCIONAL -

PROYECTO: ...
FECHA: ...
AUTOR: ...

REVISADO: ...
APROBADO: ...
FECHA: ...

CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES SÉPTICOS

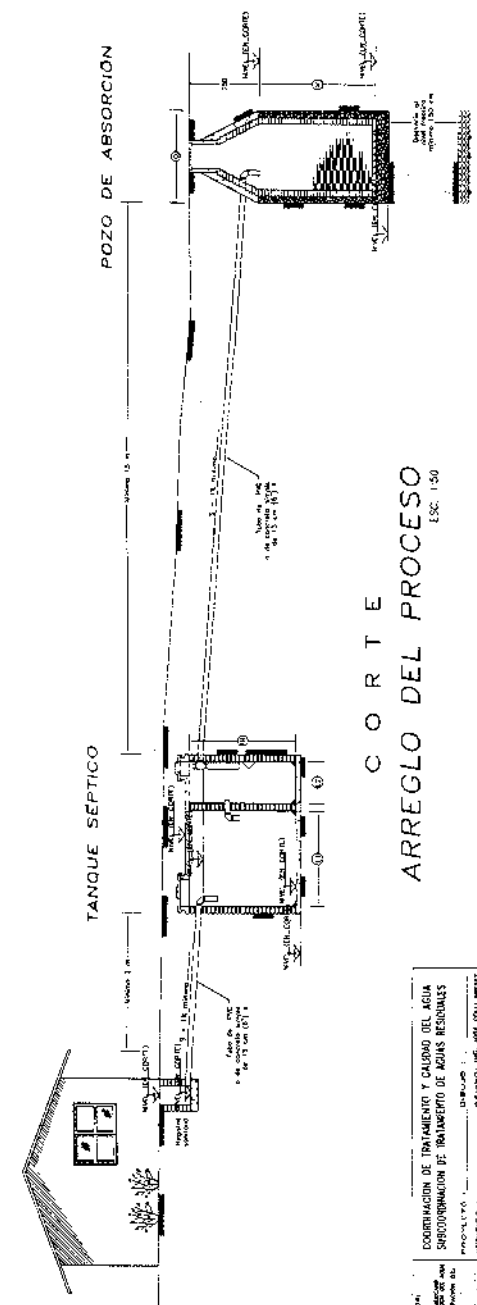
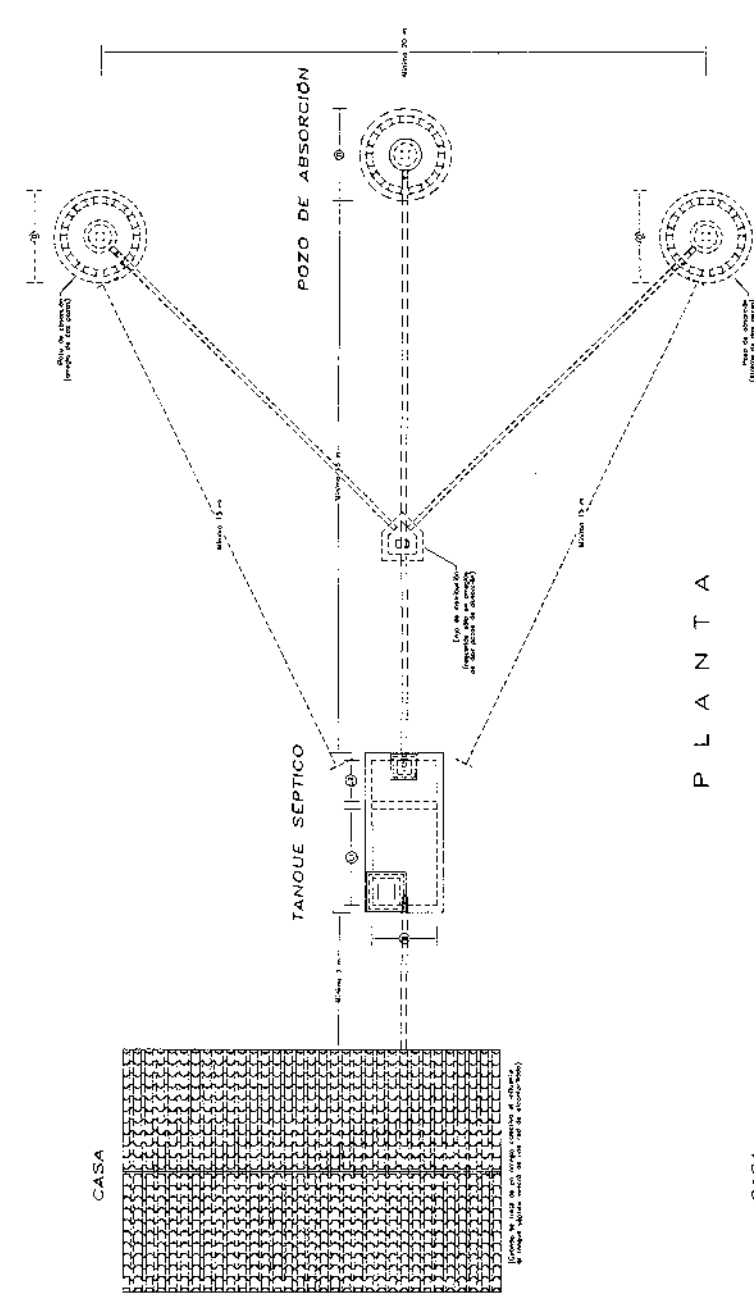
Capacidad (m³)	W	L	H
10	1.50	1.50	1.50
15	2.00	2.00	2.00
20	2.50	2.50	2.50
30	3.50	3.50	3.50
40	4.50	4.50	4.50
50	5.50	5.50	5.50
60	6.50	6.50	6.50
70	7.50	7.50	7.50
80	8.50	8.50	8.50
90	9.50	9.50	9.50
100	10.50	10.50	10.50

CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS DE ABSORCIÓN

Capacidad (m³)	W	L	H
10	1.50	1.50	1.50
15	2.00	2.00	2.00
20	2.50	2.50	2.50
30	3.50	3.50	3.50
40	4.50	4.50	4.50
50	5.50	5.50	5.50
60	6.50	6.50	6.50
70	7.50	7.50	7.50
80	8.50	8.50	8.50
90	9.50	9.50	9.50
100	10.50	10.50	10.50

Notas:

- El tanque séptico de capacidad 10 m³, deberá tener un volumen de 15 m³.
- El pozo de absorción de capacidad 10 m³, deberá tener un volumen de 15 m³.
- El tanque séptico de capacidad 15 m³, deberá tener un volumen de 20 m³.
- El pozo de absorción de capacidad 15 m³, deberá tener un volumen de 20 m³.
- El tanque séptico de capacidad 20 m³, deberá tener un volumen de 25 m³.
- El pozo de absorción de capacidad 20 m³, deberá tener un volumen de 25 m³.
- El tanque séptico de capacidad 30 m³, deberá tener un volumen de 35 m³.
- El pozo de absorción de capacidad 30 m³, deberá tener un volumen de 35 m³.
- El tanque séptico de capacidad 40 m³, deberá tener un volumen de 45 m³.
- El pozo de absorción de capacidad 40 m³, deberá tener un volumen de 45 m³.
- El tanque séptico de capacidad 50 m³, deberá tener un volumen de 55 m³.
- El pozo de absorción de capacidad 50 m³, deberá tener un volumen de 55 m³.
- El tanque séptico de capacidad 60 m³, deberá tener un volumen de 65 m³.
- El pozo de absorción de capacidad 60 m³, deberá tener un volumen de 65 m³.
- El tanque séptico de capacidad 70 m³, deberá tener un volumen de 75 m³.
- El pozo de absorción de capacidad 70 m³, deberá tener un volumen de 75 m³.
- El tanque séptico de capacidad 80 m³, deberá tener un volumen de 85 m³.
- El pozo de absorción de capacidad 80 m³, deberá tener un volumen de 85 m³.
- El tanque séptico de capacidad 90 m³, deberá tener un volumen de 95 m³.
- El pozo de absorción de capacidad 90 m³, deberá tener un volumen de 95 m³.
- El tanque séptico de capacidad 100 m³, deberá tener un volumen de 105 m³.
- El pozo de absorción de capacidad 100 m³, deberá tener un volumen de 105 m³.



ARREGLO DEL PROCESO

ESC. 1:50

COORDINACIÓN DE TRATAMIENTO Y CAUSAS DEL AGUA
SUBORDINACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PROYECTO: ...
DISEÑO: ...
VERIFICACIÓN: ...

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA
COMISIÓN NACIONAL DE AGUAS
GERENCIA GENERAL DE AGUAS
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

TANQUE SÉPTICO Y POZO DE ABSORCIÓN
- DETALLES DE INTERCONEXIÓN -

PROYECTO: ...
DISEÑO: ...
VERIFICACIÓN: ...

FECHA: 10/05/2017
PÁGINA: 10-10-0

[illegible]

ANEXO 2

En este anexo se presentan los catálogos de concepto, con los precios no actualizados, debido a que esta tesis es un estudio a nivel de anteproyecto, es necesario hacer las adecuaciones necesarias, también se incluyen planos de lechos de hidrófitas (funcional), lechos de hidrófitas (estructural) y tanque séptico-lecho de hidrófitas (arreglo funcional).

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

CATALOGO DE CONCEPTOS DE OBRA

TODO BORDO

		CANTIDAD		IMPORTE		CANTIDAD		CANTIDAD
CLAVE	CONCEPTO	HABITANTES	HABITANTES	HABITANTES	HABITANTES	HABITANTES	HABITANTES	HABITANTES
		20-30	30-40	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
LECHOS DE HIDROFITAS								
1003 00	DESPLAME DE MATERIAL NO APTO P/CIMENT. Y/O DESPLANTE DE TERRAPLENES Y EN BANCOS DE PRESTAMO...							
1003 02	CON CARGA Y ACARREO A UN KILOMETRO.	32	35	211	228	62	56	77
1008 M2								
	TRAZO Y NIVELACION DEL AREA DE TRABAJO	322	391	0	0	442	486	524
1121 00	TERRAPLENES Y REVESTIMIENTOS...							
1121 02	TERRAPLEN COMPACTADO AL 90% PROCTOR CON MATERIAL DE BANCO, INCLUYE: EXTRACCION, CARGA Y ACARREO 1er KM...	161	163	1,715	1,950	193	201	208
4300 08	ENROCAMIENTO FORMADO CON PIEDRA DE 6 A 10 CM	6	7	493	686	9	11	12
4030 00	FABRICACION Y COLADO DE CONCRETO, VIBRADO Y CURADO...							
4030 01	DE Fc= 100 Kg/cm² PARA PLANTILLA.	6	8	631	868	12	16	21
4030 06	DE Fc= 250 Kg/cm².	11	15	1,806	2,479	24	33	41
0120 00	LIMPIEZA GENERAL...							
0120 12	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA.	322	391	0	0	442	488	524
		TOTAL \$		4,855	6,111	TOTAL \$		TOTAL \$
ESTRUCTURA DE ENTRADA Y SALIDA								
1006 01	LIMPIEZA Y TRAZO EN EL AREA DE TRABAJO.	19	22	0	0	26	29	32
1090 01	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN EN SECO PARA DESPLANTE DE ESTRUCTURAS	14	16	0	0	16	18	19
1131 00	RELLENO EN ZANHAS...							
1131 05	COMPACTADO AL 90% PROCTOR, CON MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION.	9	9	0	0	11	12	13
4080 00	CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES EN...							
4080 06	MUROS HASTA 3.00 M DE ALTURA.	28	28	576	623	32	36	39
4090 01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO DE PY= 4200 Kg/cm².	150	165	589	625	190	210	230
4030 00	FABRICACION Y COLADO DE CONCRETO, VIBRADO Y CURADO...							
4030 01	DE Fc= 100 Kg/cm² PARA PLANTILLA.	0	0	28	34	0	0	0
4030 06	DE Fc= 250 Kg/cm².	9	11	1,462	1,706	13	15	17
4140 01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL.	64	74	114	131	92	107	120
0640 00	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA, PIEZAS ESPECIALES Y VALVULAS DE PVC...							
0640 0A	TUBERIA DE PVC DE...							
0640 0AG	25 MM (1")Ø.	8	10	11	13	13	15	17
0643 00	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA EXTRU-PAK DE...							
0643 06	101.6 MM (4") DE DIAMETRO.	5	5	307	307	5	5	5
0655 01	SUMINISTRO E INSTALACION DE REJILLA FORMADA CON SOLERA DE 1/4"X 3/4". INCLUYE MARCO, CONTRAMARCO Y LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA SU CORRECTA INSTALACION.	2	2	161	162	2	3	3
0120 00	LIMPIEZA GENERAL...							
0120 12	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA.	19	22	0	0	26	29	32
		TOTAL \$		3,250	3,632	TOTAL \$		TOTAL \$
MATERIAL BASE								
4300 05	GRAVA DE 19 MM A 39 MM (3/4" A 1 1/2")Ø	28	39	1,785	2,448	80	82	104
4300 08	GRAVA DE 12.7 MM A 25.4 MM (1/2" A 1")Ø	12	17	770	1,046	26	34	43
4300 07	ARENA GRUESA 8 MM A 12 MM Ø	47	63	2,958	3,960	96	127	159
		TOTAL \$		5,513	7,452	TOTAL \$		TOTAL \$

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

CATALOGO DE CONCEPTOS DE OBRA

TODO EXCAVACION

CLAVE	CONCEPTO	CANTIDAD		IMPORTE		CANTIDAD		CANTIDAD
		HABITANTES	HABITANTES	HABITANTES	HABITANTES	HABITANTES	HABITANTES	
		20-30	30-40	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
LECHOS DE HIDROFITAS								
1003 00	DESPLANTE DE MATERIAL NO APTO P/CIMENT. Y/O DESPLANTE DE TERRAPLENES Y EN BANCOS DE PRESTAMO...							
1003 02	CON CARGA Y ACARREO A UN KILOMETRO.	24	29	154	193	41	52	63
1005 M2								
1080 M3	TRAZO Y NIVELACION DEL AREA DE TRABAJO EXCAVACION EN MATERIAL COMUN EN SECO PARA FORMAR Y NIVELAR EL FONDO DE LAS LAGUNAS Y FORMAR LOS BORDOS.	235	295	0	0	410	521	630
4030 00	FABRICACION Y COLADO DE CONCRETO, VIBRADO Y CURADO...	142	192	720	969	291	390	490
4030 01	DE f'c= 100 Kg/cm² PARA PLANTILLA.	6	8	631	868	12	16	21
4030 05	DE f'c= 250 Kg/cm².	11	15	1,806	2,479	24	33	41
4300 08	ENROCAMIENTO FORMADO CON PIEDRA DE 5 A 10 CM	6	7	493	586	9	11	12
0120 00	LIMPIEZA GENERAL...							
0120 I2	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA.	235	295	0	0	410	521	630
9000 00	ACARREO 1er. KM DE MATERIALES PETREOS, ARENA, GRAVA, MAT. PROD. DE EXC. EN CAMION VOLTEO, DESCARGA A VOLTEO, EN CAMINO...							
9000 02	PLANO TERRACERIAS, LOMERIO SUAVE REVESTIDO, LOMERIO PRONUNCIADO PAVIMENTADO.	142	192	201	270	291	390	490
		TOTAL \$		4,005	5,365	TOTAL \$		TOTAL \$
ESTRUCTURA DE ENTRADA Y SALIDA								
1005 01	LIMPIEZA Y TRAZO EN EL AREA DE TRABAJO.	19	22	0	0	26	29	32
1000 01	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN EN SECO PARA DESPLANTE DE ESTRUCTURAS	14	16	0	0	16	18	19
1131 00	RELLENO EN ZANJAS...							
1131 05	COMPACTADO AL 90% PROCTOR, CON MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION.	9	9	0	0	11	12	13
4080 00	CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES EN...							
4080 05	MUROS HASTA 3.00 M DE ALTURA.	26	28	578	623	32	36	39
4090 01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO DE FY= 4200 Kg/cm².	150	165	569	625	190	210	230
4030 00	FABRICACION Y COLADO DE CONCRETO, VIBRADO Y CURADO...							
4030 01	DE f'c= 100 Kg/cm² PARA PLANTILLA.	0	0	28	34	0	0	0
4030 05	DE f'c= 250 Kg/cm².	9	11	1,482	1,708	13	15	17
4140 01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL.	64	74	114	131	92	107	120
0840 00	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA, PIEZAS ESPECIALES Y VALVULAS DE PVC...							
0840 0A	TUBERIA DE PVC DE...							
0840 0AC	25 MM (1")Ø.	8	10	11	13	13	15	17
0843 00	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA EXTRU-PAK DE...							
0843 06	101.6 MM (4") DE DIAMETRO.	5	5	307	307	5	5	5
8055 01	SUMINISTRO E INSTALACION DE REJILLA FORMADA CON SOLERA DE 1/4"X 3/4". INCLUYE MARCO, CONTRAMARCO Y LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA SU CORRECTA INSTALACION.	2	2	161	192	2	3	3
0120 00	LIMPIEZA GENERAL...							
0120 I2	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA.	19	22	0	0	26	29	32
		TOTAL \$		3,250	3,632	TOTAL \$		TOTAL \$
MATERIAL BASE								
4300 05	GRAVA DE 19 MM A 38 MM (3/4" A 1 1/2")Ø	28	39	1,785	2,448	60	82	104
4300 06	GRAVA DE 12.7 MM A 25.4 MM (1/2" A 1")Ø	12	17	770	1,045	25	34	43
4300 07	ARENA GRUESA 8 MM A 12 MM Ø	47	63	2,958	3,960	95	127	159
		TOTAL \$		5,513	7,452	TOTAL \$		TOTAL \$

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

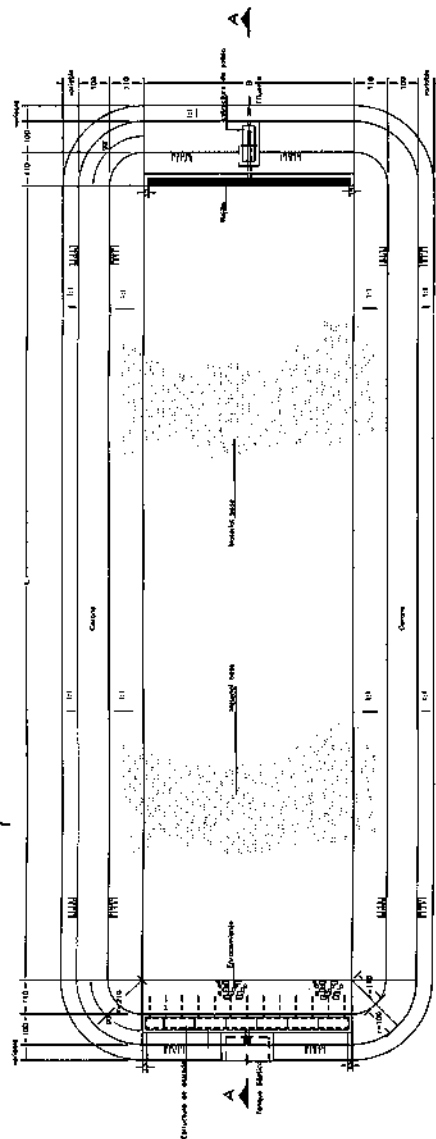
CATALOGO DE CONCEPTOS DE OBRA

CON EXCAVACION Y BORDOS COMPENSADO

CLAVE	CONCEPTO	CANTIDAD HABITANTES		IMPORTE HABITANTES		CANTIDAD HABITANTES		CANTIDAD HABITANTES
		20-30	30-40	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
LECHOS DE HIDROFITAS								
1003 00	DESPLAME DE MATERIAL NO APTO P/CIMENT. Y/O DESPLANTE DE TERRAPLENES Y EN BANCOS DE PRESTAMO...							
1003 02	CON CARGA Y ACARREO A UN KILOMETRO.	21	27	136	175	38	49	60
1005 M2								
1090 M3	TRAZO Y NIVELACION DEL AREA DE TRABAJO	276	343	0	0	471	595	697
	EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMUN EN SECO PARA FORMAR Y NIVELAR EL FONDO DE LAS LAGUNAS Y FORMAR LOS BORDOS.	55	70	280	352	94	116	135
1121 00	TERRAPLENES Y REVESTIMIENTOS...							
1121 M6								
	TERRAPLEN COMPACTADO AL 90% PROCTOR C/MATERIAL PROD. DE EXCAVACION EN FONDO Y PARA FORMAR BORDOS DE LAGUNAS.	56	69	479	595	94	116	136
4300 08	ENROCAMIENTO FORMADO CON PIEDRA DE 5 A 10 CM	6	7	493	586	9	11	12
4030 00	FABRICACION Y COLADO DE CONCRETO, VIBRADO Y CURADO...							
4030 01	DE f'c= 100 Kg/cm² PARA PLANTILLA.	6	8	631	868	12	16	21
4030 05	DE f'c= 250 Kg/cm².	11	15	1,806	2,479	24	33	41
0120 00	LIMPIEZA GENERAL...							
0120 12	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA.	276	343	0	0	471	595	697
	TOTAL \$			3,826	5,054	TOTAL \$		TOTAL \$
ESTRUCTURA DE ENTRADA Y SALIDA								
1005 01	LIMPIEZA Y TRAZO EN EL AREA DE TRABAJO.	19	22	0	0	26	29	32
1090 01	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN EN SECO PARA DESPLANTE DE ESTRUCTURAS	14	16	0	0	16	18	19
1131 00	RELLENO EN ZANJAS...							
1131 05	COMPACTADO AL 90% PROCTOR, CON MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION.	9	9	0	0	11	12	13
4080 00	CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES EN...							
4080 05	MUROS HASTA 3.00 M DE ALTURA.	26	28	578	623	32	36	39
4090 01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO DE F'Y= 4200 Kg/cm².	150	165	569	625	190	210	230
4030 00	FABRICACION Y COLADO DE CONCRETO, VIBRADO Y CURADO...							
4030 01	DE f'c= 100 Kg/cm² PARA PLANTILLA.	0	0	28	34	0	0	0
4030 05	DE f'c= 250 Kg/cm².	9	11	1,482	1,708	13	15	17
4140 01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL.	64	74	114	131	92	107	120
0840 00	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA, PIEZAS ESPECIALES Y VALVULAS DE PVC...							
0840 0A	TUBERIA DE PVC DE...							
0840 0AC	25 MM (1")Ø.	8	10	11	13	13	15	17
0843 00	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA EXTRU-PAK DE...							
0843 06	101.6 MM (4") DE DIAMETRO.	5	5	307	307	5	5	5
8055 01	SUMINISTRO E INSTALACION DE REJILLA FORMADA CON SOLERA DE 1/4"X 3/4". INCLUYE MARCO, CONTRAMARCO Y LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA SU CORRECTA INSTALACION.	2	2	161	192	2	3	3
0120 00	LIMPIEZA GENERAL...							
0120 12	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA.	19	22	0	0	26	29	32
	TOTAL \$			3,250	3,632	TOTAL \$		TOTAL \$
MATERIAL BASE								
4300 05	1/2")Ø	28	39	1,785	2,448	60	82	104
4300 06	GRAVA DE 12.7 MM A 25.4 MM (1/2" A 1")Ø	12	17	770	1,045	25	34	43
4300 07	ARENA GRUESA 8 MM A 12 MM Ø	47	63	2,958	3,960	95	127	159
	TOTAL \$			5,513	7,452	TOTAL \$		TOTAL \$

LAGUNAS WETLAND CARACTERÍSTICAS GENERALES

POBLACIÓN	A	B	C	D	E	MATERIAL
100	2.335	8.175	11.810	0.60	0.50	Extracción y bodega de tierra
15	3.337	14.539	0.60	0.50	0.50	Grava de 19 mm a 20 mm
30	5.330	20.894	0.60	0.50	0.50	(3/4" - 1" 1/2")
40	7.673	24.539	0.60	0.50	0.50	Grava de 12.7 mm a 25.4 mm
60	8.535	25.539	0.60	0.50	0.50	1/2" - 1"
80	10.000	27.539	0.60	0.50	0.50	Asfalto (8-12 mm)
100	12.401	38.643	0.60	0.50	0.50	



PLANTA
ESC. 1:25

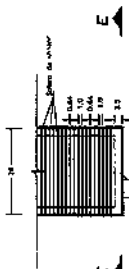
- El acortamiento se colocará en las unidades de entrada y salida
- El material base (hacha) se colocará en toda la laguna



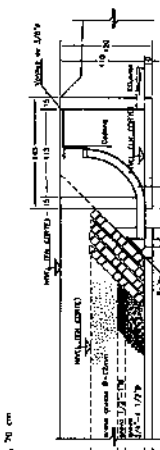
CORTE A-A
ESC. 1:25

- El acortamiento se colocará en las unidades de entrada y salida
- El material base (hacha) se colocará en toda la laguna
- El fondo del canal se eleva 40 cm, la altura del material base en 70 cm
- Cuando se trata de laguna anterior todo el material base, 70 cm

CORTE B-B
ESC. 1:25

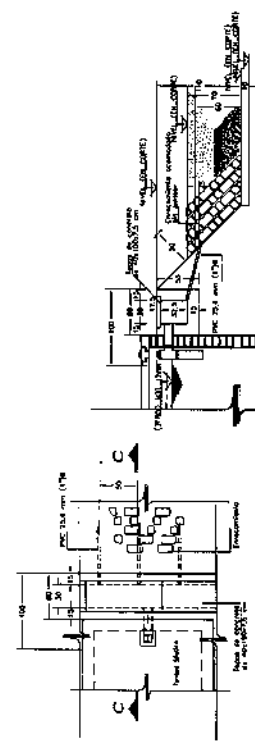


PLANTA DE REJILLA
ESC. 1:25



CORTE D-D
ESC. 1:20

- Asociación en cm, según las indicaciones de esta unidad
- Los niveles máximos son de 15 cm de altura máxima y deben aplicarse al terreno en función



CORTE C-C
ESC. 1:20

PLANTA DE ENTRADA
ESC. 1:20

COORDINACIÓN DE ENTRENAMIENTO Y CUBIERTO DEL AGUA
SUBCOMISIÓN DE ENTRENAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PROYECTO: DEBIDO: REVISADO:

FECHA: LUGAR:

PLANTA DE SALIDA
ESC. 1:20

SUBCOMISIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA
COMISION GENERAL DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE
ACREDITACIÓN Y SANEAMIENTO
DEL AGUA

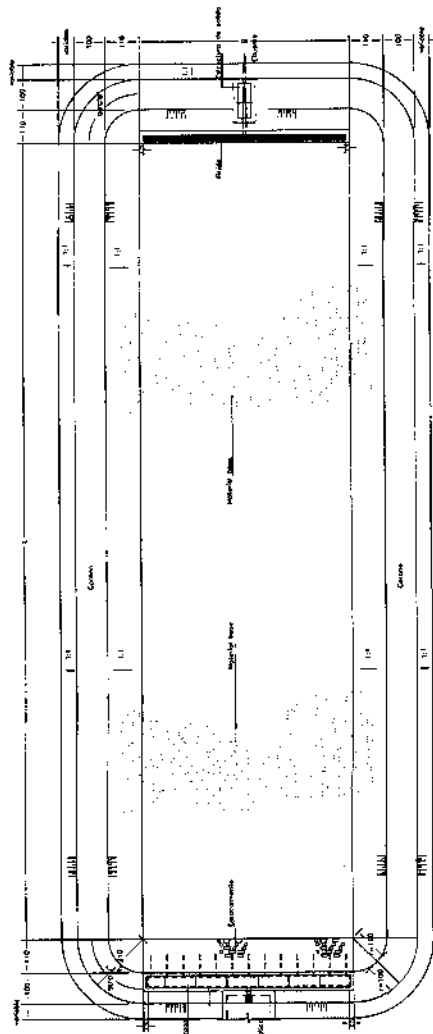
LECHOS DE HIDROFITAS
FUNCIONAL

FECHA: LUGAR:

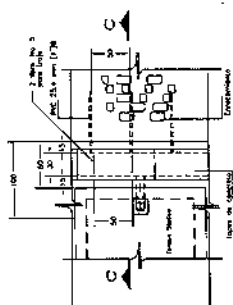
PROYECTO: DEBIDO: REVISADO:

FECHA: LUGAR:

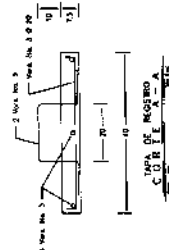
POPULACION	N	L	U	m	SE LUMIN.	MATERIAL
1	2.325	3.810	1.715	0,50	0,50	
5	2.325	3.810	1.715	0,50	0,50	
13	4.446	14.558	0,50	0,50	0,50	Gratificación y Nucleos de Hierro
15	4.446	14.558	0,50	0,50	0,50	Cable de 15 mm = 30 mm
20	7.250	12.500	0,50	0,50	0,50	2.4-1-1-1/2" JB
25	8.823	20.894	0,50	0,50	0,50	Cable de 12,7 mm o 25,4 mm
40	8.823	24.719	0,50	0,50	0,50	2.4-1-1/2" JB
60	11.000	34.500	0,50	0,50	0,50	Arreglo especial
100	12.481	38.643	0,50	0,50	0,50	(4-12 mm)



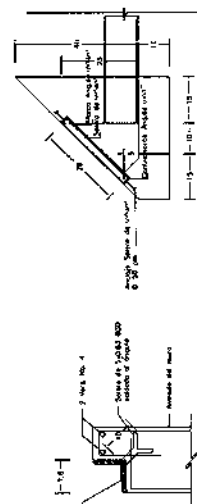
PLANTA
ESC. 1:75



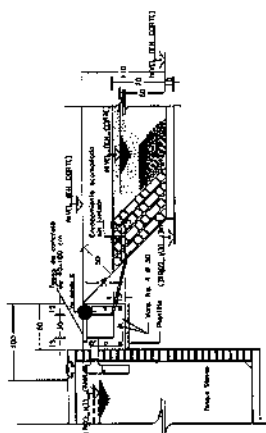
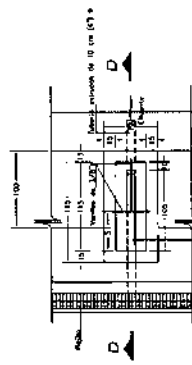
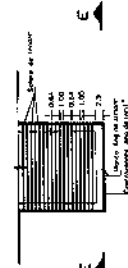
PLANTA
ESTRUCTURA DE
ENTRADA
ESC. 1:30



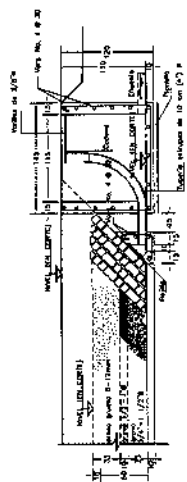
TAPA DE REGISTRO
C U R Y E A - A



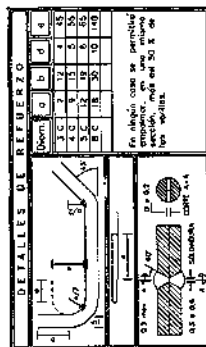
CORTE E-E
ESC. 1:7.5

CORTE C-C
ESC. 1:30PLANTA
ESTRUCTURA DE SALIDA

PLANTA
DETALLE DE REJILLA
ESC. 1:7.5



CORTE D-D
ESC. 1-30



REFUE R Z Q

CONCRETO	CANTIDADES					
	1	2	3	4	5	
Gravemente ($f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$)	m ³	3.4	5.0	7.4	9.2	98.1
Medio ($f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$)	m ³	0.15	0.28	0.45	0.59	5.1
Levemente ($f_c = 50 \text{ kg/cm}^2$)	m ³	0.15	0.28	0.45	0.59	5.1
Áreas de planicie de $A = 100 \text{ m}^2/\text{m}^2$	m ²	20.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Áreas de planicie de $A = 1000 \text{ m}^2/\text{m}^2$	m ²	20.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Gravemente	m ³	20.0	45.0	80.0	100.0	100.0
Medio	m ³	10.0	15.0	25.0	30.0	30.0
Levemente	m ³	10.0	15.0	25.0	30.0	30.0
Áreas en construcción	m ²	20.0	100.0	100.0	100.0	100.0

WQTS:

- Así, los datos en configuración, obtenidos al analizar un solo unido, expresados en m^2/kg , son:
- El concreto se usó en reactivos según $\rho_c = 2400 \text{ kg}/\text{m}^3$, que permite calcular el espesor de 2,5 cm, obteniendo así el resto de los datos en configuración.
- Se le realizó ensayo independiente integral a los 28 días, para la determinación independiente del comportamiento.
- El error de la lectura según $\rho_c = 42000 \text{ kg}/\text{m}^3$ es de 0,0001.
- Los resultados están dados en la Tab. 5.
- Los ensayos, en configuración, sobre una muestra de concreto según $\rho_c = 100 \text{ kg}/\text{m}^3$ y $\rho_c = 5 \text{ cm}$, de espesor de 2,5 cm, se realizaron en la configuración independiente.
- Los datos obtenidos en la configuración independiente se expresan en la Tab. 6.

COMISION NACIONAL DEL AGUA
SUBDIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA
HIDRAULICA, URBANA E INDUSTRIAL
GERENCIA DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

RESUMEN EN ESPAÑOL DE LOS DOCUMENTOS DE TRABAJO DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS EN ESTRUCTURAS DE LECHOS DE HIDROFITAS

— **Section 1000.0000** —

[illegible]

ESC. 1:7.5

CORTE E-E
ESC. 1:7.5

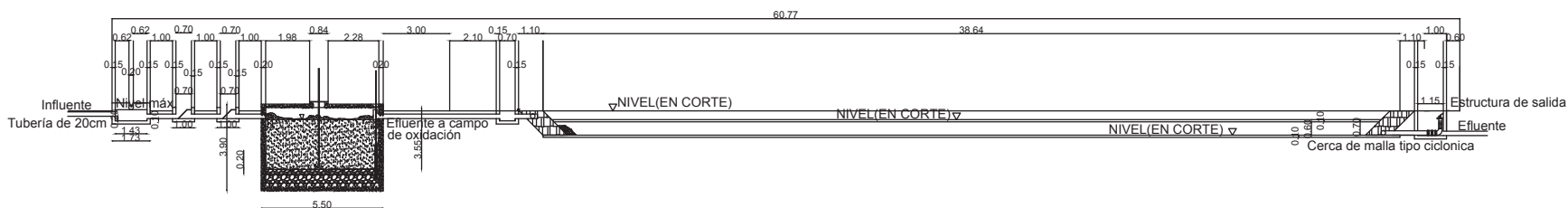
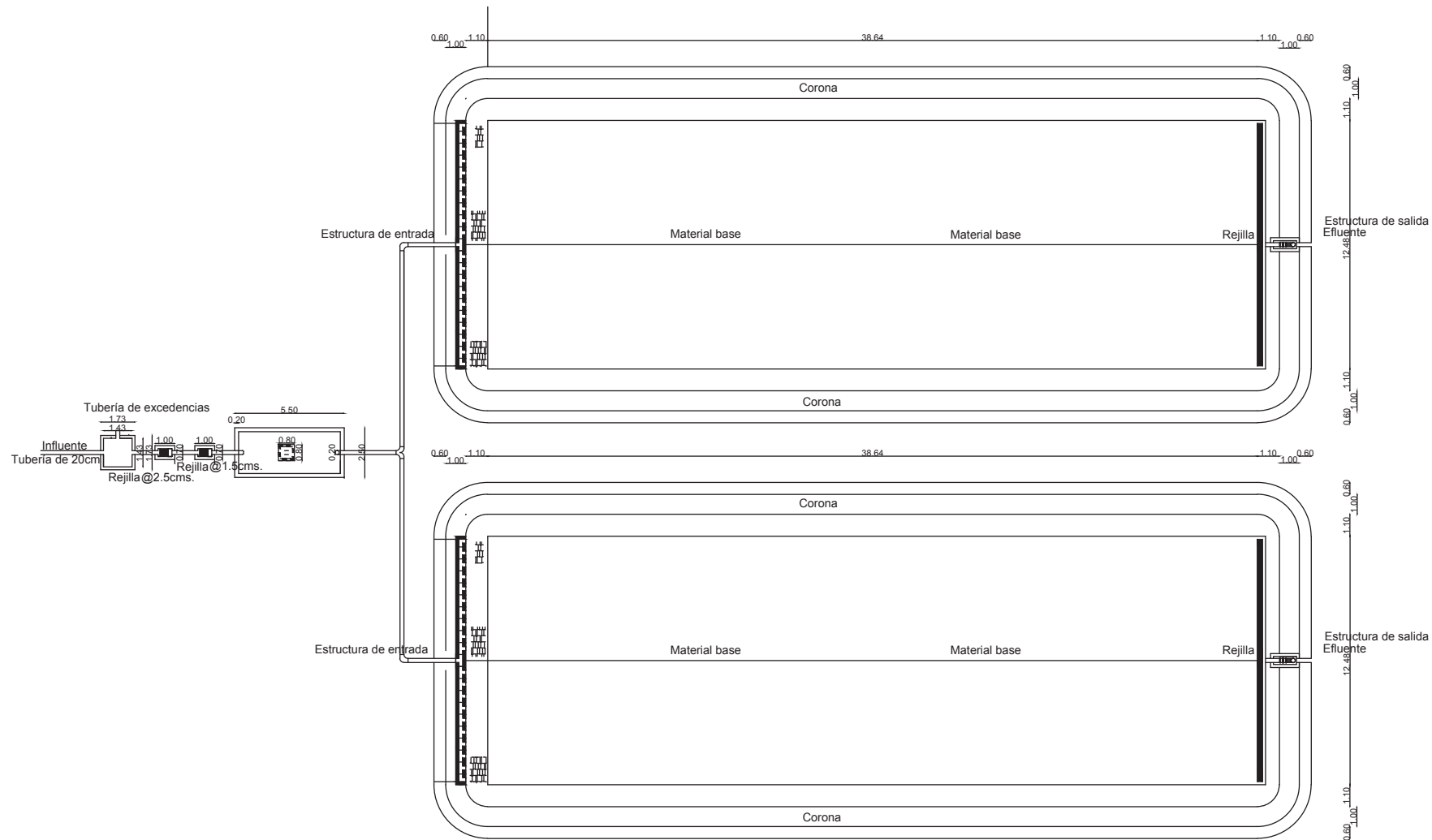
PROTO DE REALIZ. X =
DE JULHO DE 1964

COORDINACIÓN DE TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA
SUBCOORDINACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

_____ , CHIEF _____ , GAZDAR

ANEXO 3

En este anexo se incluyen planos de las fases de tratamiento, el arreglo funcional del proyecto real con los detalles de interconexión, de tal manera que se pueden observar las fases de tratamiento ajustadas al área disponible.



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO

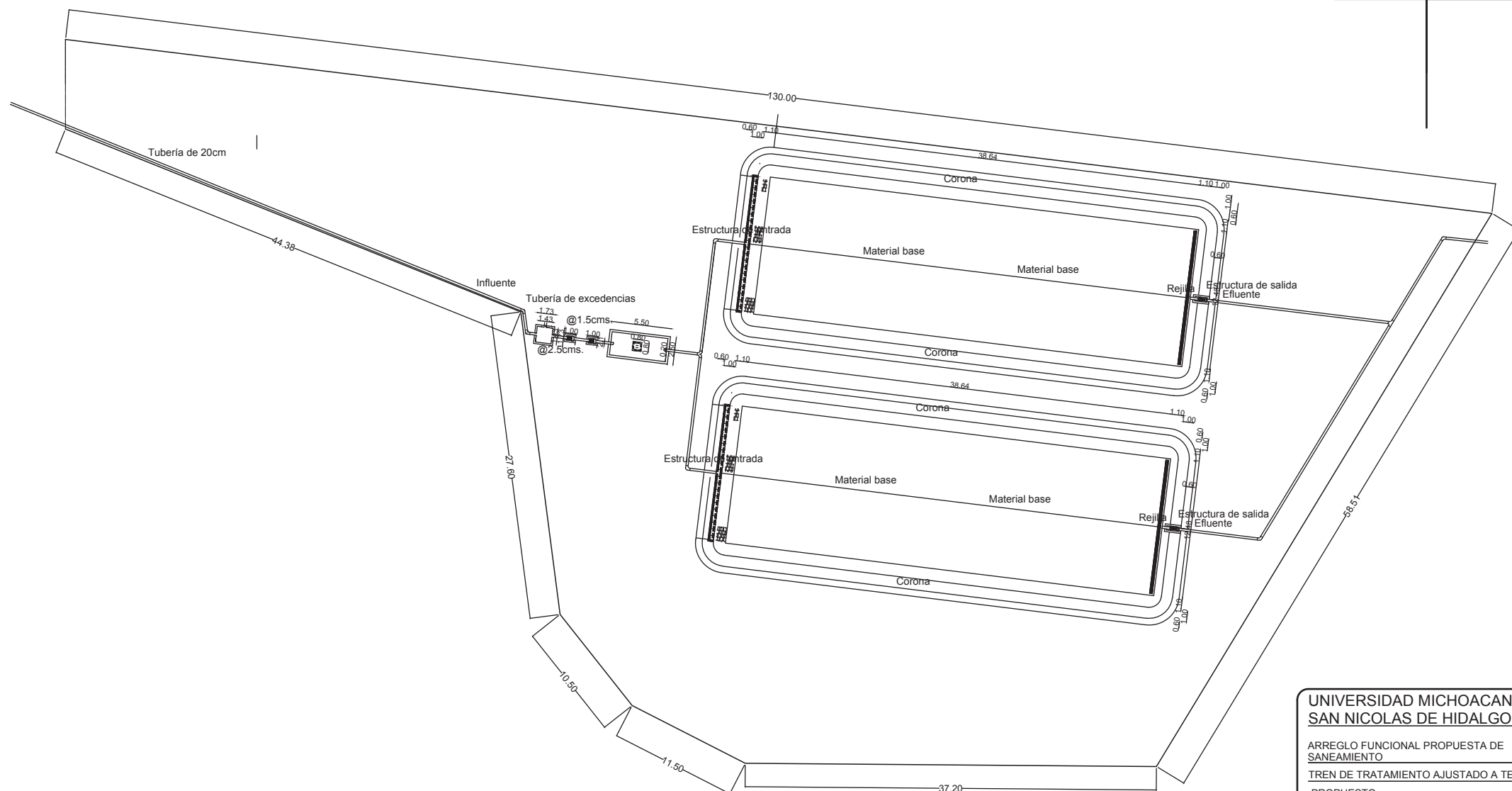
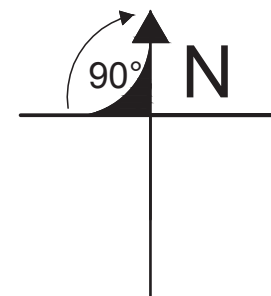
ARREGLO FUNCIONAL PROPUESTA DE
SANEAMIENTO

TREN DE TRATAMIENTO PLANTA-CORTE

ELABORADO POR: VICENTE SÁNCHEZ CORREA

TRABAJO DE TESIS

FECHA: 29/ENERO/2016



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO

ARREGLO FUNCIONAL PROPUESTA DE
SANEAMIENTO

TREN DE TRATAMIENTO AJUSTADO A TERRENO
PROPUESTO

ELABORADO POR: VICENTE SÁNCHEZ CORREA

TRABAJO DE TESIS

FECHA: 29/ENERO/2016