

28  
2ef.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIAGNOSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO  
DEL SISTEMA DE MANEJO DE LAS AGUAS  
RESIDUALES EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD  
AUTONOMA DEL ESTADO DE MORELOS (UAEM).

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
I N G E N I E R O C I V I L  
P R E S E N T A :  
FUENTES PASTEN ARMANDO



MEXICO, D. F.

NOVIEMBRE DE 1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

259008



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-005/97

Señor  
**ARMANDO FUENTES PASTEN**  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. ENRIQUE CESAR VALDEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

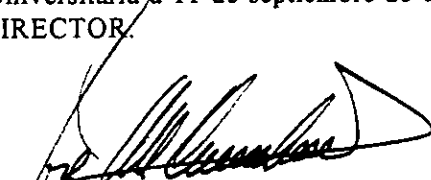
**"DIAGNOSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MORELOS (UAEM)"**

- INTRODUCCION**
- I. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO**
  - II. DIAGNOSTICO**
  - III. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO**
  - IV. CONCLUSIONES**

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

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

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria a 11 de septiembre de 1997.  
EL DIRECTOR.

  
ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS  
JMCS/GMP\*lmf

*Con respeto y gratitud, dedico este pequeño trabajo en el que se reflejan años de dedicación y apoyo. A base de escuchar y recibir hoy logro una meta en la vida, meta que comparto contigo papá. Gracias por todo lo que has hecho por mi.*

*Con todo mi cariño a ti mamá que te has entregado siempre a nosotros tus hijos, gracias por cuidarme y darme lo que hasta hoy he logrado con tu apoyo.*

*A ustedes hermanas que nuestra convivencia ha logrado madurez y armonía en nuestras vidas.*

*A ti Yessica por todo el amor y fortaleza que me has dado.*

*A mis profesores por los conocimientos que me brindaron.*

*A mis compañeros y amigos.*

---

<b>1</b>	<b>Introducción.</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Características Generales de la Zona en Estudio.</b>	<b>4</b>
2.1	Marco físico.	4
2.1.1	Localización.	4
2.1.2	Geología.	5
2.1.2.1	Formación Cuernavaca.	5
2.1.2.2	Grupo Chichinautzin.	5
2.1.3	Hidrología.	7
2.1.4	Hidrogeología.	7
2.1.5	Tipo de acuífero.	8
2.1.6	Profundidad del nivel estático.	8
2.1.7	Calidad del acuífero subyacente.	9
2.2	Impacto de la infiltración en el acuífero subyacente.	9
2.2.1	Vulnerabilidad del acuífero.	9
2.3	Marco socio-económico.	14
2.4	Normatividad vigente.	14
<b>3</b>	<b>Diagnóstico.</b>	<b>17</b>
3.1	Manejo actual de las aguas residuales en el campus de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.	17
3.2	Proceso séptico.	21
3.3	Sistema de tanque séptico.	22
3.3.1	Trampa de grasas.	22
3.3.2	Tanque séptico.	22
3.3.3	Campo de oxidación ó pozo de absorción.	25
3.3.3.1	Prueba del terreno.	25
3.4	Características adecuadas para optimizar el tratamiento de aguas residuales en sistemas de tanque séptico.	26
3.5	Descripción del manejo y disposición de las aguas residuales en el campus.	27
3.6	Calidad de las aguas residuales dispuestas.	34
<b>4</b>	<b>Estrategias de mejoramiento.</b>	<b>38</b>
4.1	Alternativa 1-- Sistema de alcantarillado y planta de tratamiento.	38
4.2	Alternativa 2-- Recuperación de los sistemas de tanque séptico.	39
4.3	Alternativa 3-- Tanques sépticos combinados con planta de tratamiento.	40
4.4	Análisis de alternativas.	42
4.5	Selección de la alternativa conveniente.	43
4.6	Descripción general de los procesos alternativos de mejoramiento.	43
4.6.1	Cámaras de tanque séptico.	43

---

4.6.1.1	Necesidades para efficientar los tanques sépticos.	43
4.6.1.2	Comparaciones de tanques sépticos.	44
4.6.2	Descripción de las unidades de tratamiento (sistema de tratamiento in situ).	49
4.6.2.1	Introducción.	49
4.6.2.2	Descripción de las unidades de tratamiento.	50
4.6.2.3	Etapas del proceso de estabilización en reactor y filtro anaerobio.	52
4.6.3	Límites máximos permisibles.	54
4.6.4	Operación mantenimiento y manejo de subproductos.	54
4.7	Análisis económico de la alternativa seleccionada.	56
<b>5</b>	<b>Conclusiones.</b>	<b>66</b>
5.1	Implicaciones del reuso.	66
5.2	Beneficios.	68
5.3	Recomendaciones.	69
	<b>Bibliografía</b>	<b>71</b>

---

## I INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las poblaciones en las ciudades consideradas como importantes, dada su economía, recursos naturales, turísticos o industriales ha propiciado la demanda de servicios, que sean sustentables para las comunidades. Esto ha generado la alteración o destrucción de los ecosistemas naturales y el aumento de la contaminación ambiental.

Las consecuencias desde el punto de vista de impacto ambiental más evidentes que se han causado a la biosfera son: pérdida de suelo agrícola, contaminación del agua, suelo y atmósfera, reducción de áreas naturales y la extinción de especies de flora y fauna.

La contaminación del agua es un problema que se ha agravado y adquirido proporciones impresionantes, tanto por la diversidad de contaminantes vertida a los cuerpos de agua, como por su volumen.

El constante aumento de la actividad humana ha hecho necesaria la extracción de agua subterránea para satisfacer sus necesidades. Estas actividades producen desechos contaminantes que, al mezclarse con agua limpia, generan las aguas residuales. Con el tiempo pueden incorporarse al flujo subterráneo, restringiendo su uso para consumo humano.

El presente trabajo se refiere a la problemática del manejo de las aguas residuales dentro del Campus de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, UAEM, donde se utiliza el agua para diversos fines como son los servicios sanitarios y los requerimientos de los laboratorios de las diferentes disciplinas para enseñanza e investigación, que utilizan agua en diferentes cantidades disponiendo de ésta con diversas calidades. En todos los casos se desechan aguas residuales, las cuales debieran ser sometidas a un tratamiento antes de su disposición final, ya sea a un cuerpo receptor, al sistema de alcantarillado o para irrigar jardines y suelos agrícolas.

En los últimos nueve años se ha avanzado considerablemente en materia de legislación ambiental en México. El objetivo primordial es ejercer sobre el territorio nacional un control sobre el desequilibrio ecológico de nuestro ambiente y hacer conciencia en todos los mexicanos de que existe la forma de atenuar el grado de contaminación, aplicando las Leyes, Reglamentos, Normas, Criterios, Acuerdos y Decretos que en materia de control ambiental se han generado en nuestro país.

A pesar de que la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establece que todas las descargas de agua en las redes colectoras, ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua; deberán observar las normas oficiales mexicanas que establecen los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes para dichas descargas, la problemática de contaminación de los cuerpos de agua sigue en aumento.

Para prevenir el deterioro ecológico en los cuerpos receptores se requiere controlar, entre otras, las descargas de aguas residuales que contengan desechos orgánicos, inorgánicos y microbiológicos, ya que cuando se rebasan los límites de su capacidad de autodepuración, modifican las características físicas, químicas y biológicas naturales de éstos.

En México, el Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos del año de 1955, ya contemplaba el problema de la contaminación de las aguas, con el objeto de proteger la salud de los habitantes de nuestro país.

Posteriormente, la entonces Secretaría de Salubridad y Asistencia logró en 1972 que se promulgara la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación; con base en esta Ley se expidió el "Reglamento para prevenir y controlar la contaminación de las aguas", que actualmente sigue vigente con algunas modificaciones, como parte de la actual Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que junto con la Ley de Aguas Nacionales, son las que actualmente rigen la política ambiental.



La UAEM se ubica en una porción geológica fisiográfica de material proveniente del grupo Chichinautzin, el volcán se ubica en los límites del Distrito Federal y el Estado de Morelos, la constitución litológica del grupo es variable, en la parte alta predominan conglomerados de roca volcánica andesítica, de aquí a una altura de 1800 msnm se localiza la parte más potente del grupo, la UAEM está a una altura media de 1875 msnm.

Las corrientes laváticas presentan porosidades y permeabilidades, que están en función de la naturaleza litológica de la roca. En la parte alta de la sierra se presenta una precipitación media anual de 1830 mm, mientras que en la parte baja 755 mm.

Han transcurrido 30 años del inicio de las actividades académicas de la Universidad en el campus Chamilpa, y durante ese tiempo ha crecido considerablemente en instalaciones y población. Las diversas actividades de la UAEM provocan la generación de desechos en todos los estados físicos posibles.

Los residuos sólidos y líquidos generados en el campus se acumulan principalmente dentro de las instalaciones sin ningún control sobre su manejo y disposición.

La Universidad descarga sus aguas a través de 26 fosas sépticas distribuidas de manera irregular dentro de sus instalaciones, fosas que no cumplen con los principios básicos de ingeniería de un tanque de sistema séptico; se describen más adelante los inconvenientes y la problemática existente en el campus con sus sistemas sépticos.

Por otra parte algunos estudios realizados al subsuelo donde se encuentra edificada la UAEM, han mostrado que este posee una mínima capacidad de retardación y atenuación de contaminantes, por lo que es vulnerable en extremo a la contaminación.

Las descargas de las aguas residuales al subsuelo en los terrenos de la UAEM, constituyen una fuente de contaminación de organismos patógenos, metales pesados, y nitratos, para los pozos de abastecimiento de agua que proveen de agua a la Ciudad de Cuernavaca y a la propia UAEM. Lo anterior representa un alto riesgo de propagación de enfermedades epidémicas y otros padecimientos asociados a sustancias tóxicas contenidas en el agua del subsuelo.

En este trabajo se plantean alternativas de solución para dar a las aguas residuales que desaloja la UAEM, un tratamiento adecuado, con el fin de reducir la probabilidad de epidemias, y otros padecimientos asociados por la ingestión de aguas residuales contaminadas, así como de manifestar la importancia de implantar programas de reutilización del agua residual.

## II CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA EN ESTUDIO

### 2.1 MARCO FÍSICO

#### 2.1.1 LOCALIZACIÓN

La Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), se localiza a 1.2 km al noreste de la Ciudad de Cuernavaca; geográficamente se ubica entre los paralelos  $18^{\circ} 58' 78''$ ,  $18^{\circ} 58' 92''$  de latitud norte y los meridianos  $99^{\circ} 14' 14''$ ,  $99^{\circ} 14' 40''$  de longitud oeste. Cuenta con un área aproximada de  $0.35 \text{ km}^2$  y está a una altura media de 1875 msnm. En la figura 2.1, se muestra en el plano topográfico de la región, la ubicación de la UAEM.

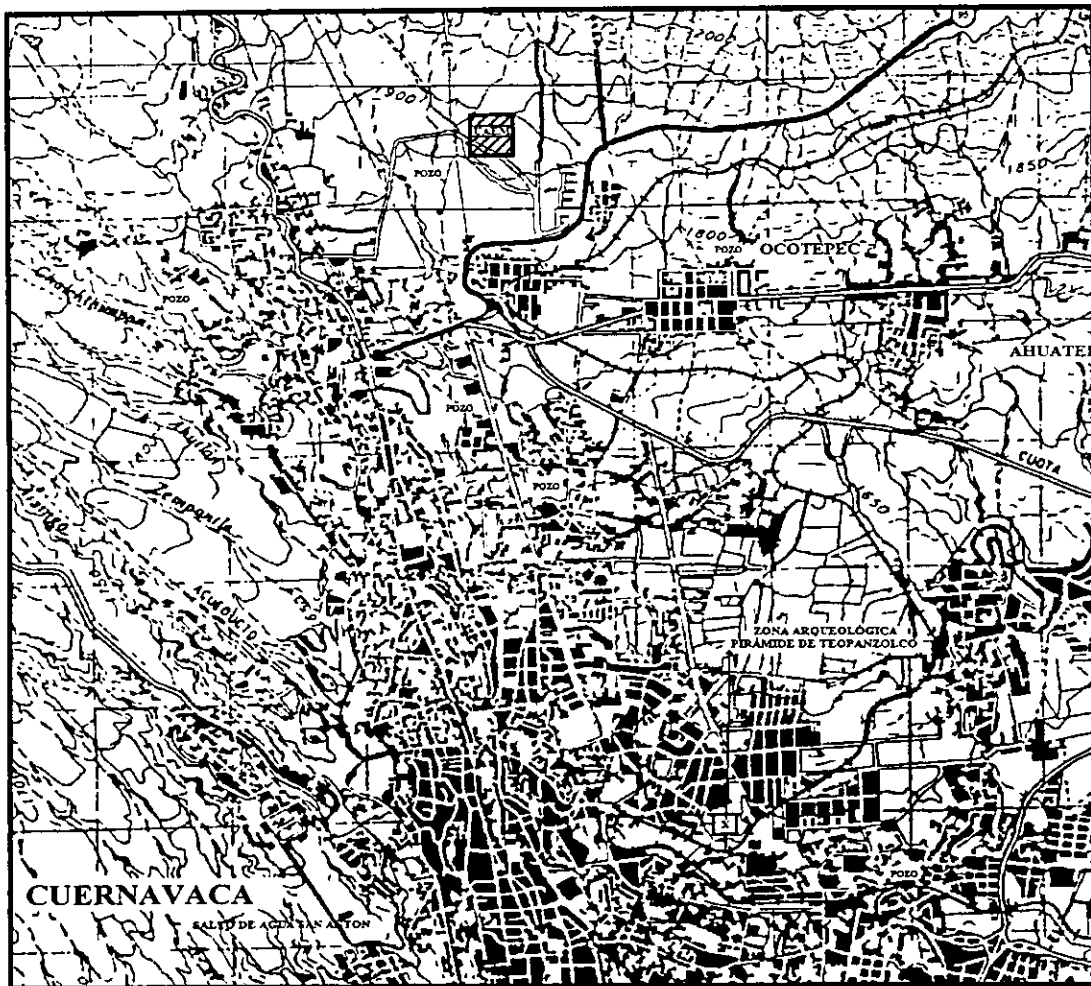


FIGURA 2.1 Localización de la UAEM en el plano de la Ciudad de Cuernavaca.

### **2.1.2 GEOLOGÍA**

La zona en estudio se ubica en la porción SW de la provincia geológica denominada Faja Volcánica Transmexicana. El área muestra una topografía que se caracteriza por su juventud extrema y el poco impacto erosivo. Sus condiciones fisiográficas se deben a la extravasación de lava y a la acumulación de depósitos provenientes de conos cineríticos y escoráceos del grupo Chichinautzín.

#### **2.1.2.1 Formación de Cuernavaca**

La expresión topográfica de esta formación es distintiva, debido a la fase juvenil que representa en el ciclo de erosión. La unidad forma llanuras ligeramente inclinadas de superficie construccional, surcadas en grado variable por valles y arrollos encajonados. Las llanuras descienden en ángulos variables desde 5°, cerca del pie de los cerros, hasta  $\pm$  1° en los alrededores de los desagües principales.

La constitución litológica de la formación Cuernavaca es variable. En la parte septentrional y topográficamente más alta predominan conglomerados en abanico de granos medianamente gruesos, cuyos constituyentes son rocas volcánicas andesíticas erosionadas.

Más al sur, las capas de la formación Cuernavaca se hacen progresivamente mas delgadas, rara vez excediendo los 2 m de espesor, y de grano mas fino.

En cuanto a su espesor, en las cercanías de la Cd. de Cuernavaca hay afloramientos de hasta 100 m, sin alcanzar la base de la formación.

La unidad inmediata suprayacente es el grupo Chichinautzín que en todas partes descansa con discordancia erosional sobre la formación Cuernavaca, por lo que se cree que la edad de esta última sea del Pilo-Pleistoceno.

#### **2.1.2.2 Grupo Chichinautzín**

Estratigráficamente, el subsuelo donde se localiza la infraestructura de la UAEM, corresponde a los depósitos del grupo Chichinautzín, el cual está constituido por una alternancia de corrientes laváticas, estratos de toba y brecha, de composición andesítica y basáltica, que descansan discordantemente con la formación Cuernavaca u otras Unidades más antiguas. Una gran parte del grupo Chichinautzín consiste en un basalto olivínico profílico con microlitos de labradorita y abundantes minerales de augita en una matriz casi holocristalina. Las corrientes de lava son de gran extensión y poco espesor; la parte superior de las mismas, consiste en fragmentos de roca áspera, angulosa y de marcada vesicularidad; en la parte inferior la roca se vuelve más coherente y disminuye gradualmente la vesicularidad.

El espesor del grupo Chichinautzín es muy variable, sin embargo, la parte más potente corresponde al sitio ocupado por el volcán Chichinautzín, mayor a 1800 msnm, ubicado entre los límites del Distrito Federal y el Estado de Morelos.

En cuanto a la edad del grupo, aunque su límite inferior es desconocido, corresponde al Cuaternario reciente (aproximadamente 800 000 años). En la figura 2.2 pueden observarse, las formaciones geológicas que anteceden a la zona en estudio, así como cotas de nivel existentes.

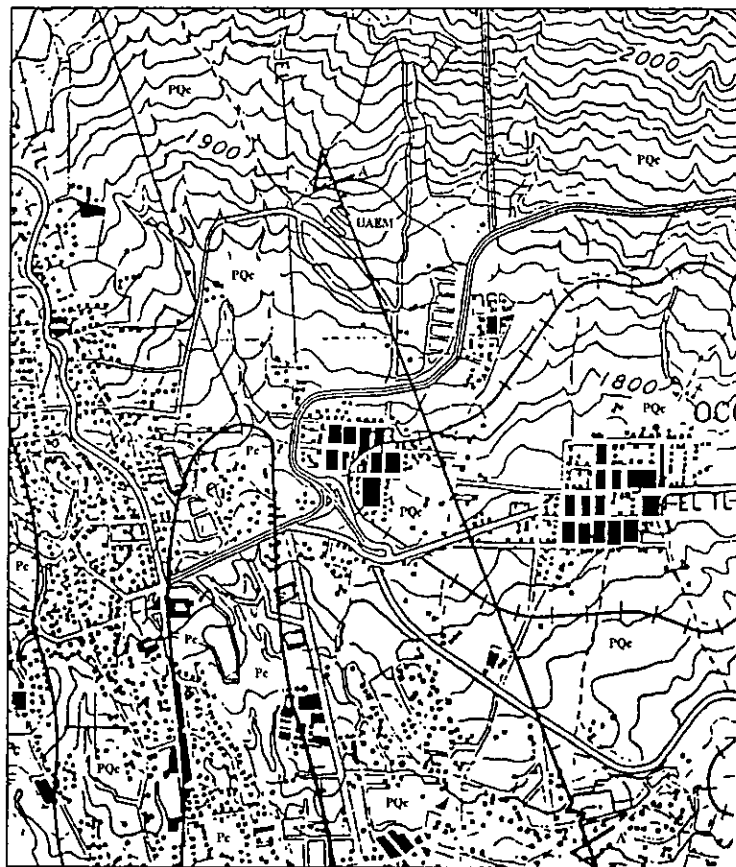


FIGURA 2.2 Constitución litológica

P <sub>c</sub> : Formación Cuernavaca	— : Contacto Geológico	PQ <sub>c</sub> : Grupo Chichinautzín	A — A': Sección A-A'
---------------------------------------	------------------------	---------------------------------------	----------------------

Localmente de acuerdo con la empresa Geovisa S.A. (1992), las condiciones litológicas en el subsuelo de la UAEM son: de la superficie a una profundidad entre 0.5 y 2.5 m, se encontró un limo arenoso de compacidad media. De ésta capa hasta una profundidad de 10 m, se cuenta con coladas de lava basáltica que alternan con piroclastos. Cabe señalar que los basaltos hasta 6.5 m de profundidad, se muestran fracturados y con una gran cantidad de vesículas.

### **2.1.3 HIDROLOGÍA**

La precipitación media anual es del orden de 1830 mm en la parte de la alta Sierra del Chichinautzín y de 755 mm en la parte más baja. El mayor volumen de lluvia ocurre en los meses de julio, agosto y septiembre.

La evapotranspiración anual se estima entre 500 y 700 mm/año, con una precipitación mayor a la evapotranspiración para las partes altas de la Cuenca, por lo que se presentan condiciones más favorables para el proceso de infiltración.

### **2.1.4 HIDROGEOLOGÍA**

Gran parte del grupo Chichinautzín se encuentra representado por corrientes laváticas basálticas, con una porosidad que varía entre 5 y 50 % y una permeabilidad entre  $10^{-7}$  y  $10^{-2}$  m/s, en función del conjunto de estructuras primarias y secundarias de la roca, más que de su propia naturaleza litológica.

Las diaclasas originadas por enfriamiento, los túneles de lava, las pequeñas burbujas intercomunicadas, las grietas originadas por la resistencia a la deformación plástica de las corrientes de lava y los espacios huecos que pueden quedar entre dos coladas superpuestas; son algunos factores que motivan un incremento en la permeabilidad de los basaltos.

Según Stearns (1946; en Davis y de Wiest, 1971), la permeabilidad vertical de esta roca suele ser menor en relación con su permeabilidad horizontal; incluso, tanto la porosidad como la permeabilidad de éstas rocas volcánicas tienden a decrecer lentamente con el tiempo geológico debido a la colmatación de los espacios huecos mediante minerales secundarios.

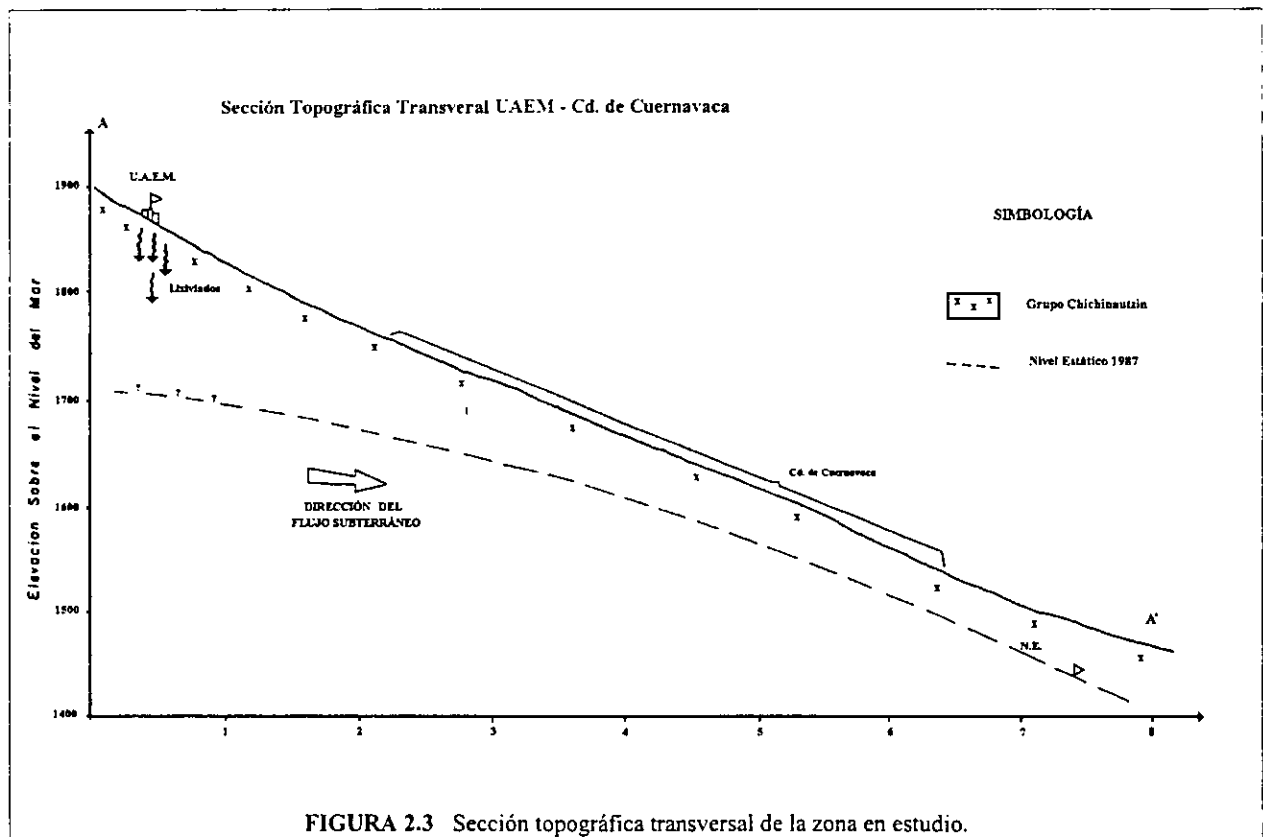
Según la DGCOH (1991), las coladas basálticas presentan una transmisividad de 0.1 a 0.4 m<sup>2</sup>/s, y en algunos casos rendimientos específicos de hasta 200 l/s/m (Sánchez, 1989).

## 2.1.5 TIPO DE ACUÍFERO

El tipo de acuífero, se manifiesta como libre, y en otros casos como parcialmente confinado. La recarga principal, de acuerdo con el análisis de isótopos ambientales, tiene su origen entre las cotas 2600 y 3500 msnm; y es de infiltración reciente, del orden de veinte años.

## 2.1.6 PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO

Considerando los datos de elevación del nivel estático de 1987 para el agua subterránea del estado de Morelos, presentados por Molina Torres (1991), se elaboró una sección topográfica transversal UAEM-Cd. de Cuernavaca (Figura 2.3). En ésta se observa que la UAEM, se ubica en una cota media de 1875 msnm, por lo que el nivel estático en la zona se infiere aproximadamente a 165 m de profundidad (cota de 1710 msnm), no obstante, este nivel fluctúa dependiendo de las variaciones estacionales. La dirección del flujo subterráneo es de NE-SE y el gradiente hidráulico calculado es del 3.7 %, con respecto al centro de la ciudad de Cuernavaca.



### 2.1.7 CALIDAD DEL AGUA DEL ACUÍFERO SUBYACENTE

Las aguas se clasifican con el fin de informar en forma breve, de su composición química o de algunos aspectos de la misma, dando información global hacia el uso que tendrán.

Las clasificaciones geoquímicas tienden a expresarse mediante diagramas triangulares como es el propuesto por Piper, para el análisis de las aguas subterráneas; donde cada uno de los vértices del triángulo representa un porcentaje de los componentes de la terna.

Con base en los análisis fisicoquímicos del agua muestreada en algunos pozos, durante el estudio isotópico y geoquímico realizado por Morales (1989), se sabe que el acuífero muestra un tipo de agua cálcico-manganesico-bicarbonatado.

## 2.2 IMPACTO DE LA INFILTRACIÓN EN EL ACUÍFERO SUBYACENTE

### 2.2.1 VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO

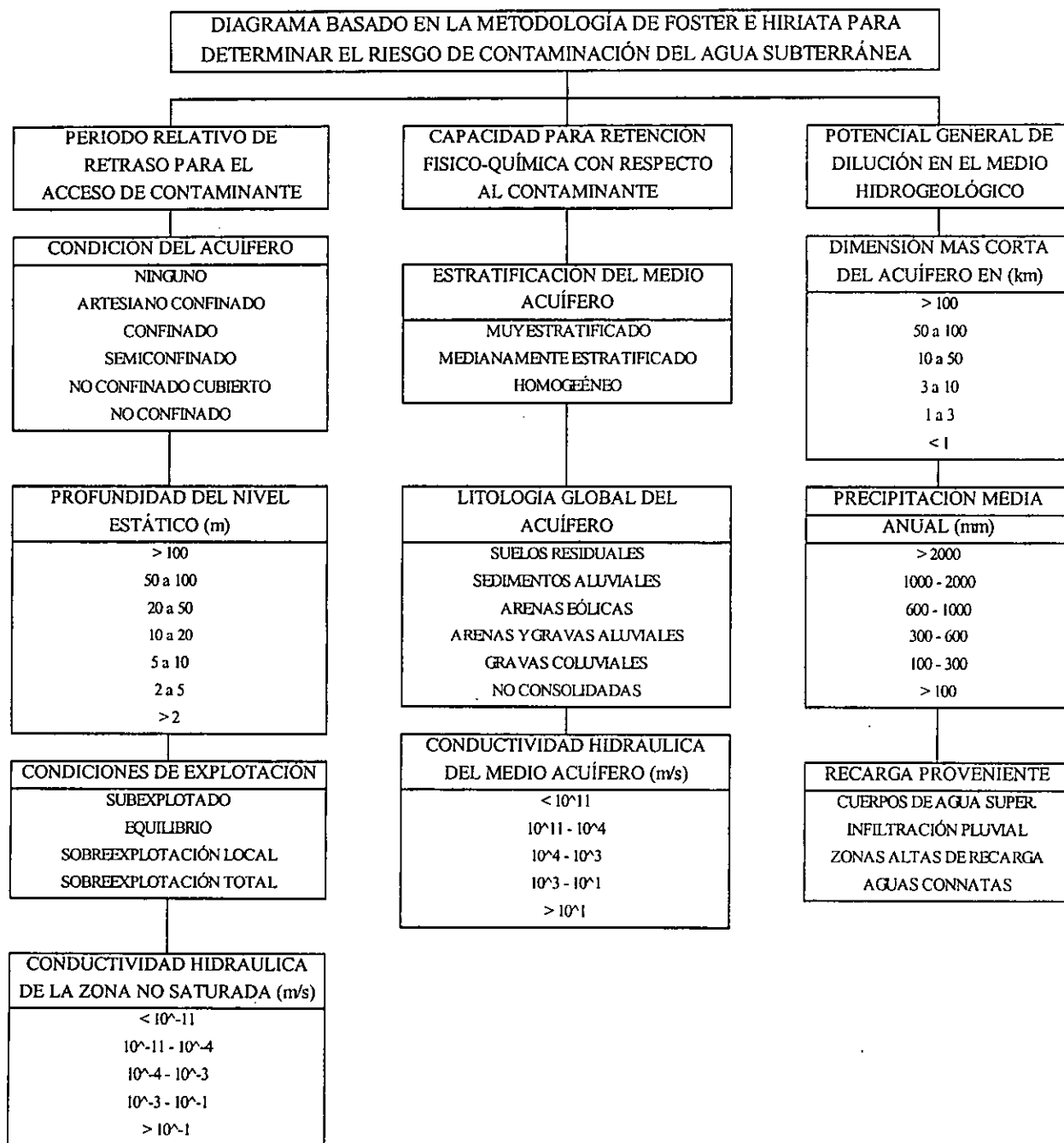
El concepto de vulnerabilidad se usa para representar las características intrínsecas que determinan la susceptibilidad de un acuífero a ser adversamente afectado por una carga contaminante.

Así, considerando la metodología propuesta por Foster e Hiriata (1991), para determinar el riesgo de contaminación del agua subterránea, y aplicándola al acuífero subyacente en la zona donde se localiza la UAEM, se tiene que la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero es extrema, y en virtud de que el agua residual no está siendo debidamente tratada el riesgo es muy grave.

La metodología está basada en la selección de tres cualidades del acuífero (cuadro 3.1), seleccionadas en función de su susceptibilidad a la contaminación. Estas cualidades son: a) Periodo relativo de retraso para el acceso de contaminante b) Capacidad para retención Físico-Química con respecto al contaminante y c) Potencial general de dilución en el medio hidrogeológico.

Estas cualidades están en función de un grupo de parámetros que deben ponderarse para el acuífero en cuestión, en una escala de 0 a 1, dependiendo de sus características particulares.

Ponderados todos los parámetros, se suman todas las puntuaciones y el total se compara con una escala cualitativa que se interpreta con un "semáforo", donde la luz verde se refiere a una vulnerabilidad baja, y la roja es extrema.



**CUADRO 2.1** Metodología de Foster e Hiriata para determinar el riesgo de contaminación del agua subterránea (Diagrama elaborado por el autor).



Para el caso del acuífero en estudio , a continuación se aplica la metodología de Foster e Hiriata.

**PERIODO RELATIVO DE RETRASO PARA EL ACCESO DE CONTAMINANTE**

**CONDICIÓN DEL ACUÍFERO**

NINGUNO	ARTESIANO CONFINADO	CONFINADO	SEMICONFINADO	NO CONFINADO CUBIERTO	NO CONFINADO
0	0.1	0.2	0.4	0.6	1.0

**PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO (METROS)**

> 100	50 - 100	20 - 50	10 - 20	5 - 10	2 - 5	> 2
0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1

**CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN**

SUBEXPLOTADO	EQUILIBRIO	SOBREEXPLOTACIÓN LOCAL	SOBREEXPLOTACIÓN TOTAL
0.3	0.9	0.7	1.0

**CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DE LA ZONA NO SATURADA (m/s)**

$< 10^{-11}$	$10^{-11} - 10^{-4}$	$10^{-4} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-1}$	$> 10^{-1}$
0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

**CAPACIDAD PARA RETENCIÓN Y REACCIÓN FÍSICO - QUÍMICA CON RESPECTO AL CONTAMINANTE**

**ESTRATIFICACIÓN DEL MEDIO ACUÍFERO**

MUY ESTRATIFICADO	MEDIANAMENTE ESTRATIFICADO	HOMOGÉNEO
0.3	0.7	1.0

LITOLOGÍA GLOBAL DEL ACUÍFERO

SUELOS RESIDUALES	SEDIMENTOS ALUVIALES	ARENAS EÓLICAS	ARENAS Y GRAVAS ALUVIALES Y FLUVIO GLACIALES	GRAVAS COLUVIALES	NO CONSOLIDADAS	
	ARCILLAS LUTITA	LIMONITAS TOBA VOLCÁNICA	ARENISCAS	CALIZAS	CALCARENITAS	CONSOLIDADAS (ROCAS POROSAS)
		FORMACIONES ÍGNEAS METAMÓRFICAS + VOLCÁNICAS ANTIGUAS		LAVAS VOLCÁNICAS RECIENTES	CALICHE - OTRAS CALIZAS	CONSOLIDADA (ROCAS DENSAS)
0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DEL MEDIO ACUÍFERO (m/s)

$< 10^{11}$	$10^{11} - 10^4$	$10^4 - 10^3$	$10^3 - 10^1$	$> 10^1$
0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

POTENCIAL GENERAL DE DILUCIÓN DEL MEDIO HIDROGEOLÓGICO

DIMENSIÓN MAS CORTA DEL ACUÍFERO (km)

$> 100$	50 - 100	10 - 50	3 - 10	1 - 3	$< 1$
0.3	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)

$> 2000$	1000 - 2000	600 - 1000	300 - 600	100 - 300	$> 100$
0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0

RECARGA PROVENIENTE

CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL	INFILTRACIÓN DIRECTA DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL	ZONAS DE RECARGA ALEJADAS O TOPOGRÁFICAMENTE MÁS ALTAS	AGUAS CONNATAS
0.4	0.6	0.8	1.0

PERIODO RELATIVO DE RETRASO PARA EL ACCESO DE CONTAMINANTE	3.2
CAPACIDAD PARA RETENCIÓN Y REACCIÓN FÍSICO - QUÍMICA CON RESPECTO AL CONTAMINANTE	2.3
POTENCIAL GENERAL DE DILUCIÓN DEL MEDIO HIDROGEOLÓGICO	2.1
	7.6

VALOR DEL INDICE

0                      1                      2                      3                      4                      5                      6                      7 \* 8                      9                      10

VULNERABILIDAD DE CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO

MÍNIMA	BAJA	MODERADA	ALTA	EXTREMA
--------	------	----------	------	---------

SEMAFORIZACIÓN

VERDE	AMARILLO	ROJO
-------	----------	------

### **2.3 MARCO SOCIO-ECONÓMICO**

A partir del movimiento revolucionario de principios del siglo, la educación superior mexicana ha sido un proyecto impulsado fundamentalmente por el estado, quien utiliza los recursos disponibles para aumentar el cumplimiento de objetivos que se financian con ellos.

Ha sido una realidad que los programas sociales suelen gastar de manera no óptima los recursos de que se dispone, debido a la ausencia de controles adecuados y a que no se utilizan metodologías de evaluación que podrían permitir, por un lado optar por las alternativas más económicas, y por otro efectuar un seguimiento que permita reorientar el proyecto cuando los objetivos no estén siendo alcanzados.

Gracias a la expansión de servicios y a su ubicación en las distintas entidades del país, hoy en día los estudiantes se desplazan poco de su lugar de origen para cursar sus estudios. Las estadísticas han mostrado que en el año de 1967, del 100% de los estudiantes inscritos en educación superior a nivel nacional el 54% se encontraba en el D.F.; 25 años después en el D.F. sólo se concentraba un 21%.

En septiembre de 1967 la Universidad Autónoma del Estado de Morelos inició sus actividades académicas. En la última década los patrones de demanda en la educación superior (UAEM), se han diversificado poco a pesar de los cambios de la vida productiva del país y de los avances científicos y tecnológicos. Existen dos tendencias: demanda en carreras sobresaturadas, en el caso de la UAEM son Contaduría, Administración, Derecho e Informática; y la escasa demanda en carreras como Física, Química, Matemáticas e Ingenierías.

El tamaño de las Universidades es variable, están en función del factor demográfico y del factor económico de la región. La UAEM desde 1967, ha tenido un notable incremento en el número de aspirantes así como de alumnos año con año, lo que hizo insuficiente a sus instalaciones ubicadas en la Ciudad de Cuernavaca, lo que motivó el incremento de sus instalaciones en la medida que el Gobierno del Estado ha aprobado los proyectos de ampliación de la misma.

Todo subsidio a instituciones de educación superior tiene como objetivo, el hacer partícipes de los beneficios de la educación y de los valores nacionales y universales a todos los sectores de la sociedad.

### **2.4 NORMATIVIDAD VIGENTE**

En el siguiente cuadro se hace referencia a la legislación mexicana en materia

2.4 NORMATIVIDAD VIGENTE

ART		ART	FRAC	DESCRIPCIÓN
CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS		4		Protección de la salud
		27		Propiedad, cuidado y conservación de las aguas y recursos nacionales.
		73	XVI	El consejo General de Salubridad, norma la política ambiental para proteger la salud y el ambiente.
		115		Da responsabilidad a los municipios del manejo de sus aguas residuales.
		127		Queda prohibida la descarga de aguas residuales o contaminantes en cualquier cuerpo de agua superficial o subterránea, cuyas aguas se destinen para uso o consumo humano.
F E D E R A L E S		86	III	Establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga, que deben satisfacer las aguas residuales que se generen en bienes y zonas de jurisdicción federal; vertidas en cuerpos de agua, cuando dichas descargas puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.
		86 al 96	V	Vigilar que el agua de suministro para consumo humano cumpla con las normas de calidad correspondientes, y que el uso de las aguas residuales cumpla con las normas de calidad emitidas para tal efecto
		87		La comisión determinará los parámetros que deben cumplir las descargas, capacidades de asimilación y dilución de los cuerpos de agua, así como las cargas contaminantes que éstos pueden recibir..
		91		La infiltración de aguas residuales para recargar acuíferos, requiere permiso de la Comisión y deberá ajustarse a las NOM que al efecto se emitan.
		92	II	La Comisión podrá ordenar la suspensión de las actividades que dan origen a las descargas de aguas residuales, cuando la calidad de las descargas no se sujete a las NOM correspondientes.
		117	IV	Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas, y demás depósitos de corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo.
		119	f i j	Deben fijarse condiciones particulares de descarga a quienes generan aguas residuales captadas por sistemas de alcantarillado, cuando sean vertidas directamente a cuerpos de agua, sin observar las Normas Oficiales Mexicanas.
		117 al 133		Promover la incorporación de sistemas de separación de las aguas residuales de origen doméstico a aquellas de origen industrial en los drenajes de los centros de población, así como la instalación de las plantas de tratamiento para evitar la contaminación del agua.
		121		No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo, corriente de agua, suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal o local.
		123		Todas las descargas a los cuerpos de agua, deberán satisfacer las Normas Oficiales Mexicanas, que para tal efecto se expidan y en su caso, condiciones particulares de descarga, que determine la Secretaría o autoridades locales.
124		Quando las aguas residuales afecten o puedan afectar fuentes de abastecimiento de agua, la Secretaría de salud promoverá ante la autoridad competente la negativa del permiso o autorización correspondiente, o su inmediata revocación, y en su caso, la suspensión del suministro.		
L E Y E S				
G E N E R A L E S				

## 2.4 NORMATIVIDAD VIGENTE

R E G L A M E N T O S	LEY GENERAL DE SALUD	116 118 122		Establece las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y concurrencia de la Federación y las entidades en materia de Salubridad general.
	LEY DE AGUAS NACIONALES	133 al 156	135	Las personas físicas o morales que efectúan descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la ley deberán: 1) Contar con permiso de descarga expedido por "la comisión". 2) Tratar previamente las aguas residuales antes de su vertido a los cuerpos receptores. 3) Hacer del conocimiento de "la comisión" los contaminantes presentes en el agua residual. 4) Operar y mantener las instalaciones.
	EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL		3	Medidas de prevención y mitigación. Conjunto de disposiciones y acciones anticipadas que tienen por objeto evitar y reducir los impactos ambientales que puedan ocurrir en cualquier etapa del desarrollo de una obra o actividad.
			5	Deben contar con previa autorización de la Secretaría, en materia de impacto ambiental, personas físicas o morales que pretendan realizar obras o actividades públicas o privadas, que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señaladas en el reglamento y las normas técnicas ecológicas emitidas por la Federación para proteger al ambiente.
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM)		NOM-001-ECOL-1996	Establece límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
NORMAS MEXICANAS (NMX)			NOM-002-ECOL-1996	Establece límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado.
			NMX-AA-...	Brindan métodos de determinación de los principales parámetros de calidad del agua.

## CUADRO 2.2 Normatividad Nacional vigente.

## NOTAS:

La ley general de salud: Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de febrero de 1984 y puesta en vigor a partir del 1° de julio, derogó el código sanitario del 26 de febrero de 1973.

Ley Federal de Aguas Nacionales: Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1° de diciembre de 1992 derogó la Ley Federal de Aguas.

Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales: Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de enero de 1994.

Normas Oficiales Mexicanas: Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de enero de 1997 Derogó las publicadas el 24 de julio de 1996.

### III DIAGNÓSTICO

#### 3.1. MANEJO ACTUAL DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

La Universidad Autónoma del Estado de Morelos inició sus actividades académicas en el poblado de Chamilpa a partir de septiembre de 1967, antiguamente ubicada como Instituto de Educación Superior del Estado en el centro de la ciudad capital, Cuernavaca. Se estableció en las instalaciones de lo que sería el Colegio Militar al norte de la ciudad, mismas que fueron cedidas por el Gobierno Federal a partir de la petición formal del Dr. J Felix Frías Sánchez, entonces Rector de esta Casa de Estudios.

A partir de ese momento la Universidad ha crecido considerablemente, constituyéndose en una Ciudad Universitaria, con aproximadamente 30 edificios que albergan diversas carreras profesionales, de nivel técnico y una amplia población integrada por estudiantes, académicos y administrativos. El aumento en instalaciones y población universitaria, provoca la generación de desechos en todos los estados físicos posibles, que además impactan el entorno. Asimismo, la ubicación antes solitaria de la Universidad en esta zona de la ciudad, ha influido para el establecimiento de amplias áreas comerciales, habitacionales y de servicio.

Los residuos sólidos y líquidos generados en el Campus Chamilpa se acumulan principalmente dentro de las instalaciones y en zonas aledañas, sin ningún control sobre su manejo y disposición, lo cual representa un verdadero problema ambiental, al convertirse en fuentes de contaminación. Este problema ha motivado permanentes cuestionamientos y críticas de la sociedad, en general hacia la Universidad y a la carencia de una política ambiental formal.

La Universidad descarga sus aguas residuales de servicio en el subsuelo a través de 26 fosas distribuidas de manera irregular en sus instalaciones.

Las fosas existentes en el campus son una forma económica de disponer los desechos líquidos, sin embargo, su funcionamiento conlleva el riesgo de contaminar las aguas subterráneas, ya que estas fosas no cumplen con las características que definen a un verdadero sistema de tanque séptico, el cual se describe a continuación, con la finalidad de evidenciar los inconvenientes del manejo de las aguas residuales en el Campus Chamilpa.

En el cuadro 3.1 se presenta el último censo poblacional de cada uno de los edificios que constituyen el campus, así como una estimación de la dotación de agua potable para las actividades desarrolladas por la UAEM. La figura 3.1 corrobora la ubicación del sistema sanitario. El cuadro 3.2 muestra un inventario de los muebles que descargan aguas claras negras y residuales en los edificios del campus.

RELACIÓN DE ACADEMICOS, ALUMNOS Y TRABAJADORES ADMINISTRATIVOS EN LOS EDIFICIOS DE LA CD. UNIVERSITARIA CAMPUS CHAMILPA CICLO ESCOLAR 96-97						
N° EDIFICIO	ESC. FAC	N° ALUMNOS	N° ADMINIST	N° ACADEMI	TOTALES	DOTACION m <sup>3</sup> /día
1	AREA DE ADMINISTRACION. FAC. ARO. CONT. Y ADMON. E INFOR.	2798	194	245	3237	113.85
2	FAC. C. QUIMICAS E INDUSTRIALES.	1806	52	107	1965	61.05
3	A.N.C.Y. (C.I.C.Y.T.)	120	3	14	137	4.7
4	TALLER MUTIDISCIPLINARIO BASICO.	350	13	0	363	10.05
5	CELEX.	600	12	50	662	21.2
6	FAC. DE MEDICINA Y PSICOLOGIA.	862	12	135	1009	36.25
7	LABORATORIOS II.	740	5	0	745	19
8	TEC. LABORATORISTAS Y ENFERMERIA	706	12	97	815	28.55
9	FACULTAD DE BIOLOGIA.	231	15	46	292	11.875
10	FACULTAD DE C. AGROPECUARIAS.	268	10	36	314	11.3
11	LABORATORIOS II.	740	4	0	744	18.9
12	TALLER DE MANTENIMIENTO.	0	68	0	68	6.8
13	AREA ADMINISTRATIVA.	0	12	0	12	1.2
14	CENTRO MUTIDISCIPLINARIO.	0	7	56	63	6.3
15	LAB. DE PROCESOS UNITARIOS.	390	2	4	396	10.35
16	CAFETERIA.	180	7	0	187	5.2
17	LOCALES COMERCIALES.	300	36	0	336	11.1
18	UNIDAD DE SERVICIOS.	0	18	0	18	1.8
19	BIBLIOTECA.	0	0	0	0	0
20	GINNASIO AUDITORIO.	120	3	14	137	4.7
21	UNIDAD DE CIENCIAS SOCIALES.	382	4	14	400	11.35
22	AREA DEPORTIVA.	0	0	0	0	0
23	VESTIDORES Y CANCHA DE FUTBOL.	80	1	0	81	2.1
24	UNIDAD DE CIENCIAS SOCIALES.	417	3	14	434	12.125
25	UNIDAD DE CIENCIAS SOCIALES.	410	4	14	428	12.05
26	UNIDAD DE CIENCIAS SOCIALES.	622	6	48	676	20.95
27	UNIDAD DE CIENCIAS SOCIALES.	452	4	13	469	13
28	INST. DE CIENCIAS DE LA EDUCACION.	413	4	24	441	13.125
29	INST. DE CIENCIAS DE LA EDUCACION.	437	3	24	464	13.625
30	EDIFICIOS EN PROYECTO	0	0	0	0	0
39	EDIFICIOS EN PROYECTO	0	0	0	0	0
40	CENTRO UNIV. DE AUTOACCESO	180	4	6	190	5.5
41	CEN. DE INVES. EN BIOTECNOLOGIA.	3	5	14	22	1.975
42	CEN. DE DESA. INFANTIL UNIVER.	96	5	14	115	4.3
43	FACULTAD DE CIENCIAS.	185	5	42	232	9.325
44	TORRE U.A.E.M.	2500	136	0	2636	76.1
45	AUDITORIO DE RECTORIA.	350	1	0	351	8.85
46	BODEGAS GENERALES.	0	3	1	4	0.4
47 al 49	EDIFICIOS EN PROYECTO	0	0	0	0	0
50	CAFETERIA DE CIENCIAS SOCIALES	240	6	0	246	6.6
51	AUDITORIO DE CIENCIAS SOCIALES	196	2	0	198	5.1
52	LOCALES COMERCIALES BIOMEDICA	280	28	0	308	9.8
53	CAMPO DE CULTIVO EXPERIMENTAL POB. CIVIL Y VIGILANCIA.	240	10	0	250	7
		17694	730	1032	19456	619
					LITROS	
	100 lt/empleado/día	0	73000	103200	176200	
	25 lt/alumno/día	442350	0	0	442350	
					618550	
					618.6 m <sup>3</sup>	
	Área jardinada UAEM -- 91781.34 m <sup>2</sup>					
	De 1 a 7 lt/m <sup>2</sup> de superficie para jardines	* ABAST. DE AGUA POTABLE Enrique César Valdez FIUNA M.				
					Dotación	
	4 lt/m <sup>2</sup> * 91781.34 = 367125.36 lt	367.125 m <sup>3</sup>			986 m <sup>3</sup> /día	

CUADRO 3.1 Censo poblacional de las instalaciones de la UAEM.



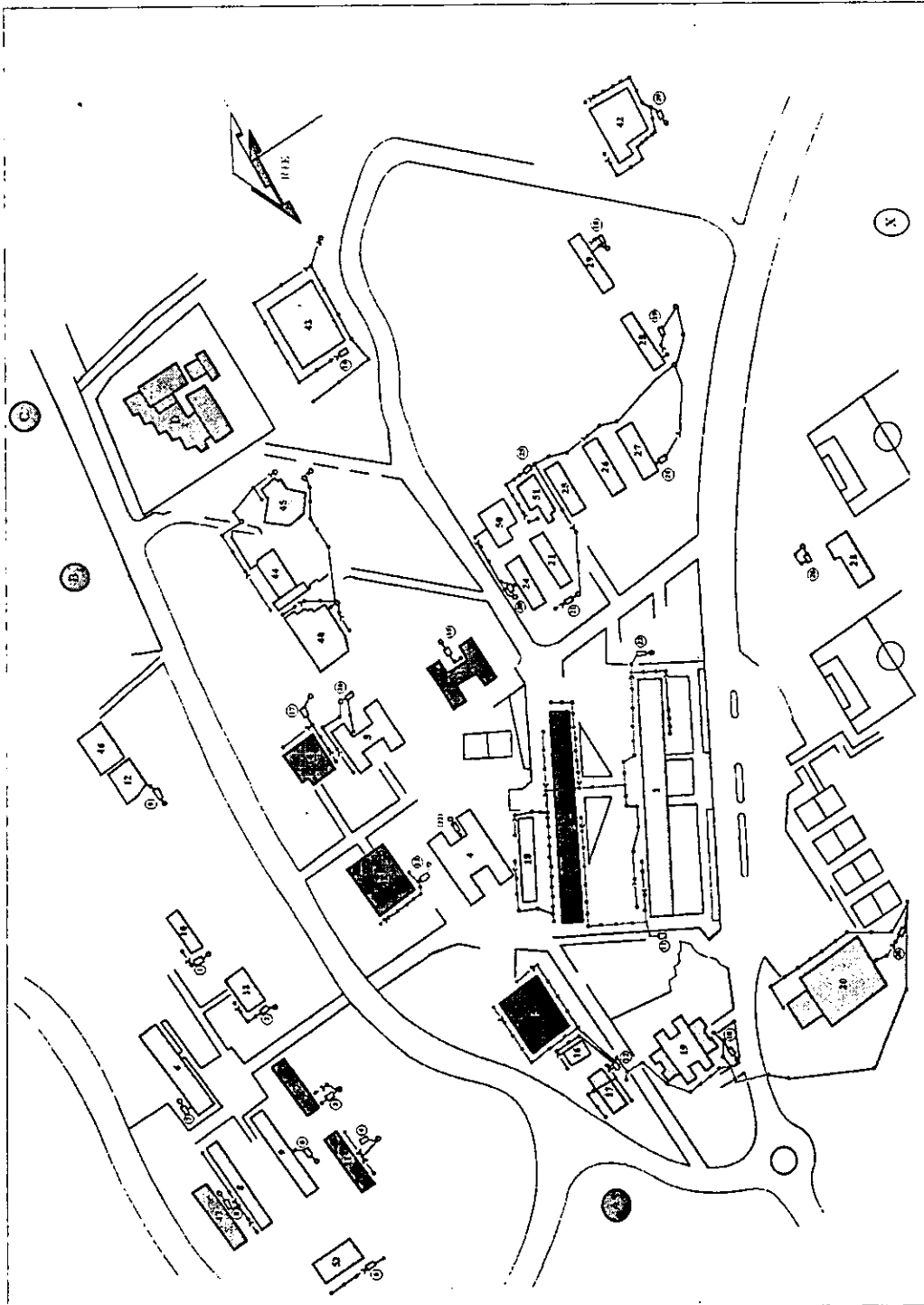


FIGURA 3.1 Red sanitaria universitaria.

RELACION DE MUEBLES QUE DESCARGAN AGUAS CLARAS NEGRAS Y RESIDUALES CAMPUS CHAMILPA UAEM.												
Nº EDIFICIO	ESC, FAC	WC	MING	MING	LAVABO	LAVABO	TARJA	TARJA	REGAD	DESAGUE	LAVAD	BEBED.
				BARRA		DOBLE		DOBLE		M.LAB		
1	AREA DE ADMINISTRACION.	65	6	3	51		4					
	FAC. ARQ. CONT. Y ADMON. E INFOR.	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
2	FAC.C. QUIMICAS E INDUSTRIALES		7	1	19		42		2	18		1
3	A.N.C.Y (C.I.C.Y.T.)	4	2		4		11		1	20		
4	TALLER MUTIDISCIPLINARIO BASICO.	6		1	4	4			1			
5	CELEX.	7	2		1	3						
6	FAC. DE MEDICINA Y PSICOLOGIA.	16	4		8							
7	LABORATORIOS II.	1			1		39		4	68		
8	TEC. LABORATORISTAS Y ENFERMERIA	12		1	4		9					
9	FACULTAD DE BIOLOGIA.	24	8			8						
10	FACULTAD DE C. AGROPECUARIAS.	12		1	5							
11	LABORATORIOS II.	12		1		4	8		4	35		
12	TALLER DE MANTENIMIENTO.	2		1	1				2			
13	AREA ADMINSRATIVA.	4	2		10							
14	CENTRO MUTIDISCIPLINARIO	4			4		14					
15	LAB. DE PROCESOS UNITARIOS.	4	1		4		1		2			
16	CAFETERIA.	2			2							
17	LOCALES COMERCIALES.	1			1		13					
18	UNIDAD DE SERVICIOS.				2				1			
19	BIBLIOTECA	14	9		13		2					
20	GINNASIO AUDITORIO.	15	2	1	12				8			
21	UNIDAD DE CIENCIAS SOCIALES.	13		1	6		2					
22	AREA DEPORTIVA.	*	*	*	*	*	*	*	*			
23	VESTIDORES Y CANCHA DE FUTBOL	2		1	2				7			
24	UNIDAD DE CIENCIAS SOCIALES.	12	2		6		2					
25	UNIDAD DE CIENCIAS SOCIALES	1			1				1			
26	UNIDAD DE CIENCIAS SOCIALES											
27	UNIDAD DE CIENCIAS SOCIALES.	11	2		6		2					
28	INST. DE CIENCIAS DE LA EDUCACION.	12	2		8		2					
29	INST. DE CIENCIAS DE LA EDUCACION.	12	2		8		2					
*	EDIFICIOS EN PROYECTO	*	*	*	*	*	*	*	*			
40	CENTRO UNIV. DE AUTOACCESO	16	4		16	4						
41	CEN. DE INVS. EN BIOTECNOLOGIA.	8	4		8		5		12	42		
42	CEN. DE DESA. INFANTIL UNIVER.	12			13		11		2		1	OTRAS
43	FACULTAD DE CIENCIAS.	9	1		8		5	8	9	4		2
44	TORRE U.A.E.M.	37	4		41		8					
45	AUDITORIO DE RECTORIA.	10	3		10			1				
46	BODEGAS GENERALES.											
*	EDIFICIOS EN PROYECTO	*	*	*	*	*	*	*	*			
49	CENTRO DE INVESTIGACION QUIMICA.	14	5		12		28		9	56		45
50	CAFETERIA DE LA FAC. DE C. SOCIALES	7			5		3		1			
51	AUDITORIO DE LA FAC. DE C. SOCIALES.	16		3	13				1			
52	LOCALES COMERCIALES.	6		1	6		7				7	
53	CAMPO DE CULTIVO EXPERIMENTAL	3			1				1			
	<b>TOTAL MUEBLES</b>	<b>433</b>	<b>74</b>	<b>16</b>	<b>316</b>	<b>23</b>	<b>218</b>	<b>9</b>	<b>68</b>	<b>243</b>	<b>8</b>	<b>47</b>

CUADRO 3.2 Inventario de muebles que descargan aguas claras, negras y residuales en los edificios del campus.

### 3.2 PROCESO SÉPTICO

La acción séptica o septización, es un proceso biológico natural, en el que bacterias u otras formas vivas microscópicas o sub-microscópicas, actuando en ausencia de oxígeno, reducen las sustancias orgánicas a formas poco oxigenadas, algunos sólidos son disueltos o pasan al estado líquido, o gaseoso, éstos últimos conteniendo principalmente anhídrido carbónico, metano y algunas veces, una cantidad pequeña de ácido sulfhídrico y trazas de otros gases. El proceso biológico en los tanques sépticos representa aquella parte del ciclo de vida y muerte, en el que los compuestos orgánicos complejos se reducen a formas más simples, que puedan servir de alimento a formas inferiores de la vida vegetal.

La principal ventaja de la acción séptica, en el tratamiento de aguas residuales domésticas, es la cantidad relativamente pequeña de lodos que hay que manejar, en comparación con los que se producen en los procesos de sedimentación simple o de tratamiento químico. El lodo producido en un tanque séptico puede ser de 25 a 30% o incluso 40%, menor en peso y 75 a 80% menor en volumen, que el lodo de un tanque de sedimentación simple. Las transformaciones biológicas debidas a la acción séptica que se registran en la parte líquida del contenido del tanque, son de poca o de ninguna importancia. Entre otras ventajas, figuran el de poco costo de los tanques y el pequeño mantenimiento que requieren.

Los sistemas de tanque séptico no se usan mucho en la práctica municipal, debido a que se obtienen mejores resultados con otros métodos; un mantenimiento inadecuado al tanque séptico provoca una baja en la calidad del efluente en comparación con la calidad del influente, debido a la descarga ocasional de lodo en el líquido efluente, por efecto de una ebullición violenta y de tipo séptico. Sin embargo, se han usado mucho en instituciones aisladas, escuelas, residencias o pequeños establecimientos, donde no se dispone de una red formal de alcantarillado.

Deben tomarse precauciones contra una septización excesiva, pues un líquido residual sobreseptizado es más difícil de tratar posteriormente o de eliminar, que un volumen de aguas residuales relativamente reciente sin tratamiento.

La presencia de aguas residuales sobreseptizadas o alteradas, se manifiesta por la aparición de grandes cantidades de amoníaco, sea libre o albuminoide, acompañadas frecuentemente por ácido sulfhídrico y otros gases de mal olor. La demanda de oxígeno en aguas negras sobreseptizadas, es mayor que las de las aguas negras recientes o más cuidadosamente tratadas.

### 3.3 SISTEMA DE TANQUE SÉPTICO

El sistema de tanque séptico está integrado por los siguientes elementos: trampa de grasas, tanque séptico y campo de oxidación, como se muestra en la figura 3.1

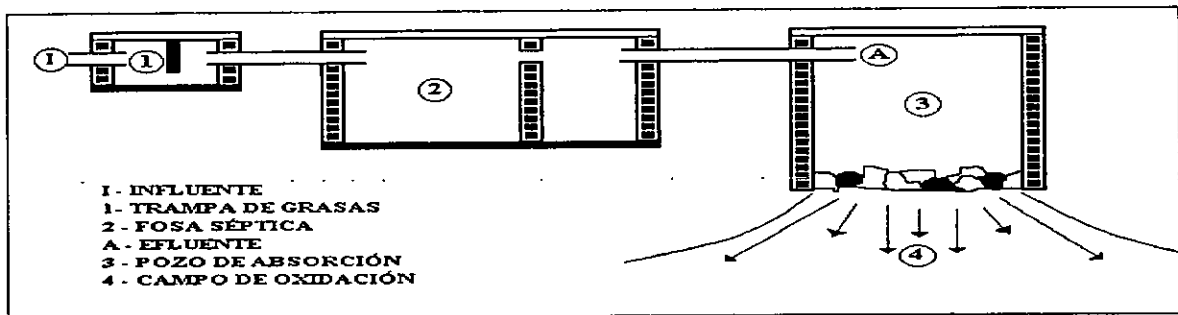


FIGURA 3.1 Tren de tratamiento del sistema de tanque séptico

#### 3.3.1 TRAMPA DE GRASAS

Su función es interceptar el efluente de los muebles que durante su servicio desalojen grasas de origen vegetal, animal ó derivados del petróleo, ya que éstas, pueden obstruir las líneas de conducción, inhibir la formación de natas y el desarrollo de poblaciones bacterianas.

Es un registro constituido en su interior por mamparas colocadas en paralelo, donde las grasas por tener un peso volumétrico menor al del agua tienden a colocarse en la superficie del líquido combinado, la posición de las mamparas genera la separación de los líquidos.

#### 3.3.2 TANQUE SÉPTICO

Un tanque séptico es un tanque subterráneo, hermético, horizontal, de escurrimiento continuo y de un solo piso; a través del cual se dejan fluir las aguas residuales lentamente, permitiéndose de esta manera que la materia sedimentable se precipite hasta el fondo, donde queda retenida hasta que se establece la descomposición anaerobia, con el resultado de que una parte de la materia orgánica en suspensión pasa de la forma sólida a la líquida o gaseosa, y se reduce la cantidad de lodo que es necesario eliminar.

Después de un tiempo determinado el volumen de los sedimentos y de las natas sobre la superficie del líquido disminuye, y su carácter que en un principio es altamente ofensivo a la vista y al olfato, tiende a desaparecer.

El agua que se encuentra entre el sedimento y las natas, se va transformando en un líquido claro, por consecuencia de su privación de aire y luz, se favorece la reproducción de unos microorganismos que proliferan en un ambiente desprovisto de oxígeno del aire, llamadas **bacterias anaerobias** que no requieren de oxígeno para vivir, lo toman de la materia que los rodea, estas bacterias anaerobias destruyen todas las bacterias patógenas acarreadas en el excremento, transformando su estado para convertirlo en líquidos y gases en una tendencia favorable a reducir las formas peligrosas del excremento a productos minerales inofensivos, en consecuencia las bacterias anaerobias realizan el proceso de putrefacción de las materias contenidas en las aguas residuales.

Una vez destruidas las bacterias patógenas contenidas en el excremento y éste convertido en agua y gases, las aguas se convierten en una condición tal que al ponerse en contacto con el aire, rápidamente se oxidan y se transforman en inofensivas, este último cambio se debe a que las bacterias anaerobias son destruidas por otras bacterias llamadas **aerobias** al salir al campo de oxidación.

El objetivo del tanque séptico consiste en retener en sus cámaras el lodo residual durante un periodo de tiempo tal, que pueda tener lugar la licuefacción parcial del lodo y de este modo, reducir a un mínimo las dificultades de su evacuación. Debe hacerse notar que en los tanques sépticos el gasto de escurrimiento del líquido que entra, debe ser siempre igual, en todo tiempo, al gasto de escurrimiento del líquido saliente, dándose como tiempo adecuado de retención 24 horas para que puedan obtenerse efluentes con mejores calidades. Para tiempos de retención menores al recomendado la eficiencia del proceso desciende, mientras que para tiempos mayores la calidad obtenida es mayor. Para casos en que las fosas no tienen afluentes como son fines de semana o vacaciones, el medio microbiológico no sufre alteraciones hasta en 30 días.

Los tanques que almacenan aguas residuales domésticas estancadas reciben el nombre de **pozos negros**. El uso de tanques sépticos y pozos negros, está limitado casi exclusivamente a las viviendas e instalaciones similares, de poco tamaño.

Los tanques sépticos y los tanques de sedimentación, sólo se diferencian en el período de retención y en la frecuencia con que se limpian. En los tanques sépticos el periodo de retención es más largo, y la limpieza menos frecuente. Los resultados obtenidos con los dos sistemas son diferentes. Un tanque séptico puede convertirse en tanque de sedimentación o viceversa, modificando su funcionamiento sin necesidad de cambios en la construcción.

En el cuadro 3.1 se muestran las capacidades recomendadas para tanques sépticos, se basa en el número máximo de alumnos para escuelas de estudios superiores, además de las longitudes adecuadas requeridas para un buen funcionamiento del sistema

CAPACIDADES RECOMENDADAS PARA TANQUES SÉPTICOS								
ESCUELAS DIURNAS								
Nº Máximo	Capacidad del	Capacidad del	Longitud	%	Ancho	%	Altura	%
Alumnos	tanque lt	tanque m <sup>3</sup>	(m)	Incremento	(m)	Incremento	(m)	Incremento
60	2832	2,8	2,59	0,23	1,22	0,20	1,22	0,20
120	5664	5,7	3,35	0,18	1,52	0,17	1,52	0
180	8496	8,5	4,11	0,25	1,83	0	1,52	0
240	11328	11,3	5,49	0	1,83	0	1,52	0
300	14160	14,2	5,49	0,1	2,29	0,1	1,52	0
360	16992	17,0	6,10	0	2,44	0	1,52	0,1
420	19824	19,8	6,10	0,13	2,59	0	1,68	0
480	22656	22,7	7,01	0,89/7	2,59	0,43/7	1,68	
540	25488	25,5	8	1,13	2,7	1,06	1,5	
600	28320	28,3	9		3,2		1,2	
660	31152	31,2	9		3,5		1,2	
720	33984	34,0	10		3,5		1,2	
780	36816	36,8	10		3,5		1,3	
840	39648	39,6	12		3,5		1,2	
900	42480	42,5	13		3,5		1,2	
960	45312	45,3	13		3,5		1,2	
1020	48144	48,1	13		3,5		1,3	
1080	50976	51,0	13		3,5		1,4	
1140	53808	53,8	13		3,5		1,5	
1200	56640	56,6	14		3,5		1,4	
1260	59472	59,5	14		3,5		1,5	
1320	62304	62,3	14		3,5		1,6	
1380	65136	65,1	14		3,5		1,7	
1440	67968	68,0	14		4,0		1,5	
1500	70800	70,8	14		4,0		1,6	
1560	73632	73,6	14		4,0		1,6	
1620	76464	76,5	14		4,2		1,6	
1680	79296	79,3	14		4,2		1,7	
1740	82128	82,1	15		4,5		1,5	
1800	84960	85,0	15		4,5		1,6	
1860	87792	87,8	15		4,5		1,6	
1920	90624	90,6	15		4,5		1,7	
1980	93456	93,5	15		5		1,6	
2040	96288	96,3	15		5		1,6	
2100	99120	99,1	15		5		1,7	
2160	101952	102,0	15		5		1,7	
2220	104784	104,8	15		5,5		1,6	
2280	107616	107,6	15		5,5		1,6	
2340	110448	110,4	15		5,5		1,7	
2400	113280	113,3	15		5,5		1,7	

CUADRO 3.3 Capacidades recomendadas para tanques sépticos.

### 3.3.3 CAMPO DE OXIDACIÓN O POZO DE ABSORCIÓN

A falta de alcantarillado público, las aguas residuales de las habitaciones rurales y sus edificios auxiliares se descargan normalmente en el interior del suelo. La capacidad de absorción tiene, en este caso, una importancia decisiva. Esta aumenta gradualmente, si se remueven las materias residuales sedimentables.

#### 3.3.3.1 PRUEBA DEL TERRENO

Una prueba rápida para determinar la capacidad de absorción del terreno se explica a continuación.

En el terreno donde se construirá el pozo de absorción ó campo de filtración se hace una excavación de 50 x 50 cm de lado y 1 m de profundidad. Se vierten 20 ó 30 cm de agua considerados del desplante de la excavación, se toma el tiempo que toma el agua en descender 2.5 cm ó 1", y con éste dato se puede entrar al cuadro 3.4 para poder determinar el área aproximada que requiere el pozo para una determinada población por servir; el mismo caso se presenta en el cuadro 3.5, pero para las determinaciones correspondientes nos basamos en el tipo de suelo existente en el sitio. Cuando el terreno es demasiado seco conviene repetir la prueba y promediar los tiempos.

PRUEBA DE ABSORCIÓN PARA POZO	
TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN BAJAR 2.5 cm (1") minutos	ÁREA DE ABSORCIÓN REQUERIDA EN EL POZO (m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> /hab/día
2	1
5	1.25
10	1.85
30	3

**CUADRO 3.4**

NATURALEZA DEL TERRENO POZOS DE ABSORCIÓN	
	ÁREA EFECTIVA DE ABSORCIÓN REQUERIDA POR PERSONA (m <sup>2</sup> )
ARENA GRUESA Ó CRAVA	1
ARENA FINA Ó TIERRA	1.25
ARENA FINA CON BARRO	1.15
BARRO CON ARENA	.....
BARRO CON MUCHA ARENA	3
BARRO COMPACTO	no sirve

**CUADRO 3.5**

Pruebas que determinan la capacidad de absorción del terreno.

### **3.4 CARACTERÍSTICAS ADECUADAS PARA OPTIMIZAR EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SISTEMAS DE TANQUE SÉPTICO**

- 1.- El material que se emplee debe ser impermeable y resistente a la corrosión.
- 2.- Debe colocarse un registro para facilitar la inspección y limpieza.
- 3.- Los deflectores se deben limitar a uno frente a la admisión, para evitar altas velocidades en la superficie, y otro frente a la salida, para impedir el escape de espuma. El deflector de la entrada, puede extenderse hasta 46 cm por debajo de la superficie del líquido, y el de la salida unos 45 cm por debajo de dicha superficie.
- 4.- Puede reducirse el escape de gases y lodo en el tubo de salida, por medio de un deflector de gases, bajo el tubo de salida.
- 5.- Capacidad mínima 1500 litros.
- 6.- Tirante mínimo del líquido 1.1 m.
- 7.- El largo debe ser de 2 a 3 veces su ancho.
- 8.- La diferencia de alturas entre las tuberías de entrada y salida es de 5 cm.
- 9.- La distancia mínima a cualquier edificación debe ser de 3 m.

El periodo de tiempo entre limpiezas de un tanque séptico, depende del número de personas a que de servicio, de la cantidad y calidad de aguas descargadas y de otras condiciones; lo que no permite establecer un número de días que sea aplicable a todos los tanques sépticos. Este periodo puede ser de un año o más, bajo condiciones normales y si no se arrojan desperdicios de cocina al tanque; siempre que se hayan usado las dimensiones recomendadas en el cuadro 3.3

Los tanques sépticos se limpian bombeando o drenando el líquido que sobrenada, y bombeando ó sacando de otro modo el lodo. No es necesario ni conveniente quitar todo el lodo en cada limpieza del tanque, pero deben sacarse las arenillas y los materiales no digeribles. No debe hacerse ningún intento de desinfección del tanque durante su funcionamiento normal.

La construcción de tanques sépticos representa un método común para el manejo de aguas residuales en diferentes áreas del país. No obstante, estas obras pueden representar un serio riesgo para las fuentes subterráneas de abastecimiento de agua potable. Los tanques sépticos pueden contaminar el



agua de los pozos y generar epidemias. Asimismo, el uso y mantenimiento inadecuado contribuye a la presencia de nitratos y metales pesados en las aguas del subsuelo.

### 3.5 DESCRIPCIÓN DEL MANEJO Y DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL CAMPUS.

En el plano del Campus proporcionado al autor por las autoridades de la UAEM están ubicadas 27 fosas, sin embargo, en otros documentos analizados solo se identifican 26. Sobre la cantidad exacta, nada puede asegurarse, pues al analizar los ramales existentes y al hacerse notoria la ausencia de un colector de aguas, existe la posibilidad de existir más fosas que las indicadas.

Con respecto a las características de las fosas, son cavidades de aproximadamente 27 m<sup>3</sup> de capacidad (3 m por lado), según los documentos existentes, horadadas sobre lavas basálticas y piroclastos del grupo Chichinautzín y que no cuentan con un acabado de tabique e impermeabilización interior.

Lateralmente en cada una de las fosa y a una distancia de aproximadamente 2 m, existe un pozo de absorción, el cual es una excavación adicional de 1.5 m de diámetro y de aproximadamente 3 m de profundidad sin revestimiento. De acuerdo con la información proporcionada por la UAEM, las fosas y los pozos no cumplen con las características físicas adecuadas para tener un proceso séptico conveniente; concretamente deberían llamarse pozos negros.

La operación de estas estructuras consiste en verter en las fosas los desechos líquidos, una parte de los cuales se infiltra al subsuelo en el fondo de la fosa y el excedente pasa a los pozos negros.

Con el fin de ubicar los elementos que constituyen el sistema de manejo de las aguas residuales de la UAEM, se realiza a continuación un listado de los inconvenientes y la problemática existente en el Campus de la UAEM:

- 1.- Desde su fundación como Universidad Autónoma del Estado de Morelos, ha crecido sin una adecuada planeación en lo que se refiere a la disposición de aguas residuales.
- 2.- El impacto que sus pozos negros ha generado a los mantos acuíferos durante treinta años, ha sido pasado por alto por el Gobierno Estatal, así como por las mismas Autoridades de la Universidad.
- 3.- Básicamente esta problemática tiene sus orígenes, en la falta de conciencia con respecto al impacto ambiental. No debe olvidarse que han pasado nueve años desde que se publicó la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y hasta la fecha la Universidad no ha regularizado sus efluentes.

- 4.- El aspecto más desfavorable es que la UAEM, como Universidad Pública que depende del subsidio del Gobierno Estatal, paralizó casi completamente el presupuesto destinado a la planeación, estructuración y construcción de una red de alcantarillado sanitario adecuada.
- 5.- Se carece de información documental detallada, la poca existente en las oficinas administrativas, casi en su totalidad ha sido supuesta.'

Con relación a esta información, se observaron irregularidades o imprecisiones en los siguientes aspectos:

- 1- Concepto incorrecto de tanque séptico y pozo de absorción. (Pozo negro).
  - 2- Flujos incorrectos entre fosas y pozos negros.
  - 3- Ubicación y capacidad de los pozos negros.
  - 4- Pozos negros perdidos.
  - 5- Carencia de trampas de grasas.
  - 6- Ausencia de ramales colectores.
  - 7- En algunos casos, se tienen en los planos tramos ficticios.
  - 8- Flujo de agua, en casos supuestos.
  - 9- Inadecuada distribución de gastos en las fosas.
  - 10- Combinación de aguas residuales de laboratorios, con aguas residuales de servicios sanitarios.
  - 11- Carencia de alcantarillado pluvial.
  - 12- Fosas con capacidades insuficientes.
  - 13- Nulo mantenimiento.
- 1) Las presuntas fosas sépticas y pozos de absorción construidos, más bien son *pozos negros*, ya que almacenan y estancan las aguas negras recibidas.

En el cuadro 3.6 se muestra una lista de verificación de las características que deberían tener las fosas y pozos del Campus para poder ser considerados sistemas de tanque séptico.

TANQUES SÉPTICOS	FOSAS DEL CAMPUS CHAMILPA	
	SI	NO
* Material impermeable y resistente a la corrosión.		X
* Registro que facilite su inspección y limpia.	Algunos	
* Deflectores de entrada (controla las velocidades), deflectores de salida (impide el escape de espuma).		X
* Deflector de gases.		X
* Tirante mínimo del líquido 1.1 m.	Sí pero azolvados	
* El largo debe ser de 2 a 3 veces su ancho.		X
* Diferencia de alturas entre las tuberías de entrada y salida es de 5 cm.	No se sabe	
* Distancia mínima a cualquier edificación 3 m	X	
POZOS DE ABSORCIÓN	POZOS DEL CAMPUS CHAMILPA	
	SI	NO
* Material impermeable y resistente a la corrosión lateral.		X
* Ventilación natural adecuada.		X
* Registro que facilite su inspección y limpia		X

CUADRO 3.6 Características de sistemas sépticos

2) Flujos incorrectos entre fosas sépticas y pozos de absorción.

\* En los puntos 16, 20 y 21 del plano de la red sanitaria de la UAEM, el flujo del agua pasa primero por el presunto pozo de absorción, y posteriormente por la presunta fosa séptica.

\* En los puntos 3, 4, 14, 18, 19 del mismo plano, el agua llega directamente al pozo de absorción sin antes haber pasado por la fosa séptica.

En la figura 3.2 se muestran las características adecuadas que debe presentar un tanque séptico.

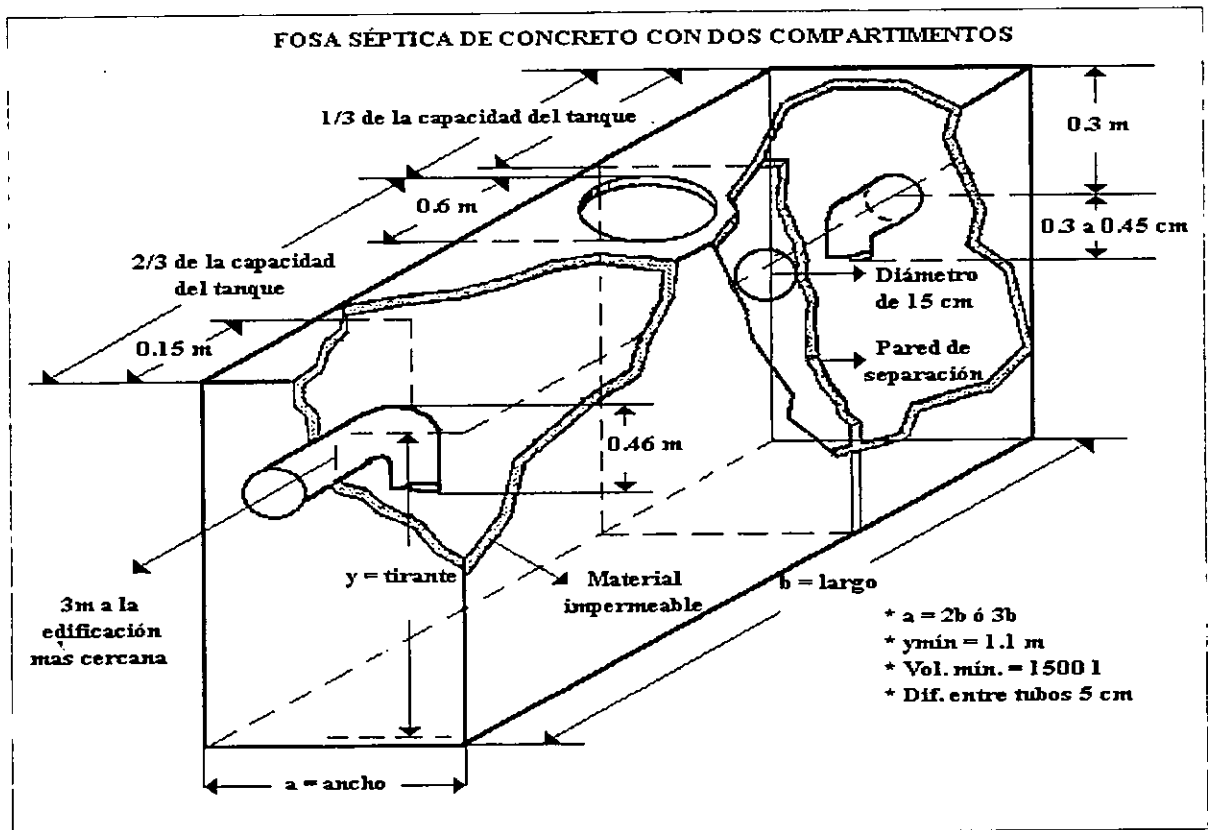


FIGURA 3.2 Características adecuadas de un tanque séptico.

### 3) Ubicación de pozos negros y capacidades.

En una inspección realizada por personal de la Universidad con la finalidad, de corroborar la ubicación señalada en los planos de la red sanitaria de la UAEM, se localizaron 17 fosas de 26, 4 pozos de 21, 2 fosas de absorción no marcadas en los planos, y muchas otras no concordaban con la ubicación proporcionada.

Se comentó que los pozos son cavidades de 1.5 m de diámetro con aproximadamente 3 m de profundidad; de acuerdo con el estudio realizado por el Grupo Geovisa S.A. con respecto a las condiciones litológicas, (2.1.2.2.), se tiene a una profundidad variable de  $\pm$  2.5 m un limo arenoso y de este estrato a 10 m de profundidad existen coladas basálticas alternadas con piroclastos; los primeros 6.5 m de este estrato se encuentra fracturado

Al analizar el cuadro 3.5, y al caracterizar la naturaleza del terreno, se recomienda tener un área efectiva de absorción de 1 a 1.5 m<sup>2</sup> por persona.

Mediante una prueba de absorción aplicable al terreno (cuadro 3.4), se tendría que en un cubo de 1 m por lado, en un tiempo "X" se deben drenar 0.0254 m<sup>3</sup> (25.4 l) de agua, y descender su nivel de agua a -2.54 cm en la sección mencionada.

Si se considera el tiempo "X" = 3.5 minutos (cuadro 3.4) como el más favorable entre el rango seleccionado de 2 a 5 minutos, se presenta una absorción de 0.12 l/s.

Para una aportación de 0.12 l/s, se requiere de 1 m<sup>2</sup> de área de absorción, por lo que los pozos existentes en el campus al poseer un área de 1.767 m<sup>2</sup>, absorben 0.2 l/s.

Refiriéndonos a los afluentes a cada pozo según el cuadro 4.2, se observa que de las 29 fosas sépticas mencionadas, 15 de éstas según el plano sanitario recibirían un gasto menor a 0.2 l/s, y el resto de las fosas comprende todo tipo de gastos superiores a 0.2 l/s, hasta un 2.35 l/s proveniente de los edificios 1, 2 y 18, y captado por la fosa N°23.

En cuanto a área de absorción 14 pozos reciben una aportación mayor de la que pueden infiltrar, cabe recordar que las llamadas fosas sépticas al igual que los pozos de absorción carecen de recubrimiento, lo que implica que ambos funcionan como campos de absorción.

Lo anterior es inaceptable en virtud de que no se consigue la septicidad en las descargas de la UAEM, esto provoca la absorción de un líquido más contaminado del que llega a los pozos negros.

Al analizar los 9 m<sup>2</sup> como área de absorción de la fosa con respecto a 1.767 m<sup>2</sup> del pozo, ambos tienen una capacidad de drenado 1.08 l/s, lo que representa que de las 15 fosas restantes, 14 logran filtrar adecuadamente sus aportaciones, sin olvidar que este proceso no es el adecuado.

Para la fosa y pozo N° 23 con aportación de 2.35 l/s y área de captación de 10.767 m<sup>2</sup>, se debería tener un área de absorción de 19.58 m<sup>2</sup>. Lo que representaría un diámetro de pozo de 4.99 m, no considerando desde luego el área de la fosa.

#### 4) Pozos negros perdidos.

Nueve de las fosas no han sido localizadas, ni la mayor parte de los pozos, se supone que se localizan bajo carpetas asfálticas de concreto ó jardineras.

5) Carencia de trampas de grasas.

En los planos proporcionados por la UAEM no están ubicadas las trampas de grasas, y durante un recorrido de inspección no se localizó ninguna que intercepte del agua aquellas sustancias desechadas por los comedores del campus, detectándose en algunos tramos de la red sanitaria incrustaciones de grasa en paredes de tuberías, ocasionando un severo problema, ya que se reduce el área inicial de servicio de los tubos, además de que tales cantidades de grasa vertidas a las fosas inhiben la formación de bacterias que fermentarán los constituyentes del agua residual, si hubiera sido el caso de un tanque de sistema séptico.

6) Ausencia de ramales colectores.

Prácticamente la mayor parte de la red de descarga está constituida por ramales locales, que atienden a una reducida área, pero a un número elevado de población. Una mejor planeación hubiera llevado a un sistema ordenado y regular de ramales y colectores que descargaran su aguas específicamente en un lugar adecuado.

7) En algunos casos, tramos ficticios.

Durante la inspección a las diversas fosas y pozos, hubo casos en que varios ramales que coincidían en éstos puntos, no estaban localizados en el plano, e incluso se desconocía su procedencia, tal fué el caso de algunos ramales ubicados en el mismo que no aparecieron en los pozos. Puede darse el caso de que se localicen bajo el nivel de aguas, cosa que no fué posible detectar debido al nulo mantenimiento de los pozos.

8) Flujo de agua, en casos supuesto.

Existen algunos edificios como los denominados con los números 15, 16 y 17 que vierten de alguna manera sus aguas al pozo 12, el flujo de agua del edificio 15 antes de llegar al pozo no se observa claramente su acceso; en los edificios 51 y 25 existen dudas, pues no se sabe de que edificios proviene ni la proporción de aguas que descargan, ya que ambos descargan en las fosas 21 y 25; el pozo 14, que debe recibir el agua del edificio 27, al existir un ramal lateral que colecte sus aguas, quizá esté sobrando, a menos que se tenga contemplada en un futuro la construcción de alguna estructura que vierta sus aguas a él.

9) Inadecuada distribución de gastos en los tanques.

Resulta evidente que siendo pozos de dimensiones aproximadas como se observa en los documentos de la Universidad, atiendan a poblaciones tan discrepantes como es el caso del pozo 23, que capta

el agua de los edificios 1, 2 y 18 a razón de  $126.8 \text{ m}^3/\text{día}$  en un período de 15 hrs, es decir 2.35 l/s. Y el pozo 13, que capta el agua del edificio 41, a razón de  $2 \text{ m}^3/\text{día}$  en un período de 15 hrs, es decir 0.04 l/s.

#### 10) Combinación de aguas agresivas (laboratorios), con aguas residuales estables.

Este es uno de los errores mas graves en que se incurre, el del combinar las aguas residuales. Si se diera un tratamiento al agua al concluir su camino en algún punto de la red, se tendrían que tratar en conjunto, y tanto los medios aerobios como los anaerobios en combinación con sustancias químicas no permiten una buena degradación de la materia orgánica; posteriormente toda esta agua debe tratarse con procesos específicos para degradar de ella la presencia de dichas sustancias. Pero desafortunadamente, debido a los problemas económicos del país, se tiene este tipo inadecuado de manejo de las aguas residuales.

#### 11) Carencia de alcantarillado pluvial.

Para toda población es recomendable una red que desaloje las aguas residuales y otro que permita en temporada de lluvias el desalojo del agua pluvial, ya que ésta última al llegar a los puntos de reunión del agua, básicamente no se le practicaría alguna septización. De esta manera se evitaría que las aguas negras se diluyeran con el agua pluvial, disminuyendo la capacidad de los tanques receptores y la cantidad de agua por tratar.

Para el caso de la UAEM, esta red colectora pluvial no existe, sólo el pozo 11 capta agua pluvial en un pequeño tramo de su ramal para ser concentrada junto con el agua proveniente del edificio número 2.

#### 12) Tanques con capacidades insuficientes.

Analizando los pozos comentados en el inciso 8, el pozo 23 que capta el agua de los edificios 1, 2 y 18 a razón de  $126.8 \text{ m}^3/\text{día}$ , (2.35 l/s), requiere de acuerdo con el cuadro 3.1 para una población de 2200 personas una capacidad de tanque de  $105 \text{ m}^3$ , es decir de un tanque de dimensiones de 15 m de largo, 5.5 m de ancho y 1.6 m de alto. El pozo 13, que capta agua del edificio 41, a razón de  $2 \text{ m}^3/\text{día}$  (0.04 l/s), requiere de acuerdo con la cuadro 3.1, para una población de 11 personas; pero la población mínima que se contempla en el cuadro es de 60 personas, con éste se toman los parámetros, indicándose una capacidad de tanque de  $2.8 \text{ m}^3$ , es decir de un tanque de dimensiones de 2.59 m de largo, 1.22 m de ancho, y 1.22 m de alto. En estos se debe de contemplar un 25% de vacío, es decir del volumen del tanque el agua ocupa solo un 75%.

## 13) Nulo mantenimiento.

Desde su construcción las fosas no han recibido ningún tipo de mantenimiento, la mayoría de ellas se encuentran obstruidas, algunas tienen derrames superficiales de agua que ya no le es posible filtrar, ya que su contenido de lodos es excesivo, además de una gran cantidad de sólidos gruesos que las obstruyen, por consiguiente no tiene ninguna septización el agua al estancarse en estos puntos, y cuando el agua se infiltra al subsuelo se encuentra en condiciones de muy baja calidad, con características adecuadas para contaminar gravemente el acuífero, todo esto aunado a los insoportables olores que se generan, percibidos en muestreos al ser destapados los pozos; tales gases no pueden ser liberados por la ausencia de ventilación.

## 3.6 CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DISPUESTAS

De acuerdo con los datos de Melgasa y Flores (1995) sobre la caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas provenientes de la UAEM (Cuadro 3.8); al compararlos con los límites máximos permisibles, de manera general, para las descargas de aguas residuales de NOM-001-ECOL-1996, por contar con una similitud con la calidad de las aguas citadas; así como los criterios de calidad para agua potable (SEDUE, 1989), se puede deducir que:

El efluente proveniente de la UAEM, de acuerdo con los límites de la NOM-001-ECOL-1996, para las descargas de aguas residuales (Cuadro 3.8), presentan valores por arriba de lo indicado en pH (hasta 9.61) y DBO total (hasta 582.86 mg/l); y en algunos casos, en grasas y aceites hasta (27.3 mg/l), SST (hasta 133 mg/l) y coliformes totales (hasta 2.4 E+9 NMP/100ML)

En el cuadro 3.7 Se presenta una síntesis de la importancia sanitaria de diversos parámetros de calidad del agua, incluyendo los contemplados por la NOM-001-ECOL-1996.

PARÁMETRO mg/l	CONTAMINACIÓN FUERTE	CONTAMINACIÓN MEDIA	CONTAMINACIÓN LIGERA
Sólidos en suspensión totales	500	300	100
DBO <sub>5</sub> , A 10°C	300	200	100
DBO <sub>5</sub> , A 20°C	400	220	110
Nitrógeno total	86	50	25
Grasas	40	20	0

CUADRO 3.7 Parámetros no contemplados por las NOM-001-ECOL-1996. Representativos de contaminación.



PARAMETROS		Lim. máx perm.	EFLUENTES/DESCARGAS DE LOS EDIFICIOS ANALIZADAS EL 16/AGOSTO/1994						
			agua residual	2	3	7	11	14	15
Temperatura	°C	40	26	25.8	25	26	25.5	26.2	25.5
Conduc. eléctrica.	µmhos/cm	8000	258	801	446	1691	1004	141.1	275
pH		6 a 9	5.96 Acida	9.61 Alcalina	6.29	9.61	8.64	8.09	7.3
Sólido sedimentable	mg/l	1	2.3	0.1	5.5	3.5	2.5	25.3	0.05
Aluminio	mg/l	* 20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arsénico	mg/l	0.2	0.0035	0.0007	0.0004	0.0007	ND	ND	0.0006
Boro	mg/l	*	0.041	0.039	ND	0.179	0.06	ND	0.015
Cadmio	mg/l	0.2	0.017	0.001	0.005	ND	ND	ND	0.041
Cianuros	mg/l	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	mg/l	4	1.867	ND	0.196	0.167	0.027	0.093	ND
Cromo	mg/l	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fierro	mg/l	*	8.1	2	20.053	1.667	0.039	5.313	1.833
Fluoruros	mg/l	* 6	0.18	0.16	0.08	0.19	0.01	0.01	0.04
Manganeso	mg/l	*	0.93	0.08	0.228	0.78	0.029	0.043	0.22
Mercurio	mg/l	0.005	*	*	*	*	*	*	*
Níquel	mg/l	2	ND	ND	0.033	ND	ND	ND	ND
Plomo	mg/l	0.2	0.37	ND	0.11	0.06	0.11	0.22	0.22
Selenio	mg/l	*	*	*	*	*	*	*	*
Zinc	mg/l	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sust. act. azul d m.	mg/l	* 60	1.54	0.43	1.58	0.06	0.31	0.1	0.06
Color	U Neferom.	*	281	58	550	550	547	419	73
Grasas y aceites	mg/l	15	14.8	1.7	8	27.3	16.3	21.6	3.8
DQO	mg/l	*	270.2	23.16	432.32	582.86	557.06	92.64	42.46
DBO Total	mg/l	NA	228.83	21.47	211.22	422	115.8	70.29	20.06
SST	mg/l	NA	112	8	123.3	133	44	110	24
Coliformes fecales	NMP/100ml	* 2000	3	3	>=2.4 E+9	>=2.4 E+9	>=4.6 E+8	>=2.8E+7	>=2.1E+7
ND..... No Detectado		NA ---- No aplicable		* ---- No definido	Perímetro	Fuera de la NOM-001-ECOL-1996			

CUADRO 3.8 Comparación de parámetros de calidad NOM-001-ECOL 1996 con las descargas de laboratorios de la UAEM.

PARÁMETRO	UNIDAD	INFLUENTE
DBO <sub>5</sub> Total	mg/l	162 a 243
Sólidos suspendidos totales	mg/l	186
pH	Unidades pH	7.19
Grasas y aceites	mg/l	23
Nitrógeno total	mg/l	24.4
Fosfatos totales	mg/l	29.7
Coliformes totales	NMP/100ml	1438x10 <sup>6</sup>
Sólidos sedimentables	mg/l	0.3
Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	17.2

CUADRO 3.9 Parámetros no contemplados en el estudio realizado por la UAEM.

En virtud de que no se cuenta con el análisis de laboratorio de todas las descargas, se incluye el cuadro 3.9 obtenido de las aguas residuales de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el Distrito Federal, que se consideran de características similares.

En el cuadro 3.10 se describen los principales parámetros de calidad del agua, se caracterizan en cuanto a incidencia, origen e influencia de éstos al estar presentes en el agua.

PRINCIPALES PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA		
PARÁMETRO	UNID	DESCRIPCIÓN
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/l	Cantidad de oxígeno requerida por la materia orgánica disuelta para su descomposición. Se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requiere para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	Cantidad de oxígeno requerida para la oxidación de toda la materia oxidable, incluyendo materia orgánica e inorgánica. La velocidad de las reacciones bioquímicas que utiliza el oxígeno se incrementa con una mayor temperatura, por lo que los niveles críticos de oxígeno se presentan durante el verano.
Oxígeno Disuelto	mg/l	Oxígeno molecular disuelto en el agua, indispensable para la supervivencia de la mayoría de los organismos aerobios.
Coliformes Fecales y Totales	NMP/100ml	Grupo de bacterias que tienen su desarrollo en el conducto intestinal de los humanos, cada persona evacua al día de 100 000 a 400 000 millones de organismos coliformes; su presencia determina contaminación fecal y posiblemente por bacterias patógenas
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/l	(Detergentes), sustancias solubles que abaten la tensión superficial, desintegran las partículas aglomeradas y emulsifican las grasas. Pueden ser inhibidoras de los procesos biológicos de tratamiento.
Nitrógeno de Nitritos y Nitratos	mg/l	El primero representa una etapa intermedia de oxidación; el nitrógeno de nitratos es el producto final de la oxidación del nitrógeno.
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	Junto con el nitrógeno orgánico integra el nitrógeno total que, aún cuando es un nutriente bioestimulante que beneficia los procesos biológicos, puede causar eutroficación en cuerpos receptores. Se encuentra como sales de amoníaco, ó como amoníaco libre; en agua residual indica contaminación reciente con productos nitrogenados.
Fosfatos Totales	mg/l	El fósforo al igual que el nitrógeno es un nutriente bioestimulante que estimula el crecimiento de algas; proviene de la excreción humana y de los detergentes.
Grasas y Aceites	mg/l	Incluye grasa de origen vegetal, animal y derivados del petróleo; pueden causar obstrucciones en las líneas de conducción, formación de natas ó inhibición del desarrollo de poblaciones bacterianas.
Conductividad	µS/cm	Se relaciona con la concentración de sólidos disueltos (sales), y es proporcional al pH, la turbiedad y el color.

Alcalinidad	mg/l	La acidez y la alcalinidad miden la capacidad de la muestra para reaccionar con los iones oxhidrilos y los iones hidrógeno, respectivamente. Se divide en alcalinidad a la fenolftaleína y al anaranjado de metilo o total. Ayuda a amortiguar los cambios en el PH, aunque puede ser perjudicial para los procesos biológicos y causar problemas por incrustaciones en los conductos.
Dureza Total	mg/l	Propiedad debida a la presencia de iones metálicos de calcio y magnesio, principalmente, además del fierro y estroncio; evita que el jabón haga espuma y produce incrustaciones en los sistemas de agua caliente. No representa un riesgo para la salud.
Potencial Hidrógeno (pH)	Unid	Es el logaritmo común negativo de la actividad del ion hidrógeno. Es una medida de equilibrio ácido-base de compuestos disueltos.
Color	Unid	El agua residual reciente suele ser gris; sin embargo cuando los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno disuelto en el agua residual se reduce a cero y el color cambia a negro. Algunas aguas residuales del tipo industrial añaden color al agua residual
Temperatura	°C	La temperatura del agua residual es generalmente más alta que la del agua de suministro, debido a la adición de agua caliente procedente de las actividades del uso humano. Es un parámetro muy importante por su efecto en la vida acuática, tanto fauna como flora, en reacciones químicas, velocidades de reacción bioquímica y la transferencia de gases. El oxígeno es menos soluble en agua caliente; y al aumentar la temperatura aumenta la velocidad de degradación de los compuestos orgánicos.
Materia Orgánica	mg/l	La materia orgánica presente en las aguas residuales, es de origen animal, vegetal y compuestos sintéticos orgánicos creados por el hombre. La presencia de materia orgánica biodegradable en los cuerpos receptores reduce la cantidad de oxígeno. La presencia de materia orgánica no degradable o difícilmente degradable, complica el tratamiento de las aguas residuales.
Sólidos Totales	mg/l	Toda aquella materia que queda como residuo al evaporar el agua a una temperatura entre 103 y 105°C.
Sólidos Sedimentables	mg/l	Sólidos en suspensión que pueden sedimentar por influencia de la gravedad.
Sólidos no Sedimentables	mg/l	Componentes de los totales de tamaño menor a 10 micras.
Sólidos disueltos ó filtrables	mg/l	Componentes de los totales, comprenden partículas de tamaño de iones.
Sólidos Fijos ó Volátiles	mg/l	En función a su volatidad a 600°C, la fracción orgánica se oxida, convirtiéndose en gas y la orgánica permanece como ceniza.
Metales Pesados	mg/l	Algunos metales tienen efectos tóxicos sobre la materia viva, aún en concentraciones mínimas. Los principales son el plomo, manganeso, cromo hexavalente, cadmio y mercurio.
Turbiedad (UT)	Unid	Es la propiedad que impide la penetración de la luz en la muestra. Se mide en laboratorio con el turbidímetro de Jackson o mediante técnicas nefelométricas. Tiene relación directa con la materia sólida presente en el agua.
Cloruros	mg/l	Son sustancias inorgánicas presentes en la orina, no removibles en procesos biológicos.

CUADRO 3.10 Principales parámetros de calidad del agua.

## IV ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO

Considerando la problemática planteada en el capítulo precedente, se presentan a continuación las posibles alternativas de solución, que se han identificado con la siguiente denominación:

Alternativa 1: SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO

Alternativa 2: RECUPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TANQUE SÉPTICO

Alternativa 3: TANQUES SÉPTICOS COMBINADOS CON PLANTA DE TRATAMIENTO

### 4.1 ALTERNATIVA 1

#### SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO

##### DESCRIPCIÓN

Basados en el plano de la red sanitaria de la UAEM, se aprecia la topografía existente en el conjunto, en descendencia de niveles, incide en un punto al que llamaremos X, el cual será punto de reunión del agua residual generada, que será conducida por una nueva red sanitaria única constituida por colectores y un emisor.

Canalizadas las aguas residuales en este punto se dispondrá de ellas para su tratamiento. En esta alternativa se plantea la construcción de una planta de tratamiento a nivel secundario.

Para la elección de los procesos y operaciones unitarias se deben evaluar factores que determinarán las características de tratamiento a que estarán sujetas estas aguas; entre los factores que destacan se encuentran las aportaciones y la calidad del afluente.

Cabe mencionar que para construir esta red se procederá a:

- 1.- Localizar descargas puntuales desconocidas hasta el momento de algunos edificios; donde gran parte de la infraestructura sanitaria se localiza bajo obras de concreto y asfalto, lo que implica, demolición de estructuras y de accesos cercanos a estas descargas.
- 2.- Localizadas las descargas en su totalidad y procurando utilizar la mayor cantidad de red existente, y trazada la nueva red, se procede a demoler gran parte de las vías de acceso a los diferentes edificios que constituyen la UAEM. Importante resulta destacar, la recién ampliación y asfaltado de todos los accesos viales del conjunto universitario. Es importante comentar que el tipo de suelo para fines de excavación es tipo III, posee gran cantidad de roca basáltica superficialmente.
- 3.- Iniciados los trabajos de demolición y zampeo, la interferencia de acceso a los edificios, muy probablemente interferirá con las actividades universitarias.

4.- Simultáneamente a esta etapa se procede al tendido de tubería que constituirá la red, construcción de pozos, recubrimiento y repavimentación de los tramos que la constituirán.

5.- Elegido el punto "X", y diseñada la planta de tratamiento a construir, de manera simultánea a la construcción de la red, o como se disponga en un programa calendarizado, se procederán con las etapas de construcción de la misma. En todo momento deben tenerse presentes los inconvenientes tanto constructivos, operacionales y de mantenimiento que presentará, así como las ventajas que brindará a la comunidad.

6.-Concluidas red y planta de tratamiento, se paralizarán los servicios de dotación de agua potable a las instalaciones de la UAEM, con el fin de integrar las descargas puntuales con los nuevos tramos colectores de la red.

7.- Integrado el nuevo sistema, se procede al desazolve de los antiguos tanques negros de servicio, se desinfectarán y se cubrirán; para olvidar con el tiempo la contaminación que una vez generaron las instalaciones de la universidad.

#### 4.2 ALTERNATIVA 2 RECUPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TANQUE SÉPTICO

##### DESCRIPCIÓN

Se corrigen fallas conceptuales y técnicas, que incorrectamente han sido utilizadas por la UAEM para la disposición de sus aguas residuales generadas.

Entre los puntos por recomendar y rescatar de un tanque séptico con características adecuadas para recibir y depurar las aguas residuales son los siguientes:

\* Conjuntar previamente al proceso séptico del tanque las operaciones que posibiliten la separación de sólidos inorgánicos flotantes, arenas y grasas, con el fin de acondicionar las aguas residuales previas a su tratamiento, constituido por rejillas, desarenador y separador de grasas. Ya que éstos pueden interferir en el funcionamiento del sistema de tratamiento.

\* Para el caso de efluentes provenientes de laboratorios, se sugiere la recuperación de las sustancias o en su caso subproductos procedentes de las actividades de los mismos. En los laboratorios pueden instalarse tuberías separadas, las aguas se conducen a tanques donde reciben tratamiento adecuado para poder depurar las sustancias vertidas; éste tratamiento previo evita la inhibición del proceso anaerobio en el tanque séptico. Esta práctica no es común, sin embargo, los resultados pueden ser sorprendentes.

- \* Los tanques sépticos deben cumplir con las características recomendadas en el cuadro 3.3.
- \* Mejor calidad en el efluente se logra con tanques de dos compartimentos, con periodos de retención que van de 24 a 72 hr, y remociones anuales. Teniendo como efluente medio: DBO = 80 mg/l, sólidos suspendidos = 28 mg/l.
- \* El efluente de las fosas debe fluir a través de un filtro de arena, que se emplea para el desbaste final de carga orgánica y sólidos.
- \* El efluente tratado puede ser vertido en alguna grieta, canalizarse al suelo subyacente, almacenarse en un tanque para riego de jardines.

Para llevar a cabo esta alternativa se procederá a:

- 1.- Localizar descargas puntuales desconocidas hasta el momento de algunos edificios, lo que implica, demolición de estructuras y de accesos cercanos a estas descargas.
- 2.- Localizadas las descargas en su totalidad y utilizando la mayor cantidad de red existente, se demuele el área adecuada, se procede a la excavación y construcción de los elementos que constituirán éste sistema, por la magnitud de la obra, las interferencias a las actividades son mínimas.
- 3.- Concluidos los elementos del tanque, y a fin de integrar las descargas puntuales, se paralizarán los servicios de dotación de agua potable a los respectivos edificios aportadores. Se procede al desazolve de los antiguos tanques negros, se desinfectarán y se cubrirán.

#### 4.3 ALTERNATIVA 3 TANQUES SÉPTICOS COMBINADOS CON PLANTA DE TRATAMIENTO

##### DESCRIPCIÓN

Prácticamente esta alternativa contiene un elemento más que complementa la alternativa dos, lo que implica en el tren de tratamiento la presencia de los siguientes elementos, rejilla, desarenador, trampa de grasas, tanque séptico, planta de tratamiento, cámara de cloración (opcional), filtro de arena.

Este tipo de planta es prefabricada, elaborada a base de PVC y polietileno de alta densidad, posee un peso aproximado de 260 kg, atiende a 1.5 m<sup>3</sup>/día, su instalación es expedita, no emplea equipo y funciona con microorganismos que se generan de manera natural dentro de ella, realizan procesos físicos y biológicos de tipo anaerobio a nivel secundario con pulimiento del efluente, de tal manera que no requiere insumos, lo cual simplifica su operación y reduce el mantenimiento a la extracción temporal de los lodos, mismos que se digieren plenamente y son fácilmente acondicionables para

su disposición final, acorde con lo que establecen las NOM.

La planta está constituida por:

- \* Tubo alimentador y de limpieza con difusor en el fondo.
- \* Cámara de digestión.
- \* Sedimentador de alta tasa con módulos tubulares.
- \* Filtro biológico con empaque sintético.
- \* Campana y conducto para la eliminación del gas.
- \* Recolector perimetral con líneas dispersoras del efluente.

La remoción de grasas es del orden de 90 % y del 5 %.

La eficiencia en remoción orgánica de la fosa séptica es del orden del 30 %.

#### **REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE**

Las eficiencias que se alcanzan son del 40 % en términos de DBO<sub>5</sub> total.

**FILTRO ANAEROBIO.** La finalidad de esta unidad es retener hasta un 75 % del sustrato remanente y dar pulimento en los sólidos suspendidos

El rendimiento conjunto de las operaciones y de los procesos del tren de tratamiento descrito es del 85 %.

Para llevar a cabo esta alternativa se procederá a:

- 1.- Localizar descargas puntuales desconocidas hasta el momento de algunos edificios, lo que implica, demolición de estructuras y de accesos cercanos a estas descargas.
- 2.- Localizadas las descargas en su totalidad y utilizando la mayor cantidad de red existente, se demuele el área adecuada, se procede a la excavación y construcción de los elementos que constituirán éste sistema. Por la magnitud de la obra, las interferencias a las actividades son mínimas.
- 3.- Concluidos los elementos previos a la planta, y si los efluentes exceden 1,5 m<sup>3</sup>/día, existe la posibilidad de colocar varias plantas prefabricadas en serie, recibiendo cada una la misma aportación; si este arreglo no resultara el óptimo se puede construir de concreto en sitio una planta que trate las aportaciones correspondientes.
- 4.- A fin de integrar las descargas puntuales, se tendrán que paralizar los servicios de dotación de agua potable a los respectivos edificios aportadores. Se procede al desazolve de los antiguos pozos negros, se desinfectarán y se cubrirán.

## 4.4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

La evaluación de las alternativas se realizó mediante una matriz de tipo Leopold; el método sugiere la asignación de calificaciones de 0 a 10, tanto en magnitud, como en importancia relativa de las diferentes etapas de construcción y de operación; ya que son factores decisivos en el renglón económico de cualquier alternativa propuesta, a continuación se muestra el cuadro 4.1 donde se plantean y evalúan las alternativas.

	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
	M	Ir	M	Ir	M	Ir
<b>CONSTRUCCIÓN</b>						
Levantamiento topográfico	10	10	1	10	1	10
Preparación del sitio	10	10	1	10	1	10
Excavación	10	10	2	10	2.5	10
Tendido de tubería	10	10	1	10	1	10
Magnitud del sistema séptico	10	10	1	10	1.5	10
Efluentes químicos	10	10	3	10	3	10
Tiempo de construcción	10	10	2	10	3	10
	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>11</b>	<b>70</b>	<b>13</b>	<b>70</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
Costo de materiales	10	10	0.5	10	3	10
Costo de mano de obra	10	10	0.5	10	1	10
	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>20</b>
<b>OPERACIÓN</b>						
Costo de mantenimiento	7	10	1	10	1	10
P. Biológica	10	10	0	10	0	10
P. Química	10	10	3	10	3	10
Costo de reuso	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>30</b>
Calidad de efluente (NOM)	9	10	3.5	10	8.5	10
<b>INVERSIÓN</b>	<b>2</b>		<b>0.21</b>		<b>0.59</b>	
<b>OPERACIÓN</b>	<b>0.9</b>		<b>0.13</b>		<b>0.13</b>	
<b>CALIDAD DE SERVICIO</b>	<b>0.9</b>		<b>0.35</b>		<b>0.85</b>	

CUADRO 4.1 Análisis de las alternativas mediante una matriz tipo Leopold.

No únicamente se evalúa la importancia del costo de inversión y de mantenimiento de cada una de las alternativas, sino que también se consideró como parámetro del 50% de la calificación la calidad del efluente proveniente del proceso de septización de cada una de las alternativas.



## 4.5 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA CONVENIENTE

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
INVERSIÓN	2.9	0.34	0.72
SERVICIO	0.9	0.35	0.85

Al evaluar las alternativas con respecto a la inversión y servicio, resulta óptima la N° 3.

## 4.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROCESOS ALTERNATIVOS DE MEJORAMIENTO

## 4.6.1 CÁMARAS DE TANQUE SÉPTICO

La Comunidad de Sistemas Sépticos en el Congreso General reportó estudios realizados a sistemas ambientales de tanques sépticos, obteniendo sistemas con tecnología y costos adecuados.

En 1977 el organismo encargado del Control de la Contaminación del Agua, autorizó la rehabilitación y remplazamiento de tanques sépticos, ya que el 30% de las aguas residuales de los Estados Unidos, son captadas y tratadas en estos sistemas.

Los elementos que lo constituyen y sus eficiencias, son aspectos que interesan al proyectista, por lo que a continuación se listan estudios comparativos de tanques sépticos simples y tanques con compartimentos, utilizados únicamente para pequeños influentes.

## 4.6.1.1 NECESIDADES PARA EFICIENTAR LOS TANQUES SÉPTICOS.

Incorrectamente el tanque séptico ha sido considerado como productor de pobres efluentes, ya que acumula un alto contenido de lodos en el campo de oxidación, lo que genera la falla del sistema.

La baja calidad en el efluente es generada por la presencia de un exceso de sólidos, DBO y otros nutrientes.

La capa biológica es aproximadamente de 1" a 2" de espesor y su permeabilidad depende del delicado balance de la carga natural y no natural.

La carga es causada por la cantidad de agua, nutrientes y sólidos descargados, generados por la degradación biológica, licuefacción, desmineralización, gravedad, y capilaridad en y bajo la capa biológica.

Para evitar fallas por obstrucción, se puede representar en la relación descarga/carga, un factor de

seguridad tan grande como se desee. La capacidad natural del lodo puede manipularse y maximizarse. Sin embargo, el mayor costo técnico se incrementa con los factores de seguridad.

En caso de que se obstruya el lecho de filtración por exceso de lodos, debe incrementarse el tamaño del tanque séptico lo suficiente para que el tratamiento degrade y reduzca la concentración de lodo; y de esta manera se elimina la necesidad de remplazo ó expansión del campo de filtración.

#### 4.6.1.2 COMPARACIONES DE TANQUES SÉPTICOS.

Con anterioridad a 1920 habían estado probándose tanques con aportaciones pequeñas, sin embargo estas pruebas habían sido conducidas con limitaciones en sus alcances.

Estudios posteriores a 1920 presentaron cuantificaciones a detalle de las características y eficiencias del tanque.

Un interesante estudio nos lleva a Australia a inicios de los años 30s, donde se probaron aproximadamente 700 tanques sépticos de aguas negras con capacidades entre 0.16 y 38 m<sup>3</sup>.

Satisfactoriamente los tanques realizados carecieron de olores durante tres años, no tuvieron una excesiva concentración de sólidos y no requirieron de remoción de sólidos.

Los tanques de (1.4 y 1.6 m<sup>3</sup>) para seis personas, con 2 compartimentos iguales fueron poco más eficientes que el tanque de simple compartimento; el de doble compartimento donde el primero era más largo, presentó mayor eficiencia, ya que el primer compartimento almacena más sólidos, razón por la cual el segundo compartimento puede construirse más pequeño.

Se observó que los efluentes de los tanques simples, excepto los que tienen una gran capacidad, presentaban más turbiedad que el de los tanques de dos compartimentos.

La mejor admisión del influente que no obstruye, es una "T", con su parte baja no más allá de 46 cm bajo la línea del agua, y cuya parte superior debe ubicarse sobre el nivel del agua. Construir deflectores de muro causa obstrucciones en la admisión.

Investigaciones previas a 1946, como primeros estudios en América, se basaron en la eficiencia de tanques sépticos, donde se compararon parámetros, dimensiones, formas y periodos de retención de los tanques.

El periodo de retención se define como la capacidad del tanque/gasto de aportación.

La Universidad de Illinois estudió 5 diferentes tanques, cada uno con una capacidad de 3.8 m<sup>3</sup>, recibían una aportación de 4 ciclos/día, su dotación residual provenía de una ciudad y correspondía a 3.3 m<sup>3</sup>.

Analizados los arreglos, el tanque de dos compartimentos es el que brinda mejores resultados.

La comparación en tiempos de retención fué de 72, 48 y 26 horas; cuando los estudios concluyeron resultó que el tanque más eficiente fué el de dos compartimentos con 72 horas de retención en el primer compartimento.

Los ensayos con tanques de 2 compartimentos y filtros de arena mostraron que la carga superficial del tanque/profundidad, presenta un ámbito de efectos ineficientes con una relación de 0.75 -2.

De 3 tanques instalados en una granja, se confirmó que el efluente proveniente del segundo compartimento era mejor que el del primero.

En un segundo estudio dirigido por la Universidad de Illinois a fines de los años 40s, se usaron 6 diferentes tanques: circular, cilíndrico, rectangular, y dos poco profundos tipo Imhoff. Las pruebas se realizaron con aguas comunales, donde las variaciones en los periodos de retención era de 6 y 48 horas de dosificación.

En el tanque y en el efluente se medían DBO, cantidad de sólidos, turbiedad y acumulación de lodos, posteriormente se probaron los filtros de arena.

Las primeras pruebas en serie mostraron que los tanques con dos compartimentos sin deflectores de admisión y de salida, tienen una eficiencia de un 10 y 20 % por abajo de los 4 tanques simples con deflectores.

Todos los tanques probados cumplieron mejor con periodos largos de retención.

Es notorio e importante el perfeccionamiento de los resultados sobre estudios previos.

El efluente del tanque se calibra basado en 5 parámetros incluyendo la DBO. La primer serie mostrada en la retención del líquido es importante por la DBO, sólidos volátiles removibles, sólidos suspendidos y sedimentables.

Se pensaba que el tanque Imhoff no proporciona influencia al mezclado con lodo asentado y por lo tanto el efluente era más turbio. La turbiedad es causada por la materia coloidal, sin embargo, sólo el tanque Imhoff no descargó lodos durante el verano.

En la segunda serie de estudios los tanques se probaron a 27 horas de tiempo de retención y se utilizaron deflectores de gas; muy importantes para el perfeccionamiento de la calidad del efluente.

Aumentando la retención del líquido se mejora la DBO y se remueven más sólidos.

La mejor calidad en el efluente se obtiene al utilizar tanques de dos compartimentos con deflectores de gas, o tanque Imhoff de simple compartimento con deflectores de gas.

En los Estados Unidos se publicaron 3 informes en los estudios del Servicio de Sanidad, acerca de división de compartimentos.

En el primer año los estudios incluyeron 7 tanques de 1.7 y 2.5 m<sup>3</sup>, usando como parámetro de comparación los sólidos suspendidos.

Los descubrimientos indicaron la superioridad de los arreglos de los multicompartimentos y la relativa y escasa importancia del pequeño cambio en las formas del tanque.

Al incrementar el tiempo de retención se mejora la calidad del efluente; importantes mejoras para tanques simples se lograron con tiempos de retención de 24 a 48 horas.

Los tanques con multicompartimentos mostraron más estabilidad en su efluente que en experimentos casi equivalentes con tanques simples, de 7.6 m<sup>3</sup> con retenciones de 96 a 196 horas, de 4 a 8 días.

El segundo conjunto de experimentos comparó tres tanques de 1.9 m<sup>3</sup>, de 1, 2 y 3 cámaras, la capacidad de los tanques excedía los 1.9 m<sup>3</sup>, se agregaron los lodos a los compartimentos, observándose en el efluente menos sólidos.

El matiz de los estudios trazados condujo a comparar la admisión y las interconexiones entre compartimentos, así como el efecto de retención y dispersión en el tanque, ratificando que en la admisión resulta benéfico el empleo de una "T".

Se encontró que en las conexiones entre compartimentos resulta ventajoso colocar en el muro un tubo de 4" de diámetro, mientras que con ranuras horizontales de 4" se encontraron ineficientes.

Los 5 tanques estudiados descargaron ocasionalmente lodo durante el verano. No obstante los tanques con compartimentos mostraron desde igual a mejor calidad en el efluente, que el tanque simple de igual capacidad.

Los experimentos mostraron la importancia de extraer los sólidos provenientes del tanque después

de que el lodo se ha almacenado y la capacidad del tanque ha sido rebasada.

La prueba mostró que el tamaño del primer compartimento es más importante, que el del segundo. Si el primer compartimento tiene un tamaño tal que su retención es de 17 horas y la adición al segundo compartimento tiene una retención de 34 horas, esto equivale a un tanque de sistema simple con capacidad de 24 horas. Sin embargo cambiando el segundo compartimento por un tercero y el primero se divide a la mitad constituyendo éstos el total de la capacidad, no mejora significativamente la calidad del efluente proveniente de la primera cámara que tiene una retención de 24 horas.

Las pruebas se realizaron en tanques de tres compartimentos que tenían bastante superficie de acuerdo con el cociente área/profundidad. Se mostró la baja eficiencia en área/profundidad a razón de 0.3 y 0.6, con menores conveniencias para razones de 3.

Dos son las razones que llevan a esto:

- 1) Rápida sedimentación f (profundidad).
- 2) Necesidad de remoción de sólidos.

La necesidad variable de desazolvar se confirmó cuando se probaron tanques simples, y se inspeccionaron 300 tanques en el campo.

La acción de desazolvar se definió como la distancia entre la cota de descarga del desagüe de la Tee y la superficie del sedimento

El mínimo lodo por limpiar del fondo se expresa por  $D = 2.7 - 0.08 A$ , donde:

A = Área superficial del lodo (unidades cuadradas).

D = Mínimo lodo por desazolvar (unidades lineales).

La calidad del efluente se basa en su contenido de lodo, encontrando variaciones con respecto a la temperatura en el transcurso de las pruebas. Durante el verano el efluente en lo que respecta al lodo resulta más claro y limpio con la profundidad incrementada cerca del 40% para el tanque en estudio.

Los gastos variaron de 0.63 l/s a 1.89 l/s, gastos que no afectaron al tanque de 1.9 m<sup>3</sup>.

La Universidad de Connecticut en estaciones de investigación de aguas residuales, probó tres tanques prefabricados de 3.8 m<sup>3</sup> durante un periodo de 5 años.

Se estudiaron tanques simples, dobles y dobles con deflectores de gas, con capacidades de 0.76 m<sup>3</sup>/día, con afluentes de aguas negras de origen doméstico, provenientes en aportaciones de 14 intervalos.

El tanque doble con deflector de gas se consideró superior, ya que resultó con un efluente medio: DBO = 80 mg/l y sólidos suspendidos = 28 mg/l.

El tanque doble sin deflector de gas produjo un efluente medio, con una DBO de 101 mg/l y sólidos suspendidos de 40 mg/l, mientras que el tanque simple una DBO de 110 mg/l y sólidos suspendidos de 36 mg/l.

No existen significativas diferencias entre los efluentes de los tanques sin deflector.

Teóricamente, de las evaluaciones a los tanques de dos compartimentos, su efluente es de mayor calidad y son más estables, ya que tienen un gran potencial para reducir los efluentes sólidos a pequeñas circulaciones y turbulencias.

#### PRÁCTICA EUROPEA.

En Austria, este de Alemania, Suiza y Noruega, se revisaron las normas y recomendaciones. Todos sus tanques sépticos estaban constituidos de multicámaras.

Se reconoció que el aumento del tiempo de retención proporciona un mejor tratamiento biológico.

Se compararon formas, deflectores, el perfeccionamiento en el mecanismo de tratamiento de sólidos removibles, aportaciones, descargas y profundidad de tanques con especificaciones a detalle.

Resultó interesante una nota suiza de requerir 5 cámaras en el tanque, donde aguas negras y aguas grises se trataban en cámaras separadas, sin embargo, los dos efluentes se combinaron antes de la remoción.

Las ventajas encontradas en estos pequeños tanques en conjunto es que requieren de una libre demanda de oxígeno reducida.

Se encontraron recomendables como tanques sépticos mínimos los de 2.8 m<sup>3</sup> de capacidad, con dos compartimentos conectados en serie.

#### 4.6.2 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO (SISTEMA DE TRATAMIENTO IN SITU)

##### 4.6.2.1 INTRODUCCIÓN

El tren de tratamiento está desarrollado por cuatro elementos, que son:

a) PRETRATAMIENTO. Integra las operaciones que posibilitan la separación de sólidos inorgánicos flotantes, grasas y arenas para acondicionar las aguas residuales previas a su tratamiento, está constituido por rejas, separador de grasas y desarenador.

b) PLANTA(S). Aquí se realizan procesos físicos y biológicos de tipo anaerobio, a nivel secundario con pulimiento del efluente. Esta formado por:

- \* Tubo alimentador y de limpieza con difusor en el fondo.
- \* Cámara de digestión.
- \* Sedimentador de alta tasa con módulos tubulares.
- \* Filtro biológico con empaque sintético.
- \* Campana y conducto para la eliminación del gas.
- \* Recolector perimetral con líneas dispersoras del efluente.

c) CÁMARA DE CLORACIÓN. Se desinfecta el agua tratada.

d) FILTRO. Capa de material granular, por donde se hace pasar el efluente de la cámara de cloración para ser infiltrado.

El tratamiento que proporciona es a nivel secundario con pulimiento del efluente, basado en lo que establece la Normatividad en materia de control de la contaminación del agua, es apto para saneamiento y reuso.

Su instalación es expedita, no emplea equipo, funciona con microorganismos que se generan de manera natural dentro del reactor, no requiere insumos, lo que simplifica su operación y reduce el mantenimiento a la extracción temporal de los lodos, mismos que se digieren plenamente y son fácilmente acondicionables para su disposición final, acorde con lo que establecen las NOM.

**4.6.2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO.****A) PRETRATAMIENTO**

**REJILLAS.** Su función principal es atrapar el contenido de sólidos y basuras flotantes, que pueden interferir en el funcionamiento del sistema de tratamiento; la reja es metálica. Los desechos capturados se deshumidifican y se incorporan a los desechos sólidos.

**DESARENADOR.** Su finalidad es separar del agua residual la gravilla, arena y partículas finas de origen mineral, con el fin de evitar la producción de asentamientos indeseables en las interconexiones, conductos interiores y dentro del reactor. La unidad se genera deprimiendo el fondo del registro que se adecúa para implementar el pretratamiento.

**SEPARADOR DE GRASAS.** Se basa en la diferencia de densidades que hay entre la grasa, el aceite y el agua, en su funcionamiento también se aprovecha el hecho de que el caudal que ingresa, es más caliente del que contiene el recipiente y se enfría al llegar a éste, ocasionando solidificación de las grasas para sacarlas y manejarlas como un desecho sólido; la remoción de grasas es del orden de 90 % y del 5 % para la carga orgánica. Esta operación se efectúa mediante una mampara que propicia un sello hidráulico, el cual posibilita la remoción de la materia suspendida.

Estos dos procesos se localizan en el último registro de alcantarillado sanitario, antes de ingresar al reactor.

**TANQUE SÉPTICO.** Se considera como sedimentador o etapa de tratamiento primario; es alimentado con el efluente del pretratamiento, el cual es conducido al tanque o reactor de esta unidad, donde los sólidos sedimentan y metabolizan anaerobiamente. La eficiencia en remoción orgánica de la fosa séptica es del orden del 30 %.

**B) PLANTA**

**REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE.** Esta unidad de tratamiento biológico, consta de dos cámaras superpuestas, de digestión anaerobia la inferior y de sedimentación la superior; la alimentación se realiza por el centro del recipiente, específicamente en la zona de reacción biológica y la descarga del efluente se hace a través de las placas paralelas de las segundas.

Dentro de la cámara de digestión, se forma un manto de lodos que se mantiene parcialmente mezclado por la acción combinada de la evacuación de gases y la difusión radial que propicia el flujo ascendente del agua, en contracorriente con los sólidos separados por el sedimentador, de ésta la atracción de lodos es gravitacional y el reactor anaerobio no requiere de agitación mecánica adicional.



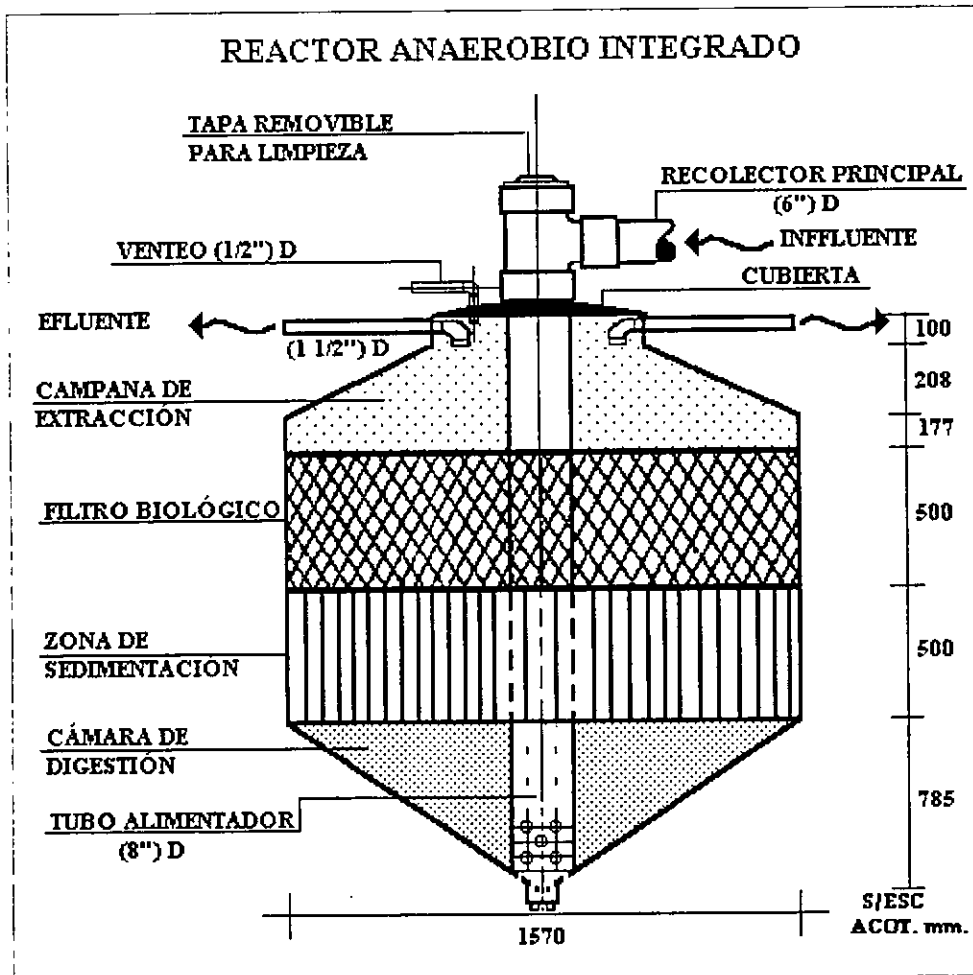


Figura 4.1 Corte transversal de la unidad de tratamiento.

El sedimentador se incluye con el fin de remover los sólidos sedimentables que trae consigo el agua y retener los lodos biológicos que se encuentran en fase de digestión; este compartimento se implementa con placas paralelas de polietileno que conforman un panel tubificado cuya sección es trapecial, sirve para acelerar y efficientar la decantación.

Las eficiencias que se alcanzan son del 40 % en términos de DBO<sub>5</sub> total.

**FILTRO ANAEROBIO.** La finalidad de esta unidad es retener hasta un 75 % del sustrato remanente y dar pulimiento en los sólidos suspendidos y al residual de los sedimentables. El medio de empaque escogido para este filtro es ducto de PVC con alta superficie de contacto, el filtro es de operación

continua y se instala directamente sobre las placas paralelas del sedimentador de alta tasa.

El recipiente que contiene los elementos del reactor y del filtro, es de forma cilíndrica en el tramo intermedio y posee atolvamientos troncocónicos en los extremos inferior y superior, éste último concluye en un cuello recolector de agua tratada y de los gases que se producen en la digestión. El tanque es de una sola pieza y está fabricado de polietileno de alta densidad.

El rendimiento conjunto de las operaciones y de los procesos del tren de tratamiento descrito es del orden de 85 %.

### **C) CÁMARA DE CONTACTO.**

En este recipiente se adiciona cloro para oxidar la materia orgánica en particular los patógenos, el tiempo de retención de 30 minutos será dado en el acuífero donde se deposita el líquido.

**DOSIFICADOR DE CLORO.** Suministra el cloro en dosis de 10 ppm para eliminar las bacterias remanentes en el efluente y dejar una concentración de cloro residual aceptable en la descarga final. Se utiliza un dosificador con goteo que adiciona hipoclorito de sodio concentrado al 13 %, lo que significa una dosis equivalente a 76.92 ppm.

### **D) FILTRO DE ARENA DE FLUJO ASCENDENTE.**

Se emplea para el desbaste final de carga orgánica y sólidos, los cuales se retienen en el empaque de grava y arena. El agua al pasar por el medio filtrante de tamaño decreciente, produce una distribución más uniforme del floc retenido. Su periodo de limpieza puede ser de hasta dos años, o cuando su pérdida alcance 1.2 m

**DESCARGA FINAL.** El efluente tratado puede ser vertido en alguna grieta, canalizarse al suelo subyacente o almacenarse en un tanque para riego de jardines.

#### **4.6.2.3 ETAPAS DEL PROCESO DE ESTABILIZACIÓN EN REACTOR Y FILTRO ANAEROBIO.**

El proceso consiste en la estabilización de materia orgánica putrescible, mediante la actividad biológica de microorganismos que toman oxígeno para subsistir de compuestos que lo contienen, como nitratos y carbonatos, pero que no utilizan el oxígeno libre del aire.

El proceso ocurre en tres etapas sucesivas:

**PRIMERA ETAPA.** "Fermentación ácida", se tiene un descenso de pH hasta 6 mínimo, la materia orgánica es disuelta por medio de reacciones hidrolíticas enzimáticas extracelulares (activación), si

la temperatura se mantiene entre 15 y 20° C, la etapa tiene una duración de dos semanas aproximadamente, durante la misma se producen olores ofensivos y poca cantidad de gas CO<sub>2</sub>.

SEGUNDA ETAPA." Regresión Ácida", el pH aumenta a 6.8, las bacterias aerobias y anaerobias facultativas transforman los carbohidratos, lípidos y proteínas en sustancias de peso molecular bajo, hay poca producción de gas H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>, se generan olores extremadamente ofensivos, los lodos son de color gris espumosos y pegajosos, comienzan a formar escoria; esta etapa dura 3 meses a 15° C.

TERCERA ETAPA."Fermentación alcalina", el pH se estabiliza en 7 o un poco más, las bacterias metánicas estrictamente anaerobias producen grandes cantidades de gas metano CH<sub>4</sub> y bióxido de carbono CO<sub>2</sub>, los lodos son de olor alquitranado; en operación discontinua, esta etapa dura un mes a 15° C se estabiliza el lodo y deja de producir gas y en operación continua la producción de gases CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> es permanente.

Otros aspectos importantes del proceso:

En la operación continua las dos primeras etapas no existen, de tal manera que el tiempo en que se estabiliza el lodo resulta relativamente corto. La porción de agua que ingresa al tanque segundo a segundo debe permanecer cierto tiempo para que sea completa la estabilización, y que cada una de dichas porciones alcance a producir la mayor cantidad de gas, a este lapso se le denomina residencia y depende de la temperatura del lodo.

Simultáneamente a la estabilización del tanque séptico y a la evolución del reactor anaerobio, se desarrolla la película bacteriana que se adhiere al empaque del filtro biológico, hasta que la biosma alcanza el espesor indicado para retener la fracción de sustrato remanente que degrada esta utilidad; esta secuencia toma de tres a cinco semanas, dependiendo de la continuidad con que ingresa el agua residual y de sus características.

## DIAGRAMA DE FLUJO DEL TREN DE TRATAMIENTO

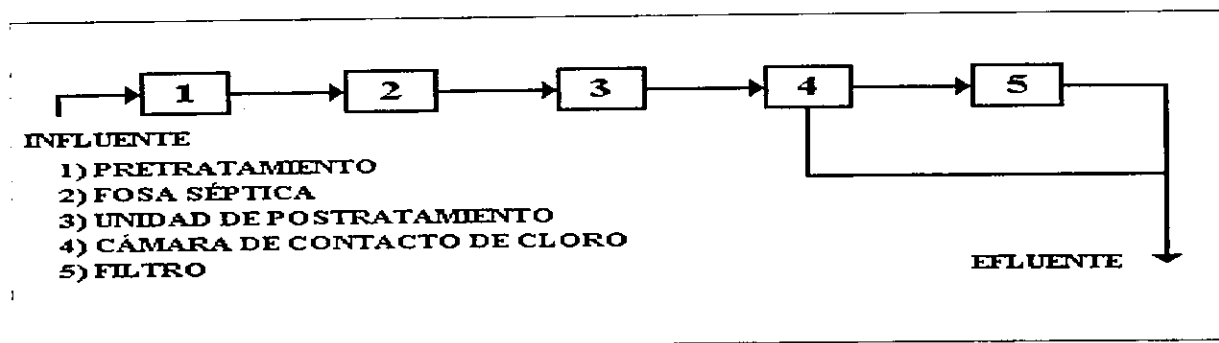


FIGURA 4.2 Tren de tratamiento

## 4.6.3 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

De acuerdo con la legislación mexicana vigente, hasta la fecha de la realización de estas plantas de tratamiento, no existe alguna forma oficial para regular la calidad del agua tratada con fines de infiltración al terreno, cuando el caudal sea menor o igual a 15 m<sup>3</sup>/día

## 4.6.4 OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y MANEJO DE SUBPRODUCTOS

## OPERACIÓN

El tren de tratamiento trabaja integralmente en forma gravitacional, no emplea equipos electromecánicos, en consecuencia no requiere de mano de obra, ni suministro de energía, ni insumos, lo que constituye ser un sistema atractivo en el renglón económico.

Los largos tiempos de digestión de los lodos bajo condiciones anaerobias, propicia un proceso bioquímico que permite la eliminación casi total de los organismos patógenos y la máxima reducción de los sólidos volátiles contenidos en el lodo; ello se limita a la extracción ocasional de los subproductos, mismos que son susceptibles de incorporarse al terreno para dar cumplimiento a lo que establecen las Normas Técnicas Ecológicas.

La transferencia de los lodos, se efectúa anualmente en las instalaciones que tienen ocupación permanente y cada dos a tres años en los inmuebles que se habitan ocasionalmente.

Esta operación se realiza desde la superficie, con un extractor mecánico que se introduce por el borde superior del conducto de alimentación permitiendo la limpieza total de la cámara de concentración y almacenamiento del lodo, de tal forma que resulta innecesario ingresar al interior del reactor.

La cantidad de lodo en fase húmeda que debe sacarse de cada planta en una limpieza, no debe rebasar el 25 % de su volumen total.

El diseño de la planta prevé encauzar el gas hacia el centro de la parte superior del recipiente, mediante el techo inclinado que hace a la vez una campana de extracción; también se ha contemplado que la cámara que capta el gas, tenga un volumen reducido para evitar la acumulación del mismo y eliminar los riesgos que se derivan al concentrar este fluido.

La eliminación del gas se hace en forma continua y controlada, a través de un solo conducto que se inicia en la zona donde se genera y descarga libremente hacia la atmósfera. La poca producción de gas que se manifiesta, invalida el uso de un quemador activado por piloto de operación permanente.

#### **MANTENIMIENTO**

**REJILLA:** Resulta razonable la extracción de sólidos retenidos por las rejillas cada 15 días para permitir el flujo libre del agua.

**SEPARADOR DE GRASAS:** Solidificadas las grasas, su remoción puede realizarse como sólidos, y con la misma frecuencia que con las rejillas.

**DESARENADOR:** Asentadas las partículas correspondientes, se procede a su extracción manual, durante la limpia de los elementos anteriores.

**TANQUE SÉPTICO:** Considerado como sedimentador primario su limpieza es temporal, con una extracción con frecuencia anual de lodos y natas.

**PLANTA DE TRATAMIENTO:** La extracción de lodo debe realizarse cada año, comienza desde la superficie con un extractor mecánico, que se introduce por el borde superior del conducto de almacenamiento y permite la limpieza total de la cámara de concentración y almacenamiento de lodo.

**CÁMARA DE CLORACIÓN:** La cloración se lleva a cabo con un dosificador que tiene una capacidad de hipoclorito de sodio de 120 l, en consecuencia se recomienda recargarlo mensualmente.

#### **MANEJO Y DISPOSICIÓN DE SUBPRODUCTOS.**

**LODOS:** Los lodos digeridos y estabilizados constituyen un producto final, que es susceptible de incorporarse al terreno. La transferencia de lodos en las plantas de tratamiento debe efectuarse anualmente en instalaciones de ocupación permanente, y de 2 a 3 años en instalaciones de uso intermitente.

La cantidad de lodo en fase húmeda que debe extraerse de cada planta en cada limpieza no debe rebasar el 25 % de su volumen total. Se recomienda remover 500 l de cada planta.

**GASES:** Se eliminan en forma continua y controlada a través de un conducto que inicia en la zona donde se generan los gases, y se descargan libremente hacia la atmósfera.

#### **4.7 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.**

A continuación en los cuadros del 4.2 al 4.10, y con el motivo de conocer el costo que implica la instalación de tanques sépticos adecuados, y el número de unidades de tratamiento necesarias para cubrir las aportaciones generadas en el campus, se hace manifiesto la importancia de una selección económica lo más accesible posible.

La alternativa 3 al haber sido evaluada resultó óptima en cuanto a inversión y calidad de servicio; al conocer la topografía y ubicación sanitaria de los diversos elementos que constituyen el sistema séptico universitario, y al tener un enfoque general basado en la figura 3.1 (Plano de instalaciones y sistema sanitario existente en la UAEM), puede uno determinar apoyado en el capítulo III de este trabajo, las estrategias convenientes para adecuar el sistema, estrategias que han sido manifestadas en los cuadros de estudio mencionados.

A cada cuadro se le ha asignado parámetros y alternativas a seguir, teniendo como base de desarrollo la figura 3.1, y con objeto de encontrar según las características de estudio una solución adecuada para el nuevo sistema sanitario.

Los cuadros manifiestan tendencias informáticas, evaluativas y selectivas de los aspectos físicos existentes en el campus.

La evaluación cuantitativa ha generado la creación de un nuevo orden y sistema sanitario para el campus de la UAEM, haciéndose recomendaciones para cada caso en particular, tales observaciones pueden ser analizadas en los cuadros evaluados, iniciándose criterios de solución en el cuadro 4.2.

**CAPÍTULO IV ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO**

FS	N° EDIF	N° ALUM	N° ACAD Y ADMI	Población uso		DOTACIÓN		Qmed m³3/día	Apor 0.75% m³3/día	t/s	UNIDADES	
				0.5.0.0.55 %	0.55 %	lit/alitr/día	lit/alitr/día				T	P
1	10	268	46	228	37	25	100	9,4	7,0	0,13	2,3	3
2	13	0	12	0	10	25	100	1,0	0,7	0,01	0,2	1
3	* 7	740	5	629	4	25	100	16,1	12,1	0,22	4,0	4
4	* 11	740	4	629	3	25	100	16,0	12,0	0,22	4,0	4
5	52	280	28	140	22	25	100	5,7	4,3	0,08	1,4	2
6	9	231	61	196	49	25	100	9,8	7,3	0,14	2,4	3
7	6	862	147	733	118	25	100	30,1	22,6	0,42	7,5	8
8	8	706	109	600	87	25	100	23,7	17,8	0,33	5,9	6
9	12, 46	0	72	0	58	25	100	5,8	4,3	0,08	1,4	2
10	19	897	15	762	12	25	100	20,3	15,2	0,28	5,1	5
11	* 2	603	44	513	35	25	100	16,3	12,3	0,23	4,1	4
12	*15, 16, 17	870	49	608	39	25	100	19,1	14,3	0,27	4,8	5
13	41	3	19	3	15	25	100	1,6	1,2	0,02	0,4	1
14	40,43,44,45	3215	194	1672	155	25	100	57,3	43,0	0,80	14,3	14
15	* 3	120	17	102	14	25	100	3,9	2,9	0,05	1,0	1
16	5	600	62	300	50	13	100	8,7	6,5	0,12	2,2	2
17	* 14	0	62	0	50	25	100	5,0	3,7	0,07	1,2	1
18	29	437	27	371	22	25	100	11,4	8,6	0,16	2,9	3
19	25,26,27,28	1466	86	1246	69	25	100	38,0	28,5	0,53	9,5	10
20	24, 50	449	15	345	12	25	100	9,8	7,4	0,14	2,5	3
21	21, 25	689	28	551	22	25	100	16,0	12,0	0,22	4,0	4
22	4	350	13	245	10	25	100	7,2	5,4	0,10	1,8	2
23	1, 2, 18	4019	537	3416	430	25	100	128,4	96,3	1,78	32,1	32
24	27	452	17	384	14	25	100	11,0	8,2	0,15	2,7	3
25	28, 51	386	19	328	15	25	100	9,7	7,3	0,14	2,4	2
26	23	80	1	68	1	100	100	6,9	5,2	0,10	1,7	2
27	Proyecto											0
28	20	120	17	102	14	100	100	11,6	8,7	0,16	2,9	3
29	42	96	19	82	15	25	100	3,6	2,7	0,05	0,9	1
								503,3	377,5	7		130

**CUADRO 4.2** Asignación de fosas sépticas, según sistema sanitario UAEM, y aportaciones (población).

TS	FS	EDIF	Apor 0.75% m³3/d	Total	Qmed m³3/d	Unidades		Qmed l/s	Qmax m³3/d	Cuadro 3.3 m³3	Cap TS m³3	Dim (l x a x b) m	Cap m³3	Tipo	Excavació			
						T	P								L	A	H	
1			7		7	2,3	3	0,13	11	13	12	4 x 2 x 1,5	12	a	4,3	2,3	1,5	
2			0,7		0,7	0,2	1	0,01	1	3	2	2 x 1 x 1,5	3	b	2,3	1,3	1,5	
A	3,4,6	7,11,9	31,4	31	31,5	10,5	11	0,58	47	67	57	7,5 x 4 x 2	60	c	7,8	4,3	2	
5			4,3		4,3	1,4	2	0,08	6	11	9	3 x 1,5 x 2	9	d	3,3	1,8	2	
7			22,6		22,6	7,5	8	0,42	34	40	37	6 x 3 x 2	36	e	6,3	3,3	2	
8			17,8		17,8	5,9	6	0,33	27	32	29	6 x 2,5 x 2	30	f	6,3	2,8	2	
9			4,3		4,3	1,4	2	0,08	6	4	5	2,3 x 1,5 x 1,5	5,2	g	2,6	1,8	1,5	
B	10,12,23	15,16,17,19,20	38,2	32	32,5	10,8	11	0,60	49	68	58	7,5 x 4 x 2	60	c	7,8	4,3	2	
11			12,3		12,3	4,1	4	0,23	18	30	24	6 x 2 x 2	24	h	6,3	2,3	2	
13			1,2		1,2	0,4	1	0,02	2	4	3	2 x 1 x 1,5	3	b	2,3	1,3	1,5	
C	14	40,43,44,45	43	43	43	14,3	14	0,80	65	83	74	2 TS 6x3x2	2 de 36	Ze	6,3	6,5	2	
												9 x 4 x 2	72	m	9,3	4,3	2	
15			2,9		2,9	1,0	1	0,05	4	6	5	2,3 x 1,5 x 1,5	5,2	g	2,6	1,8	1,5	
D	16,17	5,14	10,2	13	13,1	4,4	5	0,24	20	18	19	5 x 2 x 2	20	i	5,3	2,3	2	
18			8,6		8,6	2,9	3	0,16	13	20	16	4 x 2 x 2	16	j	4,3	2,3	2	
E	19,24,25	25,26,27,28,51	44	29	28,5	9,5	10	0,53	43	80	61	7,5 x 4 x 2	60	c	7,8	4,3	2	
20		24,50	7,4		7,4	2,5	3	0,14	11	17	14	3,5 x 2 x 2	14	k	3,8	2,3	2	
21		21,24,51	12		12	4,0	4	0,22	18	27	23	6 x 2 x 2	24	h	6,3	2,3	2	
22			5,4		5,4	1,8	2	0,10	8	15	12	4 x 2 x 1,5	12	a	4,3	2,3	1,5	
23			96,3		96,3	32,1	32	1,78	144	190	167	3 TS 7x4x2	3 de 56	3l	7,3	8,6	2	
												14 x 6 x 2	168	n	14	6,3	2	
26			5,2		5,2	1,7	2	0,10	8	15	11	4 x 2 x 1,5	12	a	4,3	2,3	1,5	
29			2,7		2,7	0,9	1	0,05	4	6	5	2,3 x 1,5 x 1,5	5,2	g	2,6	1,8	1,5	
						125	6,7											

**CUADRO 4.3** Reubicación de tanques sépticos (TS), cálculo de las capacidades de los TS, y dimensiones recomendadas.

**CAPITULO IV ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO**

TS	FS	Tipo	Excavación			Volumen m <sup>3</sup>	Perímetro		Área m <sup>2</sup>	2/3 L m	1/3 L m	Cast N°	L N°	Y N°	Trabe	
			L	A	H		m	m							T	F
1		a	4,3	2,3	1,5	14,8	12	8	2,7	1,3	1	2	4	0,8	0	
2		b	2,3	1,3	1,5	4,5	6	2	1,3	0,7	0	2	4	0,4	0	
A	3,4,6	c	7,8	4,3	2	67,1	23	30	5,0	2,5	2	3	6	1,6	1	
5		d	3,3	1,8	2	11,9	9	4,5	2,0	1,0	1	2	4	0,6	0	
7		e	6,3	3,3	2	41,6	18	18	4,0	2,0	1	2	4	1,2	1	
8		f	6,3	2,8	2	35,3	17	15	4,0	2,0	1	2	4	1,0	1	
9		g	2,6	1,8	1,5	7,0	7,6	3,5	1,5	0,8	1	2	4	0,6	0	
B	0,12,2	c	7,8	4,3	2	67,1	23	30	5,0	2,5	2	3	6	1,6	1	
11		h	6,3	2,3	2	29,0	16	12	4,0	2,0	1	2	4	0,8	0	
13		b	2,3	1,3	1,5	4,5	6	2	1,3	0,7	0	2	4	0,4	0	
C	14	2e	6,3	6,5	2	81,3	30,3	36,9	4,0	2,0	1	2	4	2,5	1	
		m	9,3	4,3	2	80,0	26	36	6,0	3,0	2	3	6	1,6	1	
15		g	2,6	1,8	1,5	7,0	7,6	3,5	1,5	0,8	1	2	4	0,6	0	
D	16,17	i	5,3	2,3	2	24,4	14	10	3,3	1,7	1	2	4	0,8	0	
18		j	4,3	2,3	2	19,8	12	8	2,7	1,3	1	2	4	0,8	0	
E	9,24,2	c	7,8	4,3	2	67,1	23	30	5,0	2,5	2	3	6	1,6	1	
20		k	3,8	2,3	2	17,5	11	7	2,3	1,2	1	2	4	0,8	0	
21		h	6,3	2,3	2	29,0	16	12	4,0	2,0	1	2	4	0,8	0	
22		a	4,3	2,3	1,5	14,8	12	8	2,7	1,3	1	2	4	0,8	0	
23		3l	7,3	8,6	2	125,6	44,6	58,1	4,7	2,3	2	3	6	3,3	1	
		n	14	6,3	2	180,2	40	84	9,3	4,7	3	4	8	2,4	1	
26		a	4,3	2,3	1,5	14,8	12	8	2,7	1,3	1	2	4	0,8	0	
29		g	2,6	1,8	1,5	7,0	7,6	3,5	1,5	0,8	1	2	4	0,6	0	

**CUARO 4.4** Basado en las de excavación se calculan conceptos y volúmenes de obra.

TS	Tipo	Excavación			Volumen		Perímetro-Muros		Área	2/3 L 1/3 L		Cast	Trab	Aplanab	Excav	Rso	Mro	Castillo	Aplan	D	Tapas
		L	A	H	Excav	Exterior	Interior	Rso		m	m										
1,22	a	4,3	2,3	1,5	14,8	12	2	9,9	2,7	1,3	4	0	23,2	445	198	420	150	464	A	495	
2,13	b	2,3	1,3	1,5	4,5	6	1	3,0	1,3	0,7	4	0	11,4	135	60	210	150	227	L	150	
A,B,E	c	7,8	4,3	2	67,1	23	4	33,5	5,0	2,5	6	1	60,7	2012	671	810	300	1214	L	1677	
5	d	3,3	1,8	2	11,9	9	1,5	5,9	2,0	1,0	4	0	23,1	356	119	315	200	462	E	297	
7	e	6,3	3,3	2	41,6	18	3	20,8	4,0	2,0	4	1	46,9	1247	416	630	200	938		1040	
C	2e	6,3	6,5	2	81,3	30,3	6,15	40,6	4,0	2,0	4	1	83,6	2438	813	1094	200	1672	EN	2032	
	m	9,3	4,3	2	80,0	26	4	40,0	6,0	3,0	6	1	66,7	2399	800	900	300	1334		2000	
8	f	6,3	2,8	2	35,3	17	2,5	17,6	4,0	2,0	4	1	43,0	1058	353	585	200	859	O	882	
9,15,29	g	2,6	1,8	1,5	7,0	7,6	1,5	4,7	1,5	0,8	4	0	15,2	211	94	273	150	304	B	234	
11,21	h	6,3	2,3	2	29,0	16	2	14,5	4,0	2,0	4	0	39,0	869	290	540	200	781	R	725	
D	i	5,3	2,3	2	24,4	14	2	12,2	3,3	1,7	4	0	35,0	731	244	480	200	701	A	610	
18	j	4,3	2,3	2	19,8	12	2	9,9	2,7	1,3	4	0	31,0	593	198	420	200	621		495	
20	k	3,8	2,3	2	17,5	11	2	8,7	2,3	1,2	4	0	29,0	524	175	390	200	581	CON	437	
23	3l	7,3	8,6	2	125,6	44,6	8,3	62,8	4,7	2,3	6	1	120,4	3767	1256	1587	300	2409	COR	3139	
	n	14	6,3	2	180,2	40	6	90,1	9,3	4,7	8	1	102,4	5405	1802	1380	400	2048	NV	4505	

**CUADRO 4.5** Según el tipo de TS y de sus volúmenes de obra, se especifican y evalúan costos de mano de obra.



**CAPÍTULO IV ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO**

FS	Tipo	Área	Vol m <sup>3</sup>	PISO				f <sub>c</sub> = 100kg/cm <sup>2</sup>		Distribución	Vanilla	Perímetro - Muro		MURO		Mortero 1:4	
				Pliso	Concre	Cemento	Arena	Grava	L			A	vs 3/8" c/30cm	Exterior	Interior	Tabique	Mortero
Proporciones para 1 m <sup>3</sup>				5	0,576	0,648	L	A	vs 3/8" c/30cm			Proporción		33	0,0182	5,3	1,177
Pza = 14x10x28cm																	
			h=10cm	Bulto	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m	m	L	A	m	m	m	Pz/m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Bulto	m <sup>3</sup>
1, 22	a	9,9	0,99	4,9	0,570	0,641	4,3	2,3	14	8	79	12	2	462	0,255	1,35	0,30
2, 13	b	3,0	0,30	1,5	0,172	0,194	2,3	1,3	8	4	23	6	1	231	0,127	0,68	0,15
A, B, E	c	33,5	3,35	16,8	1,932	2,173	7,8	4,3	26	14	264	23	4	891	0,491	2,60	0,58
5	d	5,9	0,59	3,0	0,342	0,385	3,3	1,8	11	6	47	9	2	347	0,191	1,01	0,22
7	e	20,8	2,08	10,4	1,198	1,347	6,3	3,3	21	11	169	18	3	693	0,382	2,03	0,45
C	2e	40,6	4,06	20,3	2,341	2,633	6,3	6,5	21	22	271	30,3	6	1203	0,663	3,52	0,78
	m	40,0	4,00	20,0	2,303	2,591	9,3	4,3	31	14	350	26	4	990	0,546	2,89	0,64
8	f	17,6	1,76	8,8	1,016	1,143	6,3	2,8	21	9	158	17	3	644	0,355	1,88	0,42
9,15,29	g	4,7	0,47	2,3	0,270	0,303	2,6	1,8	9	6	33	7,6	2	300	0,166	0,88	0,19
11, 21	h	14,5	1,45	7,2	0,835	0,939	6,3	2,3	21	8	150	16	2	594	0,328	1,74	0,39
D	i	12,2	1,22	6,1	0,702	0,790	5,3	2,3	18	8	111	14	2	528	0,291	1,54	0,34
18	j	9,9	0,99	4,9	0,570	0,641	4,3	2,3	14	8	79	12	2	462	0,255	1,35	0,30
20	k	8,7	0,87	4,4	0,503	0,566	3,8	2,3	13	8	66	11	2	429	0,237	1,25	0,28
23	3l	62,8	6,28	31,4	3,616	4,068	7,3	8,6	24	29	424	44,6	8	1746	0,963	5,10	1,13
	n	90,1	9,01	45,0	5,189	5,838	14	6,3	48	21	814	40	6	1518	0,837	4,44	0,99

**CUADRO 4.6** Cuantificaciones de conceptos de obra dependiendo del tipo de tanque séptico.

CASTILLOS							f <sub>c</sub> = 200kg/cm <sup>2</sup>				APLANADO				Vol m <sup>3</sup>				TAPAS				f <sub>c</sub> = 200kg/cm <sup>2</sup>		
Total	H	Volúmen	Cemento	Arena	Grava	Armax	Mortero 1:4		Mortero	Arena	Concre	Cemento	Arena	Grava	Distribución		Vanilla								
		15x15cm	7	0,504	0,702				5,3	1,117		7	0,504	0,702	vs 3/8" c/30cm										
Evaluación																									
Nº	m	m <sup>3</sup>	Bulto	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Bulto	m <sup>3</sup>	10cm	Bulto	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	L	A	m								
4	2	0,135	0,95	0,07	0,09	6	23,2	2,3	12,3	2,6	0,99	6,92	0,50	0,69	22	12	119								
4	2	0,135	0,95	0,07	0,09	6	11,4	1,1	6,0	1,3	0,30	2,1	0,2	0,2	12	7	35								
6	2	0,27	1,89	0,14	0,19	12	60,7	6,1	32,2	6,8	3,35	23,5	1,7	2,4	39	22	397								
4	2	0,18	1,26	0,09	0,13	8	23,1	2,3	12,3	2,6	0,59	4,2	0,3	0,4	17	9	71								
4	2	0,18	1,26	0,09	0,13	8	46,9	4,7	24,8	5,2	2,08	14,6	1,0	1,5	32	17	253								
4	2	0,18	1,26	0,09	0,13	8	83,6	8,4	44,3	9,3	4,06	28,4	2,0	2,9	32	32	406								
6	2	0,27	1,89	0,14	0,19	12	66,7	6,7	35,4	7,5	4,00	28,0	2,0	2,8	47	22	525								
4	2	0,18	1,26	0,09	0,13	8	43,0	4,3	22,8	4,8	1,76	12,3	0,9	1,2	32	14	238								
4	2	0,135	0,95	0,07	0,09	6	15,2	1,5	8,0	1,7	0,47	3,3	0,2	0,3	13	9	50								
4	2	0,18	1,26	0,09	0,13	8	39,0	3,9	20,7	4,4	1,45	10,1	0,7	1,0	32	12	225								
4	2	0,18	1,26	0,09	0,13	8	35,0	3,5	18,6	3,9	1,22	8,5	0,6	0,9	27	12	167								
4	2	0,18	1,26	0,09	0,13	8	31,0	3,1	16,5	3,5	0,99	6,9	0,5	0,7	22	12	119								
4	2	0,18	1,26	0,09	0,13	8	29,0	2,9	15,4	3,2	0,87	6,1	0,4	0,6	19	12	99								
6	2	0,27	1,89	0,14	0,19	12	120,4	12,0	63,8	13,5	6,28	43,9	3,2	4,4	37	43	636								
8	2	0,36	2,52	0,18	0,25	16	102,4	10,2	54,3	11,4	9,01	63,1	4,5	6,3	72	32	1221								

**CUADRO 4.7** Cuantificaciones de conceptos de obra dependiendo del tipo de tanque séptico.

CAPITULO IV ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO

Tipo	PSO				MRO			COSTILLOS				AFLAVADO		TAPA			
	Cem	Are	Gav	Var	Tab	Mor	Are	Cemento	Arena	Gaa	Arrex	Mrt	Arena	Cem	Are	Gav	Var
FS	Pza	m³	m³	m	Pza	Pza	m³	Pza	m³	m³		Pza	m³	Pza	m³	m³	m
a	4,9	0,570	0,641	79	462	1,35	0,30	0,95	0,07	0,09	6	12,30	2,59	6,92	0,50	0,69	119
b	1,5	0,172	0,194	23	231	0,68	0,15	0,95	0,07	0,09	6	6,02	1,27	2,09	0,15	0,21	35
c	16,8	1,932	2,173	264	891	2,60	0,58	1,89	0,14	0,19	12	32,18	6,78	23,48	1,69	2,35	397
d	3,0	0,342	0,385	47	347	1,01	0,22	1,26	0,09	0,13	8	12,25	2,58	4,16	0,30	0,42	71
e	10,4	1,198	1,347	169	693	2,03	0,45	1,26	0,09	0,13	8	24,85	5,24	14,55	1,05	1,46	253
2e	20,3	2,341	2,633	271	1203	3,52	0,78	1,26	0,09	0,13	8	44,30	9,34	28,44	2,05	2,85	406
m	20,0	2,303	2,591	350	990	2,89	0,64	1,89	0,14	0,19	12	35,36	7,45	27,99	2,02	2,81	525
f	8,8	1,016	1,143	158	644	1,88	0,42	1,26	0,09	0,13	8	22,77	4,80	12,35	0,89	1,24	238
g	2,3	0,270	0,303	33	300	0,88	0,19	0,95	0,07	0,09	6	8,05	1,70	3,28	0,24	0,33	50
h	7,2	0,835	0,939	150	594	1,74	0,39	1,26	0,09	0,13	8	20,69	4,36	10,14	0,73	1,02	225
i	6,1	0,702	0,790	111	528	1,54	0,34	1,26	0,09	0,13	8	18,57	3,91	8,53	0,61	0,86	167
j	4,9	0,570	0,641	79	462	1,35	0,30	1,26	0,09	0,13	8	16,45	3,47	6,92	0,50	0,69	119
k	4,4	0,503	0,566	66	429	1,25	0,28	1,26	0,09	0,13	8	15,39	3,24	6,12	0,44	0,61	99
3l	31,4	3,616	4,068	424	1746	5,10	1,13	1,89	0,14	0,19	12	63,83	13,45	43,95	3,16	4,41	636
n	45,0	5,189	5,838	814	1518	4,44	0,99	2,52	0,18	0,25	16	54,27	11,44	63,06	4,54	6,32	1221

CUADRO 4.8 Cuantificaciones de conceptos de obra.

Cem	Cem	Are	T	O	T	A	L	Mor	Mor	Arm	Cem	Are	Gra	Var	Tab	Mor	Arm	
Bultos	Ton	m³	m³	m	Pza	Pza	Millar	Bulto	Ton	m	\$ 940	\$ 55	\$ 55	\$ 26	\$ 520	\$ 650	\$ 55	
											Ton	m³	m³	Pza	Millar	Ton	Pza	
12,8	0,6	4,0	1,4	198	17	462	0,46	13,6	0,7	6	602	222	79	429	240	444	110	
4,5	0,2	1,8	0,5	58	5	231	0,23	6,7	0,3	6	213	100	27	126	120	218	110	
42,1	2,1	11,1	4,7	661	55	891	0,89	34,8	1,7	12	1980	612	259	1432	463	1131	55	
8,4	0,4	3,5	0,9	118	10	347	0,35	13,3	0,7	8	394	195	51	255	180	431	83	
26,2	1,3	8,0	2,9	422	35	693	0,69	26,9	1,3	8	1232	441	161	913	360	873	83	
50,0	2,5	14,6	5,6	677	56	1203	1,2	47,8	2,4	8	2E 2351	803	309	1468	625	1554	83	
49,9	2,5	12,6	5,6	875	73	990	0,99	38,3	1,9	12	M 2344	690	307	1895	515	1243	55	
22,4	1,1	7,2	2,5	396	33	644	0,64	24,6	1,2	8	1054	397	138	858	335	801	83	
6,6	0,3	2,5	0,7	83	7	300	0,3	8,9	0,4	6	308	136	40	181	156	290	110	
18,6	0,9	6,4	2,1	375	31	594	0,59	22,4	1,1	8	876	352	115	812	309	729	83	
15,9	0,8	5,7	1,8	278	23	528	0,53	20,1	1,0	8	747	312	97	603	275	654	83	
13,1	0,7	4,9	1,5	198	17	462	0,46	17,8	0,9	8	617	271	80	429	240	579	83	
11,7	0,6	4,6	1,3	164	14	429	0,43	16,6	0,8	8	552	251	72	356	223	541	83	
77,2	3,9	21,5	8,7	1060	88	1746	1,75	68,9	3,4	12	3L 3630	1183	477	2298	908	2240	55	
110,6	5,5	22,3	12,4	2035	170	1518	1,52	58,7	2,9	16	N 5200	1228	683	4409	789	1908	41	
											Total \$ =	14550	5159	1904	10588	4324	10173	1073
											Total + 5%	15278	5417	1999	11118	4541	10682	1126

CUADRO 4.9 Cuantificación de materiales.

Tipo	\$ MATERIALES					\$ MANO DE OBRA								Total	p/c	\$	Global
	TS	Cem	Are	Gra	Var	Tab	Mor	Arm	Excav	Piso	Muro	Cast	Apla	Tapa	\$	caso	Global
a	602	222	79	429	240	444	110	445	198	420	150	464	495	4297	2a	8594	9023
b	213	100	27	126	120	218	110	135	60	210	150	227	150	1845	2b	3690	3874
c	1980	612	259	1432	463	1131	55	2012	671	810	300	1214	1677	12617	3c	37852	39745
d	394	195	51	255	180	431	83	356	119	315	200	462	297	3339	d	3339	3505
e	1232	441	161	913	360	873	83	1247	416	630	200	938	1040	8534	e	8534	8961
2e	2351	803	309	1468	625	1554	83	2438	813	1094	200	1672	2032	15440	Descar	0	0
m	2344	690	307	1895	515	1243	55	2399	800	900	300	1334	2000	14784	Aprob	14784	15523
f	1054	397	138	858	335	801	83	1058	353	585	200	859	882	7603	f	7603	7983
g	308	136	40	181	156	290	110	211	94	273	150	304	234	2485	3g	7456	7829
h	876	352	115	812	309	729	83	869	290	540	200	781	725	6680	2h	13360	14028
i	747	312	97	603	275	654	83	731	244	480	200	701	610	5735	i	5735	6021
j	617	271	80	429	240	579	83	593	198	420	200	621	495	4825	j	4825	5067
k	552	251	72	356	223	541	83	524	175	390	200	581	437	4384	k	4384	4604
3l	3630	1183	477	2298	908	2240	55	3767	1256	1587	300	2409	3139	23246	Aprob	23246	24409
n	5200	1228	683	4409	789	1908	41	5405	1802	1380	400	2048	4505	29798	Descar	0	0
<b>Total</b>	<b>14550</b>	<b>5159</b>	<b>1904</b>	<b>10588</b>	<b>4324</b>	<b>10173</b>	<b>1073</b>	<b>14350</b>	<b>4871</b>	<b>7560</b>	<b>2750</b>	<b>10895</b>	<b>12178</b>	<b>100374</b>		<b>143401</b>	<b>150571</b>

**CUADRO 4.10** Cuantificación de conceptos de obra, individuales y globales para cada tipo de tanque.

En el cuadro 4.2 se presentan en las columnas los aspectos y factores que conforman el estudio económico de la alternativa seleccionada; en orden progresivo en las columnas se detalla la secuencia metodológica, en cuanto a organización, integración y evaluación de la alternativa propuesta.

En la primera columna se representa de manera numérica y ascendente el orden de las fosas sépticas (así llamadas por la UAEM) tentativamente existentes en el campus de la Universidad, tal como aparecen en el plano de la red sanitaria; debido a la poca importancia que representan los llamados pozos de absorción para el análisis practicado, éstos no aparecen en el cuadro.

En la columna dos, se representa el número de edificios que tienen su descarga residual de manera puntual en cada uno de los pozos negros existentes (correctamente llamados).

Algunos números de éstos edificios son antecidos por un \*, que representa una descarga de agua residual constituida con vertidos de laboratorios.

De manera análoga, y para diferenciar edificios que descargan aguas residuales a pozos negros comunes, los números que los representan se resaltaron con letra mas gruesa.

La población universitaria en todos sus ámbitos se representó en el cuadro 3.1 con respecto al último censo poblacional de sus instalaciones, en este cuadro se hace notoria la diferencia en cuanto a dotación de agua potable para estudiantes, académicos y administrativos.

Especificaciones en cuanto a aportaciones derivadas de las actividades desarrolladas en laboratorios, comedores, gimnasios, bibliotecas, auditorios, instalaciones sanitarias, unidades académicas, administrativas, de limpia entre otros, han sido contempladas.

Registradas población y actividades desarrolladas en cada edificio, se asignan porcentajes de uso para cada actividad, obteniendo así una media en cuanto al número de usuarios del servicio de agua potable con 100% de la dotación asignada.

La dotación de agua potable es la misma para todos los alumnos en cuanto al uso de instalaciones sanitarias comunes, exceptuando algunas actividades descritas en párrafos anteriores; caso similar sucede con académicos y administrativos. Tales particularidades se encuentran contempladas en el porcentaje de uso.

Desarrolladas las operaciones, se obtiene el gasto medio a nivel global, donde,  $Q_{med} = 503.1 \text{ m}^3/\text{día}$ , de agua potable para proveer a las instalaciones y cubrir las necesidades demandadas por la UAEM, esta cuantificación deberá ser corroborada mediante una aforación a la planta de abastecimiento de agua potable.

Analizando el gasto de  $Q = 642 \text{ m}^3/\text{día}$ , obtenido por las autoridades universitarias cuantificado en el cuadro 3.1, y al ser cotejado con el recién obtenido, se generan los siguientes parámetros de comparación; para diferenciar tales casos, en el cuadro 3.1 no se consideró porcentaje alguno de uso de agua potable, además no se variaron las aportaciones derivadas de las actividades desarrolladas por la población y lo más importante no se ajustó el tiempo de uso de 15 hr en las edificaciones, lo que refleja la gran dispersión en cuanto a aportaciones contempladas.

Por consiguiente partiendo del gasto medio global y considerando una aportación residual de 75%, se obtienen las aportaciones a cada pozo negro tanto en  $\text{m}^3/\text{día}$ , como en l/s, presentándose un total para un tiempo de 15 hr de  $Q = 7 \text{ l/s}$ .

Basados en el parámetro de aportación de agua residual a cada punto de concentración, se evalúan y cuantifican las posibles unidades por instalar a cada una de las descargas, concluyendo en un número adecuado de plantas por instalar.

En el cuadro 4.3, de acuerdo con el cuadro 4.2 que concluyó en un número adecuado de plantas de tratamiento, se generó la siguiente alternativa.

Al estudiar los flujos y ramales de los colectores se pensó en la construcción de una nueva red, adecuándose en su caso a toda característica física prevaleciente.

Con objeto de reducir el número de plantas de tratamiento, se reubican con un orden conveniente los elementos que integrarán los sistemas.

Creado un nuevo orden y basados en el número designado para cada fosa séptica en el cuadro anterior, se retoman todos aquellos casos que no posible acondicionarlos al objetivo, mientras que los casos convenientes al nuevo orden de designación de tanque séptico son indicados con letras mayúsculas en orden ascendente.

Representados en la columnas anexas aparecen el número de las fosas sépticas y edificios, que se incorporarán al nuevo sistema séptico, expresado de tal manera que en cada renglón se plantean las concentraciones al nuevo tanque séptico representado en la columna 1.

En consecuencia las aportaciones al nuevo punto de concentración de agua residual, se incrementan en la mayoría de los casos al ampliarse el sistema, registrándose un total para cada caso en estudio.

El número de unidades convenientes a cada punto en particular se retoma del cuadro anterior, así como la aportación diaria a los tanques. La sumatoria de unidades con esta alternativa, muestra 5 unidades menos al análisis anterior.

Obtenido el gasto medio ( $Q_{med}$ ), se procede a obtener el gasto máximo para cada tanque séptico, donde  $Q_{m\acute{a}x} = 1.5 Q_{med}$ , para proseguir con el análisis de aportación para cada tanque séptico se retoma la información expresada en el cuadro 3.1 que trata sobre las capacidades recomendadas para tanques sépticos.

Al conocer los volúmenes de gasto máximo y la capacidad recomendada para tanque séptico cuadro 3.1; éstos se promedian, obteniéndose una capacidad de operación adecuada para cada tanque.

Se establece un tirante mínimo hmín de funcionamiento para cada tanque y condicionados en la relación ancho = 2 ó 3 (largo), se proponen dimensiones adecuadas de construcción para cada tanque.

Se observa que en algunos casos las dimensiones de los tanques sépticos son iguales, lo que propició, a fin de diferenciar y simplificar las cuantificaciones, la asignación a los tanques de igual dimensión letras minúsculas gruesas en orden ascendente.

Basados en las dimensiones recomendadas para los tanques sépticos, se presenta un listado con las dimensiones requeridas de excavación para cada caso. Para tal efecto se han considerado espesores de muros y de plantilla.

Para el **cuadro 4.4**, y basados en los cuadros anteriores se advierte, que la magnitud del efluente proveniente de los edificios 1, 2 y 18, captado por la fosa séptica N° 23, en comparación con los efluentes del sistema es excesivo.

Para una aportación de 96.3 m<sup>3</sup>/día en un periodo de 15 horas, es decir, 1.78 l/s; se requiere para dar tratamiento a tal volumen de agua de 32 unidades.

Para dar solución económica a este problema, se prevé la construcción de una planta de concreto en el sitio, de dimensiones tales que pueda dar servicio a la cantidad de agua vertida al sistema, conservando en todo momento el sistema de tratamiento seleccionado.

En este cuadro se propone adecuar a la descarga de los edificios, previo a la unidad de tratamiento, con el fin de acondicionar las aguas residuales: 1) Un tanque séptico de dimensiones tales que su capacidad de tratamiento cubra la aportación mencionada. 2) Tres tanques sépticos que de manera simultánea cubran la capacidad requerida.

A fin de evaluar adecuadamente esta alternativa, en el cuadro se plantean ambos casos.

La fosa séptica N° 23 presenta una aportación muy superior al resto de las fosas; resaltando de estas por su aportación, las fosas sépticas 7, 14 y 19, con 8, 14 y 10 m<sup>3</sup>/día respectivamente.

De manera análoga al planteamiento anterior y por su importancia en cuanto al volumen de agua captada se refiere, se evalúa a la fosa séptica N° 14 con: 1) Un tanque séptico con capacidad de tratamiento para dar pulimento a la aportación correspondiente. 2) Dos tanques sépticos que de manera simultánea cubran la capacidad requerida.

Los tipos de tanques sépticos evaluados para las fosas N° 23 y 14, están representados por las letras (n, 3l) y (m, 2e) respectivamente.

Descritas las alternativas concernientes a este cuadro, y retomando del cuadro precedente las dimensiones de excavación, se obtienen cantidades y conceptos de obra; estimada la distancia adecuada de separación de los compartimentos de los tanques, se plantean las cuantificaciones de elementos estructurales de rigidez en la estructura, para estos casos de castillos y traveses manifestándose el número adecuado para cada tipo de tanque.

En el **cuadro 4.5** las tres primeras columnas representan una recopilación de datos de cuadros anteriores, y secuencialmente se calculan volúmenes y perímetros de los tipos de tanques sépticos recién asignados.

En este cuadro se detalla para cada concepto de construcción el costo de mano de obra. Los valores asignados en el cuadro como costo por unidad de cuantificación, fueron obtenidos por trabajadores

de la construcción, analizándose en cada caso las implicaciones que para su ejecución requiere.

La secuencia de evaluación económica nos lleva a cuantificar los materiales requeridos para la edificación de cada tipo de tanque propuesto, tal información se encuentra evaluada en los cuadros 4.6 y 4.7.

Según las etapas constructivas y previamente realizadas las excavaciones, se efectúan las siguientes actividades:

- \* Armado de varilla de 3/8" a cada 30 cm en ambas direcciones del rectángulo que constituye la base del tanque.
- \* Preparación de concreto con  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ , que se colocará sobre el armado de varilla; de tal forma que el concreto reforzado soportará las flexiones y compresiones provocadas por la carga de agua residual a que estará sujeta esta losa.
- \* Erección de muros basado en la colocación de tabicón, con una proporción de mortero 1:4.
- \* A fin de rigidizar la estructura y asignados números, sitios de colocación y alturas de castillos (cuadro 4.4), se coloca el acero y se vierte concreto con  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .
- \* Aplanado en la cara interna de los muros para brindar mayor impermeabilidad
- \* Los tanques son sellados con tapas de concreto preparadas in situ.

En el cuadro 4.8 se presenta una cuantificación unitaria de cada uno de los conceptos según la unidad de medición para el análisis de cada uno de ellos, representándose para cada caso y previamente estudiado el proporcionamiento, los materiales que intervienen en el logro del objetivo.

Se proporciona un esquema general para cada tipo de tanque séptico la proporción de agregados y material requerido para cada concepto en particular.

Se presenta una recopilación de materiales y costos de mano de obra en el cuadro 4.10, donde se muestra un listado para los diferentes tipos de tanques sépticos, con evaluaciones económicas con tres puntos de vista:

- 1°.- Costo total para cada uno de los materiales por utilizar.
- 2°.- Costo total para cada tipo de tanque séptico.
- 3°.- Considerando un 5% en la merma de materiales y variaciones en costos, se presenta un costo global para cada tipo de tanque séptico, así como el costo general de las obras.

Finalizadas las evaluaciones económicas, y con el motivo de evaluar las premisas realizadas en el cuadro 4.4, son aprobados por razones económicas los tipos de tanque m y 3l.

## V CONCLUSIONES

### 5.1 IMPLICACIONES DEL REUSO

La Universidad Autónoma del Estado de Morelos desde su fundación ha crecido sin una adecuada planeación en lo que se refiere a la disposición de aguas residuales.

En los planos sanitarios de la UAEM se identifican 26 pozos negros de 27 mencionados, no existen ramales ni colector de aguas, además existe la posibilidad de haber más fosas que las indicadas.

Los pozos negros son cavidades de aproximadamente 27 m<sup>3</sup> de capacidad horadadas sobre lavas basálticas y piroclastos del grupo Chichinautzín.

Lateralmente a cada uno de los pozos negros y a una distancia variable de 2 m, existe una excavación adicional (llamada pozo de absorción); que no cumple con los requisitos básicos requeridos para un campo de oxidación.

Durante una inspección a la red sanitaria se localizaron 17 pozos negros de 26, 4 supuestos pozos de absorción de 21, 2 pozos de absorción no registrados en los planos, y la mayoría de ellos no coincidieron con la ubicación proporcionada.

En el sistema sanitario de la UAEM se encontraron las siguientes irregularidades.

- \* Carencia de un sistema adecuado de septización
- \* Flujos inadecuados y en casos supuesto.
- \* Inadecuada distribución de gastos en pozos.
- \* Ubicación y capacidad incorrecta e insuficiente de pozos negros.
- \* Pozos negros perdidos y tramos ficticios.
- \* Ausencia de ramales colectores y de trampas de grasas.
- \* Nulo mantenimiento.

Debido a la mala planeación y a la calidad de las aguas dispuestas por la UAEM, éstas bajo una incongruencia en septización y al infiltrarse al subsuelo se encuentran con calidades muy bajas.

Al conocer las características intrínsecas del acuífero subyacente, se ha determinado que su susceptibilidad a ser adversamente afectado por una carga contaminante es extrema.

La tendencia de mejoramiento del sistema sanitario y conservación del acuífero ha llevado a la evaluación de tres alternativas, resultando óptima la combinación de sistemas de tanque séptico con planta de tratamiento puntual a cada descarga según convenga.



Tal combinación depura las aguas dispuestas a grado que los efluentes del tren de tratamiento se encuentran sobre un 90% de los parámetros establecidos por la NOM-001-ECOL-1996, rendimiento que puede ser incrementado utilizando métodos alternativos.

En el cuadro 5.1 basados en el cuadro 3.9 se aprecia la calidad de los efluentes obtenidos por los sistemas seleccionados, y una comparación de éstos con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la NOM-001-ECOL-1996, así como una comparación con el cuadro 3.7. que contempla parámetros no establecidos por la NOM-001-ECOL-1996.

PARAMETROS	UNIDAD	INFLUENTE	EFLUENTE	NOM-001- ECOL-1996	Cuadro 3.7	
					CONTAMINACIÓN	
DEL TREN DE TRATAMIENTO					MEDIA	LIGERA
DBO5	mg/l	162 a 243	20 a 30	*	200	100
SST	mg/l	186	15	*	300	100
pH	mg/l	7.19	7	6 a 9	*	*
Grasas y aceites	mg/l	23	Ausente	15	20	*
Nitrógeno total	mg/l	24.4	3	*	50	25
Fosfatos totales	mg/l	29.7	15	*	*	*
Coliformes	NMP/100ml	$1438 \times 10^9$	$2 \times 10^4$	* 2000	*	*
S sedimentables	ml/l	0.3	0.3	1	*	*
SAAM	mg/l	17.2	1	* 60	*	*

CUADRO 5.1 Comparación de calidades de agua antes y después de su tratamiento.

Obtenidas tales características en los efluentes del sistema de tratamiento, para las aguas residuales dispuestas por la UAEM, se pueden hacer las siguientes aseveraciones.

Sólo el parámetro de coliformes totales en el proceso de tratamiento seleccionado no se depura lo suficiente el agua, en el cuadro 5.1 aparece el símbolo \*, que indica que el valor del recuadro no está definido, pero de criterios sanitarios no vigentes se establece un punto de comparación.

Al obtener tales calidades de agua, ésta puede ser mejorada al oxidar la materia orgánica en particular los microorganismos patógenos al suministrar cloro en una cámara de contacto.

El desbaste final de carga orgánica y sólidos se retiene en un empaque de grava y arena; desbaste que puede obtenerse al infiltrar esta agua de calidad aceptable al subsuelo sin contaminarlo, tal infiltración, además de los beneficios que trae consigo puede obtenerse en el riego de las áreas verdes del campus de la UAEM.

5.2 BENEFICIOS

Existen diversas alternativas para el empleo del agua tratada, cada una tiene como punto básico de comparación el ahorro de agua de calidad potable para fines estrictamente de uso humano; destacan entre las alternativas de empleo para la UAEM:

- \* Riego de áreas verdes.
- \* Uso para el servicio de limpia en instalaciones.
- \* Lavado de automóviles de uso propio de la Universidad.

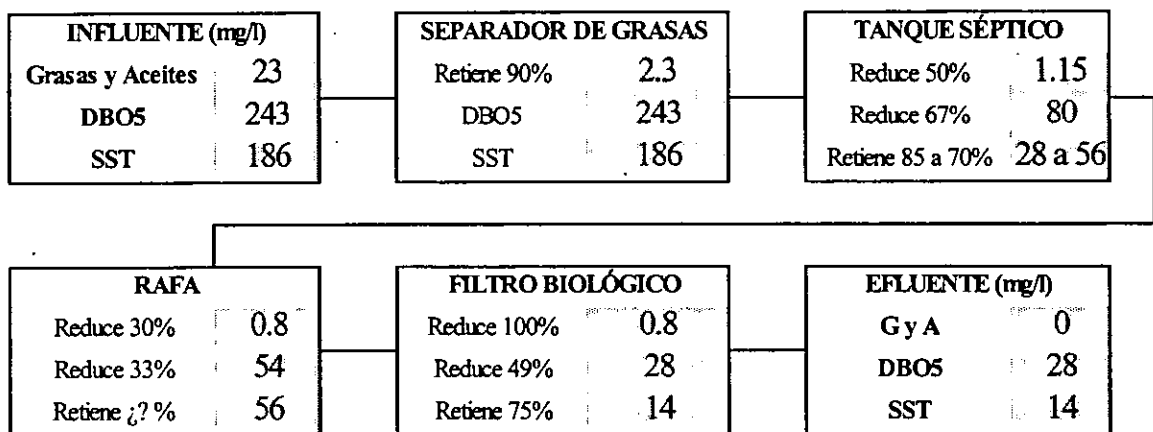
Los más claros beneficios al dar un tratamiento adecuado a las aguas residuales, para este caso en particular de la UAEM son:

1.- Económicos

- \* Ahorro de energía en la planta de abastecimiento de agua potable en extracción y potabilización.
- \* Ahorro por efecto de bombeo a instalaciones.
- \* Debido al proceso biológico de los sistemas sépticos los costos de mantenimiento en los elementos que integran el tren de tratamiento se reducen notoriamente.

2.- De impacto y contaminación del acuífero.

- \* Los efluentes obtenidos en cuanto a parámetros de calidad demuestran la eficiencia del sistema, y garantizan una conservación del acuífero. Estas eficiencias se muestran en el cuadro 5.2.
- \* El agua al ser infiltrada depura el pequeño contenido de materia orgánica y sólidos restantes del proceso de tratamiento, garantizando la recarga del acuífero y una calidad adecuada de extracción de agua para consumo humano.



CUADRO 5.2 Eficiencias de remoción de los elementos que integran el tren de tratamiento.

### 5.3 RECOMENDACIONES

Implementar campañas con objeto de informar a la comunidad universitaria y crear una cultura sanitaria en cuanto a la disposición de sólidos inorgánicos, y disponer de ellos en cestos sanitarios.

Realizar aforos y pruebas de calidad en determinadas etapas de servicio a fin de poseer registros de las variaciones y comportamientos de las calidades en diferentes estados de funcionamiento, tanto en volumen de ocupación de las cámaras, variación en cuanto a temperaturas prevalecientes en el medio, así como periodos de aportación.

Muestreos para determinar según elementos y aportaciones para los diferentes puntos de concentración los periodos convenientes de mantenimiento y desazolve.

Realizar la extracción de lodos y natas estabilizados tanto para el tanque séptico como para la planta de tratamiento, recomendando no extraer todo el lodo de éstos elementos, ya que la colonia bacteriana se encuentra estabilizada y adaptada al medio, y una completa evacuación implicaría tiempo de espera en la formación de nuevas bacterias anaerobias que reduzcan las sustancias orgánicas. Sugiriendo la remoción de 500 l para las plantas de tratamiento, es decir no mas del 25 % de su capacidad.

Recuperar sustancias o subproductos provenientes de efluentes de laboratorios derivados de las actividades de los mismos, instalar tuberías separadas para conducir estas aguas a tanques donde reciban un adecuado tratamiento para depurar las sustancias vertidas, realizada esta etapa puede ser dispuesta el agua a los sistemas sépticos de tratamiento.

A fin de lograr el riego de áreas verdes se recomienda construir un tanque subterráneo anexo a cada punto de concentración de aguas tratadas, a modo de concentrar los efluentes septizados para recibir una cloración (oxidación de materia orgánica patógena).

Ya sea por acción de gravedad o por bombeo, según lo permita la topografía cercana al tanque, se dará servicio a jardines para lograr dos objetivos: riego de las áreas verdes y con ello infiltración y depuración del contenido orgánico restante al agua para recargar el acuífero.

A continuación en la figura 5.1 se muestra el nuevo sistema sanitario que integrará y servirá a las aguas de servicio de la UAEM.

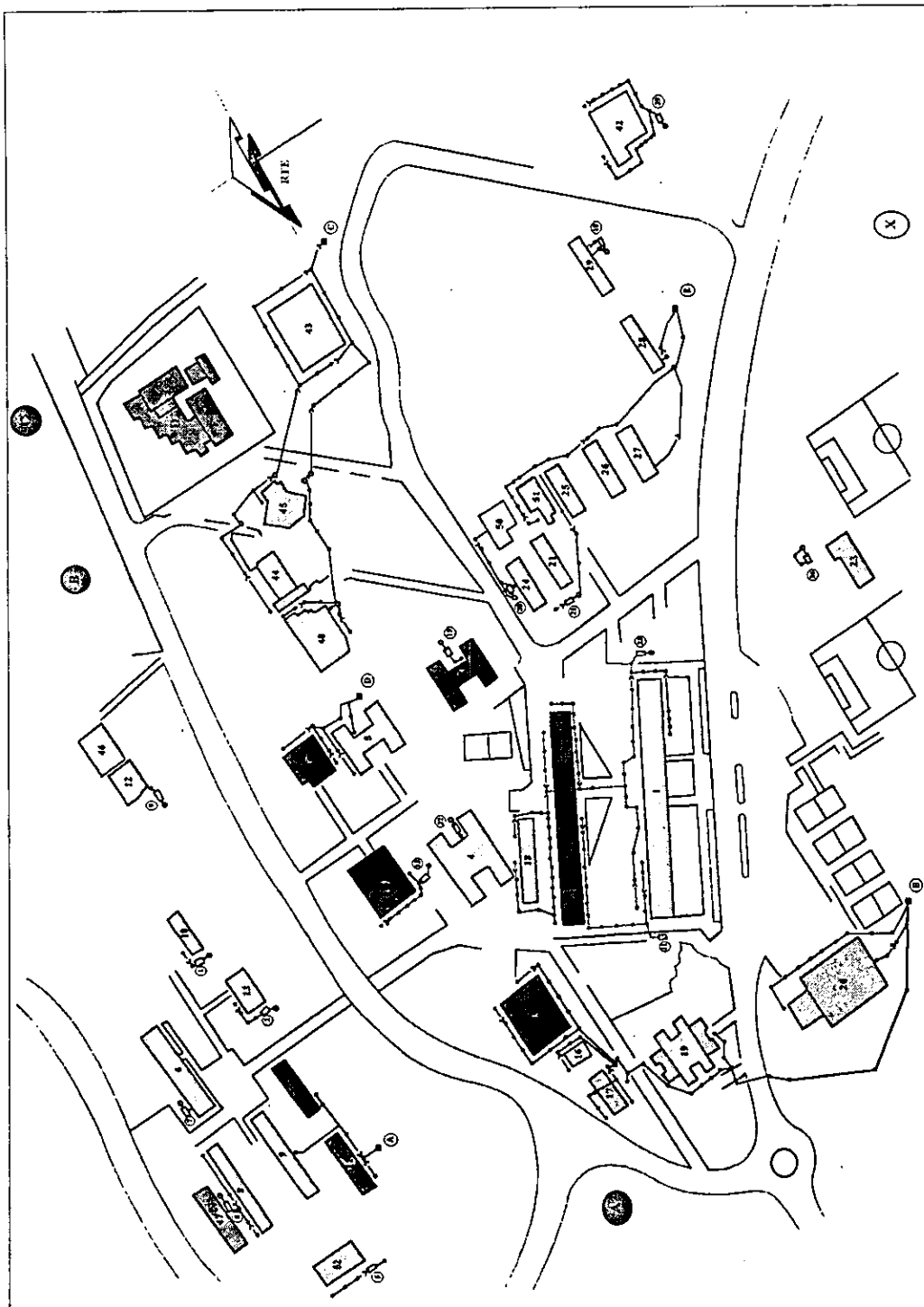


FIGURA 5.1 Nuevo sistema de red sanitaria.

## **BIBLIOGRAFÍA**

“VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO” IMTA (1995).

Plano Red Sanitaria de UAEM. Arq. López, A. (1996).

Melgosa, R.M.; Flores, E. “Informe técnico de la calidad del agua residual proveniente de las descargas de los edificios 2, 3, 7, 11, 14, 15, y 41 de la UAEM” (1995).

Custodio, J.E.; Llamas, M.R. “Hidrología Subterránea-tomo I” España Ed. Omega Barcelona (1983)

Geovisa S.A. “Estudio geotécnico para la cimentación de los edificios de la Rectoría de Universidad Autónoma del Estado de Morelos” (1992) Informe Técnico.

Límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes en aguas y bienes nacionales NOM-001-ECOL-1996 (Diario oficial de la federación enero 1997).

López, R. Apuntes de Tratamiento de Aguas Residuales FI UNAM (1996).

Metcalf y Eddy Ingeniería Sanitaria Mc Graw Hill (1991).

Environmental Engineering ASCE “Multichambers Septic Tanks” (1980).

Recopilación de Sistemas Alternos de Tratamiento en Sitio, según licitación UNAM (1995).