



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**COMPARACION DE LA EFICIENCIA DE DOS
MODELOS DE FOSA SÉPTICA, MEDIANTE LA
DETERMINACION DE COLIFORMES TOTALES Y
COLIFORMES FECALES**

TESIS

Que como requisito parcial para la obtención del título de:
INGENIERO AMBIENTAL

Presenta:

SISSI ELIZABETH CARBALLO MATOS

DIRECTOR DE TESIS

Ing. José Alfonzo Canche Uuh

Chetumal, Q. Roo, 1999.

043973



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité de asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

COMITÉ:

DIRECTOR:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Canche Uuh', written over a horizontal line.

ING. JOSE ALFONZO CANCHE UUH

ASESOR:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juan Carlos Avila Reveles', written over a horizontal line.

M.I.A. JUAN CARLOS AVILA REVELES

ASESOR:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jose Martin Rivero Rodriguez', written over a horizontal line.

M.C. JOSE MARTIN RIVERO RODRIGUEZ

Chetumal, Quintana Roo. Septiembre de 1999.

DEDICATORIA

A mis padres María Elena Matos y Herlindo Carballo castillo (+); mis queridos y amados abuelos, Justino Mex (+) y Eulalia Matos, Manuel Carballo Delgado (+) y Eusebia Castillo de Carballo (+), por toda la infinita paciencia, enseñanzas, experiencias, sabiduría y amor, que me han otorgado en la vida. Gracias a ellos, tengo un presente.

A mis hermanos, Lidia Juanita, Sonia, Heros Lin y Marco Antonio; Mario y Andrés por sopórtame en mis mejores y peores momentos de mi vida. Principalmente a mis sobrinos, David Humberto, Andrés Arturo, Carolina, Sonia Elizabeth, Mario Leonardo y Luz Elena, por su muestras de cariño, confianza, apoyo y alegría en mi vida

Al transcurso de la vida por enseñarme a distinguir a las personas, circunstancias, experiencias y lo mas importante, valorar el maravilloso tiempo que tenemos en el mundo y tener claro la intensidad de vivir, sabiendo compartir y ofrecer a los demás seres humanos, el respeto a la dignidad, honor, amistad, fuerza de continuar, apoyo, verdad, honestidad, sinceridad...

Para ellos con mi amor y mis mejores pensamientos

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas a las cuales me brindaron su sincero y desinteresado apoyo. Si escribo todos sus nombres, mejor realizo un solo texto para ello.

En especial a Francisco Sánchez por enseñarme a realizar los análisis y su enorme paciencia para explicarme las técnicas, a Alvaro Bojorquez por realizar actividades ajenas a su profesión; Fermín Joven, Octavio Ruiz y Noé Negrete, siempre juntos. A Gustavo Pérez por ayudarme a darle forma a la tesis, Víctor Alba por sus grandes ideas, Javier Triana; a todos por ser mis amigos y compañeros de estudio, por estar conmigo en las buenas y en las malas.

La carrera nos unió, para abrir cursos, y los estudios nos convirtió en verdaderos amigos.

A los profesores, por su amabilidad para explicarme fuera de clases conceptos que no comprendía, a enseñarme a ser profesionista poco a poco, por demostrarme en realidad, que la teoría es necesaria para pensar y la experiencia para aplicar lo aprendido.

Principalmente a la División de Ciencias e Ingeniería, le doy las mas sinceras gracias, a los maestros de ambiental y los de sistemas de energía, por lo mucho que me han ayudado.

***Gracias
Sissi Elizabeth Carballo Matos***



INDICE GENERAL

Introducción.....1

CAPITULO 1.- AGUAS SUBTERRANEAS

1.1. - El agua subterránea: un recurso en peligro.....3
1.2.- El legado universal.....5
1.3.- Problemas comunes de contaminación de aguas subterránea.....5
 1.3.1.- Alternativas en un plan de acción y gestión para minimizar la contaminación....6
1.4.- Agua peligrosa para la salud.....6
1.5.- Cuestión de dinero.....7

CAPITULO 2.- TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

2.1- Clasificación de aguas de acuerdo con su procedencia.....10
 2.1.1.- pluviales.....10
 2.1.2.- Blancas.....10
 2.1.3.- Negras.....11
 2.1.4.- Industriales.....11
 2.1.5.- Agrarias.....12
2.2 - parámetros de contaminación
2.2.1.- Sólidos y microorganismos.....12
2.2.2.- Materias oxidables biológicamente.....19
 2.2.2.1.- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....14
 2.2.2.2.- Demanda química de oxígeno (DQO).....14
 2.2.2.3.- Oxígeno disuelto (OD).....15
 2.2.2.4.- Fósforo total.....15
 2.2.2.5.- pH.....16
 2.2.2.6.- Cloruros.....16
 2.2.2.7.- Grasas.....16



2.3.- Criterios de selección de tratamientos.....16

2.4.- Tratamiento y eliminación de excretas de seres humanos

 2.4.1.- Fosa séptica (FS).....18

 2.4.2.- Funciones primordiales de la FS.....20

 2.4.3.- Factores de funcionamiento.....21

 2.4.4.- Letrina.....22

 2.4.5.- Eliminación de excretas sin arrastre de agua.....23

CAPITULO 3.- MICROORGANISMOS DE LAS AGUAS NEGRAS

3.1.- Clasificación de bacterias.....25

3.2.- Conceptos de coliformes.....26

3.3.- Organismos probables en el agua.....27

3.4.- Enfermedades causadas por grupos coliformes.....27

CAPITULO 4.- GEOLOGIA Y HIDROLOGIA

4.1.- Clasificación regional.....29

4.2.- Procesos de purificación del agua.....29

4.3.- Factor de transporte.....30

4.4.- Geología.....31

4.5.- Hidrología.....32

4.6.- Hidrología superficial.....33

4.7.- El acuífero.....33

4.8.- Recarga de aguas subterráneas.....33

4.9.- Flujo subterráneo.....34

CAPITULO 5.- RESULTADOS DE LA EVALUACION DE AMBOS MODELOS DE FOSA SÉPTICA

5.1- Materiales y métodos.....35

 5.1.2.- Técnicas para la determinación de microorganismos.....37

5.2.- Procedimiento de toma de muestreo40

5.3.- Resultados y discusión

 5.3.1.- Descripción del modelo I42

 5.3.2.- Descripción del modelo II43

| | |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 5.3.3.- Los datos de coliformes totales del modelo I | 44 |
| 5.3.4.- Los datos de coliformes fecales del modelo I | 46 |
| 5.3.5.- Los datos de temperatura del modelo I | 48 |
| 5.3.6.- Los datos de pH del modelo I | 50 |
| 5.3.7.- Los datos de conductividad del modelo I | 52 |
| 5.3.8.- Los datos de DBO ₅ del modelo I | 54 |
| 5.3.9.- Los datos de coliformes totales del modelo I | 56 |
| 5.3.10.- Los datos de coliformes fecales del modelo II | 58 |
| 5.3.11.- Los datos de temperatura del modelo II | 60 |
| 5.3.12.- Los datos de pH del modelo II | 62 |
| 5.3.13.- Los datos de conductividad del modelo II | 64 |
| 5.3.14.- Los datos de DBO ₅ del modelo II | 66 |
| 5.3.15.- Coliformes totales en ambos modelos | 68 |
| 5.3.16.- Coliformes fecales en ambos modelos..... | 70 |
| 5.3.17.- Temperatura en ambos modelos..... | 72 |
| 5.3.18.- pH en ambos modelos..... | 74 |
| 5.3.19.- Conductividad en ambos modelos | 76 |
| 5.3.20.- DBO ₅ en ambos modelos..... | 78 |
| 5.4.- Comentarios..... | 80 |
| 5.5.- Conclusiones..... | 81 |
| 5.6.- Recomendaciones..... | 82 |
| LITERATURA CITADA..... | 83 |
| Anexo | 87 |
| Anexo 2..... | 88 |
| Lista de tablas..... | 89 |
| Lista de cuadros..... | 89 |
| Lista de figuras..... | 90 |



INTRODUCCION

Un agua limpia por naturaleza, proviene exclusivamente de una fuente o cuerpo de agua limpia. El agua potable contaminada por aguas negras, puede transformarse en un vector de dispersión de graves enfermedades epidémicas.

En gran parte de la Península de Yucatán y otras partes del sur de la República Mexicana, se emplea la conocida fosa séptica (FS), como una alternativa de tratamiento de aguas residuales de casas-habitación y se ha considerado como una alternativa de solución viable antes de la llegada del drenaje sanitario a la población.

La necesidad de mantener limpias las aguas ha penetrado tan profundamente en la conciencia pública en los últimos años, que las medidas para protegerlas gozan ya de prioridad en casi todos los países. Debido a la gran importancia que tienen los microorganismos en la impurificación y autodepuración de las aguas, desde 1980 se han realizado numerosas investigaciones microbiológicas en los diversos medios acuáticos.

Algunos de los factores determinantes en la contaminación del agua subterránea: son cuando ésta llega a contaminarse y no puede depurarse por sí misma, como el agua superficial tiende a hacerlo.

La poca descomposición por bacterias aeróbicas se debe a que el agua subterránea está privada del suministro de oxígeno y poblaciones pequeñas de bacterias aeróbicas y anaerobias degradadoras. La temperatura baja del agua subterránea, provoca una reacción lenta de descomposición, la cual necesita miles de años para que el agua subterránea contaminada se libere a sí misma de los desechos.

La acumulación de materia orgánica en una FS, es el medio ideal para el desarrollo de diversos microorganismos; por consiguiente da origen a las siguientes preguntas: ¿Cómo fluctúan sus poblaciones?, ¿Qué tan eficiente es el diseño de la fosa?

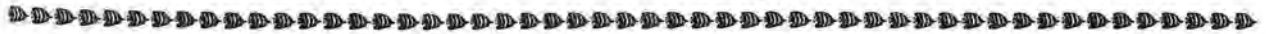
La definición de FS: "Recipiente hermético diseñado y construido para recibir las aguas de desecho de una casa, separar los sólidos de los líquidos, suministrar una digestión limitada a la materia orgánica retenida, almacenar los sólidos y permitir que el líquido clarificado sea descargado para su posterior tratamiento y disposición".



El presente trabajo de tesis tiene como objetivo, la realización del estudio para conocer la cantidad de microorganismos de aguas negras, en el sedimentador y decantador de dos diseños de fosa séptica (FS), que consistió en la detección de organismos coliformes fecales y totales, durante el periodo de agosto de 1997 a febrero de 1998, se efectuaron los muestreos. Las muestras mixtas analizadas presentaron niveles altos en organismos fecales y totales respectivamente, evidenciando la existencia de factores potenciales de contaminación al no tener un sistema de contención de aguas negras.

Se recurrió al NMP, por lo tanto los resultados demuestran la necesidad de instrumentar un programa de monitoreo de FS, para cuantificar la cantidad de organismos inyectados al manto freático. Mediante la comparación de los resultados de DBO₅, pH, temperatura, conductividad.





CAPITULO 1

AGUAS SUBTERRANEAS

La importancia de las aguas subterráneas, dentro del impacto de las actividades antropogénicas, se refleja en la calidad del agua; ya que cumple un papel importante, y en numerosos casos vital, para el suministro del agua potable de muchas áreas urbanas y rurales.

El flujo de aguas subterráneas y el transporte de contaminantes no pueden observarse ni medirse fácilmente. Ambos procesos generalmente son lentos. La contaminación tiende a ser insidiosa e invariablemente muy persistente. La recuperación de acuíferos una vez que han sido contaminados es excesivamente cara, lenta y técnicamente problemática.

Las actividades que tienen mayor impacto sobre la calidad de las aguas subterráneas son: urbanización con densidad elevada con saneamiento sin alcantarillado, inadecuada disposición de efluentes líquidos industriales, cambios en las prácticas de cultivo agrícola, accidentes ambientales.

1.1 .- El agua subterránea: un recurso en peligro

La Tierra recibe a veces el nombre de "el planeta azul", porque desde el espacio parece casi toda ella un océano azul. El agua del océano es salada, y no es fácilmente convertible en agua dulce. La cantidad de agua dulce disponible para uso humano representa tan sólo una parte muy pequeña del volumen total del agua contenida en los mares o bloqueada en las capas de hielo polares. Y de esa fracción de agua dulce, el 95 por ciento se encuentra bajo tierra.

Más de la mitad del agua que se utiliza para beber, lavar y regar cultivos procede de debajo de la tierra. Este agua del subsuelo se conoce como agua subterránea. El noventa y cinco por ciento del agua dulce disponible para uso humano se hallan en el subsuelo. Todo el mundo da por hecho que el agua subterránea que se extrae de los pozos es omnipresente y estará siempre disponible, y que siempre será limpia y segura para beber. Pero los expertos dicen que las reservas de agua subterránea pueden secarse debido a la sobre explotación, o que pueden verse contaminadas por la polución, por medidas sanitarias insuficientes o por la penetración de agua salada.

El Banco Mundial estima que los países en desarrollo tendrán que invertir 600.000 millones de dólares para reparar y mejorar los sistemas de agua. Una parte considerable de las inversiones serán destinada a la extracción y bombeo de agua subterránea, principalmente para



uso agrícola, y secundariamente para la industria y el consumo doméstico. Dada la tendencia a la privatización de los servicios públicos, es de esperar que una parte creciente de las inversiones en el sector del agua procedan del sector privado: ya se están incorporando cláusulas exigiendo a los gobiernos que privaticen los servicios del agua en el marco de créditos multilaterales. Una de las consecuencias posibles de esta tendencia creciente a la privatización es que el acceso al agua deje de considerarse como un derecho, y se convierta en una función de los mercados económicos (15).

El agua subterránea, que en su estado natural está más protegida que el agua de superficie, constituye el recurso preferido de agua potable para las ciudades. Pero el aumento incontrolado de la población que vive en las ciudades, y que según las previsiones pasará del 31 % de 1955 a un 50 % en el año 2005. Para proteger los acuíferos de la contaminación, las ciudades del mundo industrializado están gastando cientos de millones de dólares en la adquisición de tierras con recursos de agua subterránea y en la conservación de esos depósitos en su estado natural. En los países en desarrollo, donde el aumento de la población urbana está dejando obsoletos los sistemas de canalización de las aguas residuales, el mayor problema son los residuos humanos no tratados.

Junto con los problemas de los recursos públicos de agua subterránea está el consumo creciente de agua embotellada privada, un agua en su mayoría calificada como agua de manantial, es decir, agua subterránea. Pero el agua potable embotellada no es sólo una manía de consumismo de las clases medias de los países ricos. En los países en desarrollo, las bombas de agua en muy contadas ocasiones llegan a las comunidades más pobres, y sus residentes no tienen más remedio que pagar altos precios por el agua embotellada.

Si se exige que los usuarios paguen el costo real del agua, serán los consumidores de la agricultura a gran escala quienes pagarán las facturas más elevadas. El riego agrícola supone cerca del 90 por ciento del consumo de agua subterránea de todo el mundo, y muchas empresas agroalimentarias se aprovechan de este recurso natural sin costo alguno, o son las beneficiarias del agua subterránea extraída por el sector público a precios fuertemente subvencionados. El segundo mayor consumidor de agua subterránea - a mucha distancia del consumo agrícola - es el sector industrial, pero también aquí el sector público suele correr con el grueso de la factura.

1.2.- El legado universal

El agua subterránea es el recurso principal de las corrientes básicas que alimentan los cursos de agua de superficie y los humedales. Es un amortiguador eficaz contra la sequía. Esa acción amortiguadora adquirirá mayor relevancia a medida que el calentamiento global previsto altere las pautas de recarga. Cuando el régimen de lluvias es insuficiente y los ríos se secan, el agua subterránea constituye un recurso vital indispensable para regar y para beber.

1.3.- Problemas comunes de contaminación de aguas subterránea

Para proteger los recursos de agua subterránea, es imprescindible mejorar las medidas de prevención y saneamiento.

Los residuos industriales y urbanos producen una contaminación intensiva, aunque localizada. La contaminación menos intensiva pero más extensiva generada por la agricultura moderna representa, en cambio, un peligro más insidioso. El aumento de la producción alimenticia que ha tenido lugar en todo el mundo en los últimos 50 años se ha visto impulsado sobre todo por tecnologías que dependen del uso de fertilizantes y de pesticidas químicos. La recuperación de flujos está incrementando paulatinamente la cantidad de oligo-elementos metálicos y de compuestos orgánicos tóxicos tanto en el suelo como en el agua subterránea.

El segundo peligro procede de la sobre extracción de agua subterránea. Dado que el agua subterránea constituye un recurso sólo parcialmente renovable, pocos acuíferos pueden soportar indefinidamente índices excesivos de extracción. Cuando agoten sus reservas no renovables, los acuíferos se vaciarán de forma irreversible. Otro de los efectos de la sobre explotación es en franjas costeras o en islas pequeñas es la salinización, debido a la entrada de agua salada en las reservas de agua dulce. La salinización es particularmente peligrosa en pequeños países insulares, ya que sus reservas de agua dulce son frágiles y su volumen ya de por sí muy limitado.

Paradójicamente, la elevación de los niveles freáticos puede resultar tan perjudicial como su descenso. Esta tercera amenaza se conoce como saturación de agua, y suele darse en zonas agroganaderas que han traído el agua de fuera para el riego, bajo aquellas ciudades que han importado gran cantidad de agua, en lugares donde los sistemas de desagüe presentan fugas, y también en zonas rurales que han sido deforestadas o desbrozadas. La saturación de agua obstruye el suelo y por lo general reduce la calidad del agua subterránea.



1.3.1.- Alternativas en un plan de acción y gestión para minimizar la contaminación

- Sistemas integrados de información sobre los recursos de base.
- Establecimiento de estándares de calidad del agua
- Establecimiento de áreas protegidas.
- Control de la contaminación
- Control de la extracción.
- Control de plantas subterráneas de eliminación de residuos.
- Regulación de la explotación del suelo.

1.4.- Agua peligrosa para la salud

Alrededor del 80 por ciento de todas las enfermedades y más de una tercera parte de todas las muertes en los países en desarrollo están relacionadas con el agua (8). Cada ocho segundos mueren un niño por una enfermedad relacionada con el agua. Cada año, más de cinco millones de personas fallecen por dolencias vinculadas a su consumo, la falta de higiene en el hogar o defectos en la canalización (17). Y la diarrea, originada en un 30 por ciento de los casos por el agua causando una grave deshidratación y malnutrición, mata cada año a casi 3 millones de niños menores de cinco años, lo que representa la cuarta parte de muertes en este grupo de edad (26).

Los riesgos para la salud asociados al consumo de agua serán especialmente severos en las zonas urbanas en rápida expansión, donde el crecimiento de la población y la construcción de grandes metrópolis limitará aún más la disponibilidad de agua, según los expertos (11).

La OMS calcula que la morbilidad (número de casos) y mortalidad (número de muertes) derivadas de las enfermedades más graves asociadas al agua se reduciría entre un 20 y un 80 por ciento garantizando su potabilidad y adecuada canalización (17).

Los patógenos que prosperan en los ambientes acuáticos pueden provocar cólera, fiebre tifoidea, disenterías, poliomiелitis, hepatitis y salmonelosis. Se transmiten al beber agua infectada, comer pescado y marisco contaminado, bañarse, nadar o vadear en aguas contaminadas o por insectos y caracoles acuáticos.

La esquistomiasis mata cada año a unas 20.000 personas, según la OMS. Se contrae al lavarse o bañarse en ríos, lagos o canales infectados. Un gusano denominado esquistosoma penetra por la piel, llega a la sangre y se instala en los vasos sanguíneos de los intestinos o la vejiga causando, por ejemplo, un tipo de cáncer de vejiga que es la principal causa de muerte para los hombres menores de 44 años en Egipto (35).



La incidencia de la dracunculosis ha decrecido un 97 por ciento desde 1986 gracias a la adopción de medidas preventivas como el filtrado de agua, la desinfección de estanques, la instalación de bombas y la protección de fuentes. La dracunculosis la causa un parásito conocido como gusano de Guinea. La hembra adulta puede medir hasta un metro de largo y dos milímetros de ancho. El parásito recorre el cuerpo causando enormes dolores, sobre todo en las articulaciones. Finalmente, emerge por la piel, normalmente por los pies, causando edemas, ampollas y úlceras que suelen ir acompañadas de fiebre, náuseas y vómitos. Los afectados pueden infectar los estanques de los que se abastecen las aldeas sumergiendo la parte afectada en el agua (18).

La erradicación global de esta enfermedad parece próxima (35), con lo que, con la poliomielitis, se convertirá en una de las escasas enfermedades que pueden darse por eliminadas del Planeta, categoría en la que entra ya la viruela. Para ello se requiere que no se notifiquen casos en ninguna parte del mundo durante al menos tres años.

Unos 200 millones de personas de Asia, Africa y Latinoamérica sufren giardiasis, una infección intestinal que se transmite sobre todo por el consumo de agua contaminada por heces. Causa diarrea, dolores abdominales y pérdida de peso. Cada año se registran unos 500.000 nuevos casos, la mayoría en niños (35).

En la actualidad, el cólera, el tifus y la disentería son raros en los países industrializados. No así en los países en vías de desarrollo, donde cada año se registran unos 16 millones de casos de cólera y 120.000 defunciones por esta enfermedad. Un 80 por ciento de los casos y muertes por cólera se registran en Asia. También tiene una alta incidencia en Africa y Latinoamérica (35).

1.5. - Cuestión de dinero

El Banco Mundial calcula que la necesidad de una ordenación general de los recursos hídricos en el futuro requerirá una inversión de al menos 600.000 millones de dólares para una amplia gama de inversiones relacionadas con el agua en todo el mundo durante la próxima década. La mayor parte de estos fondos tendrá que ser recaudada por los países mismos, pero una parte de las necesidades de los países en desarrollo, 60.000 millones de dólares, deben provenir del extranjero (el Banco Mundial prestará entre 30.000 y 40.000 millones de dólares de esta suma) (33).

A nivel internacional existe cierto consenso respecto a los principios fundamentales que han de regir la gestión del agua. Entre ellos figuran los siguientes:



1. El agua es un recurso escaso y debe tratarse como un bien social a la vez que económico. Los ciudadanos tendrán que usar el agua de forma más eficiente y contar con pagar el costo real de este recurso precioso. Según el Worldwatch Institute, en términos generales sólo se paga el 15 por ciento del precio real del agua circunstancia que, a su juicio, desalienta el ahorro. Diversos expertos se han pronunciado a favor de limitar o poner fin a los ingentes fondos públicos que se destinan a subsidiar el agua, sobre todo en la agricultura, que absorbe el 69 por ciento del agua. La producción de una tonelada de cereales, ya cosechada, cuesta unas mil toneladas de agua (26 y 27). De acuerdo a las estimaciones de los especialistas, si el consumo de cereales se mantiene en el nivel actual, en el 2025 serían necesarios 780.000 millones de metros cúbicos de agua adicionales para satisfacer la demanda de la población. Es decir, más de nueve veces el caudal anual del río Nilo (27). El 23 por ciento de los recursos hídricos, a nivel mundial, se destina a la industria y un escaso 8 por ciento se dedica a usos domésticos (27).
2. El agua debe manejarse dentro de un marco general, tomando en cuenta consideraciones intersectoriales. El problema del agua debe abordarse, pues, desde un enfoque integrado, que vincule la ordenación del uso de la tierra con la ordenación sostenible del agua, reconozca el agua como un bien económico y fomente intervenciones efectivas en función del costo.
3. La prevención de conflictos generados por el agua requeriría, por otro lado, el cumplimiento y desarrollo concreto de las recomendaciones aprobadas en 1991 por la Comisión de Derecho Internacional de las Naciones Unidas:
 - Informar a países vecinos que compartan masas acuáticas y consultar con ellos antes de emprender actuaciones que pudieran afectarles.
 - Intercambiar con periodicidad datos hidrológicos.
 - Evitar ocasionar perjuicios sustanciales a otros usuarios.
 - Distribuir de manera razonable y equitativa el agua de una cuenca fluvial compartida.
 - La prevención y la reducción de la contaminación industrial puede ser altamente receptiva a políticas de incentivos bien estructurados, según los expertos, que abogan por el fomento de las medidas que pongan énfasis en la prevención, como son la adopción de una tecnología de proceso eficiente, la minimización de los desechos, el reciclado y la recuperación de recursos. Asimismo, debería promoverse activamente la aplicación de un principio básico: aquel según el cual "quien contamina paga". De esta forma se incrementaría el compromiso de municipios, industrias y usuarios.





CAPITULO 2

TRATAMIENTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES

2.1- Clasificación de aguas por su contenido

Las aguas residuales se clasifican, conforme a su naturaleza de procedencia en:

- Agrarias: agrícolas, ganaderas.
- Industriales: comercial, industrial
- Domesticas: fecales y limpieza.

Retomando la anterior, el agua contaminada se ubica en la siguiente descripción:

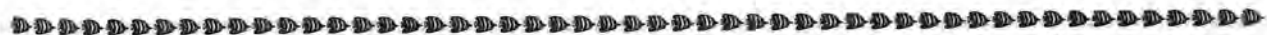
2.1.1.- Aguas pluviales

Agua de procedencia de escorrentía superficial proveniente de precipitaciones atmosféricas (nieve, granizo, lluvia, etc.). Su característica primordial, es el aporte intermitente de caudal y por una contaminación (lavado de superficies y contaminantes atmosféricos) importante en los primeros 15-30 minutos.

2.1.2.- Aguas blancas

Procedentes de escorrentía superficial y de drenajes. Aporta cantidades intermitentes y contaminantes, debido a los caudales de agua de drenaje (agua salobre, filtraciones de alcantarillado, etc.). Están constituidas fundamentalmente por aguas pluviales que son las generadoras de las grandes aportaciones intermitentes de caudales. No obstante, con el progresivo avance y desarrollo del urbanismo lineal y subterráneo. Las aguas de drenaje han cobrado gran importancia creciente, especialmente por estar muy a menudo afectadas por la contaminación producida por fugas de redes de alcantarillado, derrames accidentales, descargas directas, etc. Se integran, por tanto, como componentes de la suciedad de las aguas blancas:

- Contaminación por la aguas de drenaje: aguas salobres, fugas de alcantarillado, etc.
- Arenas, residuos vegetales y pesticidas de zonas agrícolas y jardines.
- Residuos del trafico: aceites, grasas. Hidrocarburos, compuestos fenólicos y de plomo, etc.
- Resultado de actividades antropogenicas.
- Elementos de contaminación atmosférica.



2.1.5.- Aguas agrarias

Es una de las aguas mas ricas en diversidad de contaminantes, por ejemplo: fertilizantes (inorgánicos: fosfatos, nitratos, sulfatos, etc.), pesticidas (plaguicidas, pesticidas, productos fitosanitarios, etc.), estiércol, residuos varios, materia orgánica vegetal animal. Debido a la actividad agrícola, los residuos de abonos, plaguicidas y pesticidas, generan daños a los recursos vivientes y peligro inminente a la salud humana.

2.2.- Parámetros de contaminación

2.2.1.- Sólidos y microorganismos

El contenido total de materia sólida contenida en el agua constituye los Sólidos Totales (ST), tanto orgánico como inorgánico, su valor queda definido por toda la materia que permanece como residuo de evaporación. Estos sólidos pueden encontrarse como:

- ❖ Sólidos disueltos (SD), los cuales no sedimentan encontrándose en el agua en estado iónico o molecular.
- ❖ Sólidos en suspensión (SS), que pueden ser: sedimentables, por su peso pueden sedimentar fácilmente en un determinado período de tiempo (2 horas en cono Imhoff). No sedimentables (SSn), no sedimentan tan fácilmente por su peso específico próximo al del líquido o por encontrarse en su estado coloidal.

Los sólidos en suspensión sedimentables constituyen una medida de la cantidad de fango que se depositará durante el proceso de decantación de las Depuradoras.

Una de estas clases de sólidos pueden clasificarse de nuevo en base a su volatilidad a 500°C. La fracción orgánica se oxidará y será expulsada como gas, permaneciendo la fracción inorgánica como ceniza. Por lo tanto los términos volátiles y fijos aplicados tanto a los disueltos, como a los que están en suspensión, sedimentables y no sedimentables, se refiere a su parte orgánica e inorgánica, respectivamente (4).

Los sólidos orgánicos proceden de la actividad antropogénica, siendo su esencia animal y vegetal. Contienen principalmente C, H, O, así como N, S, P y K, siendo el caso de las proteínas, hidratos de carbono, grasas, etc. Primordial característica es la posible degradación y descomposición por reacciones químicas o enzimáticas de los microorganismos.

Cada uno de estos sólidos son de constitución diferente por el contenido orgánico e inorgánico. A los sólidos inorgánicos se les denomina sólidos fijos (F) y a los orgánicos volátiles (V). En la determinación de los sólidos se desecará la a 105°C. A 500°C, la materia orgánica se

volatiliza, quedando los sólidos fijos, y por diferencia con los que permanecen a 105°C, se obtienen los volátiles (4).

Para determinar los sólidos sedimentables se realiza un ensayo introduciendo un litro de muestra en un cono Imhoff. Estos sólidos separados al cabo de un tiempo de 2 horas, se denominan sólidos sedimentables.

Entre la materia viva incorporada a las aguas, que se contempla bajo la denominación de microorganismos, pueden citarse: virus, algas, protozoos, bacterias, hongos, insectos, rotíferos, etc.

Los microorganismos pueden clasificarse en:

- Parásitos, si viven a expensas de otro organismo vivo, pudiendo ser benignos o patógenos, estos últimos pueden ser causa de enfermedades que afectan directamente al ser humano, por ejemplo: hepatitis, fiebres tíficas, cóleras, salmonelosis, disenterías, etc.
- Saprofitos, habitan en la materia orgánica muerta descomponiéndola para alimentarse. En su actividad metabólica se origina nueva materia, productos de desechos y formación de flóculos.

Otra clasificación importante es la basada en la posibilidad que tienen los microorganismos para la captación de oxígeno, como elemento básico energético de su vida. Atendiendo a esta caracterización pueden ser:

- Aerobios, constituyen el 60-65% de microorganismos existentes en las aguas residuales, esencialmente capta directamente el oxígeno disuelto en el agua.
- Anaerobios, constituyen el 10-25% de microorganismos existentes en las aguas residuales. Obtienen el oxígeno por descomposición de la materia orgánica constituida por más elementos como el C, H, O, N, S, P Y K.
- Facultativos, son el 10-30%, estos pueden adaptarse a las condiciones aerobias o anaerobias, dependiendo de la existencia o no de oxígeno disuelto en las aguas.

Existen microorganismos patógenos, que pueden originar problemas ambientales y de salud a los seres humanos, y por otra parte existen inmensas colonias de microorganismos, que colaborando con la naturaleza ayudando a un continuo reciclado y reutilización de materia orgánica, cerrando ciclos tan importantes e indispensables como los del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre.

Finalmente deben mencionarse los organismos macroscópicos, los cuales son visibles, por ejemplo; gusanos, insectos, larvas, y otras formas diversas, los cuales tienen la función de catalizadores de la descomposición de la materia orgánica.

2.2.2.- Material oxidable biológicamente

Son de tipo orgánico, absorben de la forma natural hasta su mineralización una cierta cantidad de oxígeno, debido a los procesos químicos o biológicos de oxidación que se producen en el agua. La manera de estudiar estos procesos es mediante el análisis de parámetros tales como:

2.2.2.1.- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es la cantidad de oxígeno disuelto consumida por un agua residual durante la oxidación por vía biológica, de la materia orgánica biodegradable presente en dicha agua residual, en unas determinadas condiciones de ensayo en un tiempo dado. Refleja la materia orgánica que existe en el agua, indicando el oxígeno necesario para alimentar a los microorganismos y las reacciones químicas.

La primera etapa de la oxidación biológica de la materia orgánica, en la que se produce la descomposición de los compuestos del carbono, se inicia inmediatamente y, con una temperatura de 20°C, concluye aproximadamente a los 20 días. La segunda etapa, en la que se produce la descomposición de los compuestos nitrogenados, se inicia al cabo de algunos días (20°C a los 10-15 días). Por ello, ante la necesidad de esperar varios días para conocer el resultado, se hace necesario adoptar otros métodos, que si bien no reflejan exactamente la realidad del hecho en la naturaleza, permiten usarse, por su rapidez de determinación, para su control de vertidos y de los procesos de depuración.

Para el control de la autodepuración natural o para el control de los procesos de depuración suele adoptarse la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días y a 20°C (DBO₅), cuyo valor se aproxima suficientemente.

2.2.2.2.- Demanda química de oxígeno (DQO)

Es la cantidad de oxígeno disuelto consumida por un agua residual durante la oxidación por vía química provocada por un agente químico fuertemente oxidante.

Su determinación es más rápida que la correspondiente a la DBO, precisando su ensayo 1 ó 2 horas, si la oxidación se efectúa en frío, o bien 20 ó 30 minutos si la oxidación se efectúa con dicromato de potasio en caliente.

La oxidación es activa sobre las sales minerales oxidables, así como sobre la materia orgánica biodegradable, existente en el agua analizada. El agua con la sustancia oxidante como

2.2.2.5.- pH

Las variaciones del pH, pueden asociarse a la descarga de aguas contaminadas. El parámetro en si tiene vital importancia como indicador de vertidos. Por ello es preciso controlar el pH para garantizar los procesos biológicos, debe mantener entre los valores de 6.2 y 8.5 para que no se presenten problemas de inhibición de flora y fauna del cuerpo de agua.

2.2.2.6.- Cloruros

El ion cloruro está presente siempre en las aguas urbanas. Detecta vertidos industriales, cuando su concentración presente variaciones en sus valores corresponde a vertidos totalmente urbanos.

2.2.2.7.- Grasas

La existencia de hidrocarburos y grasas en las aguas, genera problemas por su poder tensoactivo que impiden la captación de oxígeno, y originan una película envolvente de los flocos biológicos impidiendo su respiración y aligerándolos, convirtiéndolos en flotantes, lo que provoca dificultades en la decantación secundaria. Las grasas y aceites son problemáticos en pequeñas depuradoras y plantas de tratamiento, debido a pretratamientos inadecuados. Este parámetro es también un indicador de contaminación, dado que su producción por habitante.

2.3.- Criterios de selección de tratamientos

En la elección de una alternativa para el tratamiento de las aguas residuales, deben considerar los siguientes aspectos:

1. Ubicación: por el crecimiento de la población.
2. Superficie necesaria para el correcto funcionamiento de la alternativa: los sistemas que mayor superficie requieren por habitante son los filtros verdes (12-110 m²/hab) y los de menor ocupación son los tratamientos fisicoquímico previos (0.05-0.2 m²/hab). Los sistemas de aplicación subsuperficial y superficial, requiere grandes superficies de terreno (1-9 m²/hab para los filtros intermitentes de arena y entre 6-66 m²/hab las zanjas filtrantes). Le continúan, en orden de mayor a menor necesidad de área, los sistemas de lagunaje, con valores comprendidos entre 1-3 m²/hab para las lagunas aireadas y entre 1-20 m²/hab para las facultativas. Finalmente, en particular los sistemas de aireación prolongada y procesos biopelícula requieren de poca superficie (0.2-1 m²/hab) (4)

Tabla 2.- superficie del terreno necesario de cada proceso unitario (4)

| ALTERNATIVAS | Superficie necesaria (m ² /hab.) |
|----------------------------------|---------------------------------------------|
| 1.- Fosa séptica | 0.1-0.5 |
| 2.- Tanque Imhoff | 0.05-0.1 |
| 3.- Zanja filtrante | 2-25 |
| 4.- Lecho filtrante | 1-9 |
| 5.- Filtro de arena | 0.6-1 |
| 6.- Lecho de turba | 1-14 |
| 7.- Pozo filtrante | 12-110 |
| 8.- Filtro verde | 2-8 |
| 9.- Lecho de juncos | 2-22 |
| 10.- Filtración rápida | 5-15 |
| 11.- Escurrimiento superficial | 1-3 |
| 12.- Laguna aireada | 4-8 |
| 13.- Laguna aerobia | 2-20 |
| 14.- Laguna facultativa | 1-3 |
| 15.- Laguna anaerobia | 2-12 |
| 16.- Laguna anaerobia modificada | 1-5 |
| 17.- Lecho bacteriano | 0.5-0.7 |
| 18.- Biodisco | 0.5-0.7 |
| 19.- Aireación prolongada | 0.2-1 |
| 20.- Canal de oxidación | 1.2-1.8 |

Como una recomendación alternativa, en caso de no contar la ciudad con los recursos económicos para dar los servicios básicos a los habitantes, es frecuente el empleo de la fosa séptica.

2.4 - TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE EXCRETAS DE SERES HUMANOS

2.4.1 - Fosa séptica (FS)

Aguas negras sépticas

Son aguas residuales donde se ha agotado completamente el oxígeno, de manera que han entrado en descomposición anaeróbica los sólidos con la consiguiente producción de ácido sulfhídrico y de otros gases (metano, dióxido de carbono). Tales aguas negras se caracterizan por su color negruzco, olor fétido y totalmente desagradable, además de tener sólidos en suspensión y flotantes de color negro. (13)

Las aguas negras contienen muchas variedades de microorganismos, son parte viva natural de la materia orgánica. Estos organismos microscópicos vivos pertenecen a dos tipos generales de bacterias y otros organismos vivos más complejos.

La fosa séptica, es un sistema muy sencillo de construcción y explotación, inventado por Jean-Lois Mourais en 1881(4) . Su aplicación ha sido muy extendida por todo el mundo, aunque sus normas de dimensionamiento son hoy en día bastante variadas, esto se modifica de acuerdo a las necesidades del diseño y su aplicación posterior.

El vertido de aguas residuales procedentes de pequeñas comunidades, viviendas aisladas, instalaciones, presenta un problema de acuerdo a sus descargas, afectando el ambiente o puede ser la causa de contaminación de los recursos.

En estos casos donde el agua no puede ser conducida a una red de saneamiento, o bien el costo de dicha red es muy elevado, se acude a la instalación de fosas sépticas. El objetivo del modelo es doble: retener la materia orgánica fermentable hasta su nitrificación y evacuar el líquido una vez alcanzada la nitrificación.

Las FS tiene interés en los siguientes casos:

- ❖ Viviendas o grupos de viviendas aisladas, que por razones técnicas o económicas no pueden dotarse de red de saneamiento.
- ❖ Viviendas de carácter estacional (balnearios, estaciones de deportes, urbanizaciones comunitarias) en las que sin duda una red de saneamiento y una depuradora convencional podría tener problemas de funcionamiento.

El funcionamiento de estas sencillas instalaciones puede ser alterado por múltiples razones, tales como: sobrecarga de contaminación orgánica, gran dilución por lluvias, fuertes concentraciones de grasa y/o detergentes, antisépticos, productos químicos, etc. La inclusión de estos elementos pueden provocar inhibición del metabolismo bacteriano.

Se construye en forma enterrada, consta habitualmente de dos o más compartimientos. En el primero se produce la sedimentación, digestión y almacenamiento de los sólidos en suspensión del agua residual. La siguiente etapa sirve para mejorar la sedimentación y reservar los lodos que rebosen la primera etapa. Los principales problemas de su funcionamiento son los malos olores, la acumulación de grasas y materiales flotantes, y la necesidad de tratar sus efluentes.

2.4.2.- Funciones primordiales de la FS

Los principales procesos dentro de una FS son la separación de sólidos y el almacenamiento y digestión de los sólidos separados (23) que se describen como sigue.

A) Separación de sólidos.

Las FS generalmente son diseñadas para retener el agua de desecho por un período lo suficientemente largo como para permitir que las partículas suspendidas en el líquido sean separadas. Se encuentran tres diferentes zonas: inferior o lodos, superior o natas y la zona que queda en el centro, usualmente conocida como sobrenadante.

B) Almacenamiento y estabilización de natas y lodos.

Una vez que los sólidos retenidos son estabilizados anaeróbicamente (se lleva a cabo en ausencia completa de oxígeno), el residuo de este proceso se acumula en el fondo del tanque.

En su diseño deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- ❖ Disponer de un tiempo de retención mínimo de 24 horas, una vez descontada la máxima capacidad de acumulación de los lodos
- ❖ Prever dispositivos a la entrada y salida, que eviten la salida de lodos y grasas.
- ❖ Disponer del suficiente volumen de almacenamiento de lodos, para evitar la saturación y escape del mismo antes de hacer la limpieza.
- ❖ Prever dispositivos de ventilación, que permitan la salida de los gases producidos por la digestión.

Las condiciones necesarias para garantizar un correcto funcionamiento:

- ❖ Es conveniente que las aguas procedentes de las cocinas sea conducidas de forma previa a la cámara de retención de grasas.
- ❖ No deben incorporarse residuos sólidos de grandes dimensiones, ni productos químicos, utilizados para la limpieza de casas habitación.
- ❖ No es aconsejable la incorporación de aguas de lavado que puedan contener concentraciones de detergentes o lejías.
- ❖ Evitar la colocación de trituradores de basura en las viviendas. Su instalación obliga a incrementar el tamaño de la FS hasta en un 50 %.

Consideraciones para el posible empleo de una FS:

- ❖ Debe ser aceptada por los habitantes de la zona.
- ❖ Seleccionar la solución alternativa más económica. En este sentido deberán justificarse las ventajas económicas, al igual que las cuestiones técnicas.
- ❖ Práctica, visible y acceso seguro para posibles monitoreos y limpieza.
- ❖ El sistema debe garantizar los rendimientos.

2.4.3.- Factores de funcionamiento

Al llegar el agua al sedimentador, la materia más densa se deposita en el fondo en una de lodo, la materia mas liviana forma en la superficie espuma y después natas. El agua pasa al segundo compartimento, la decantación de los sólidos y formación de espuma menos densa. El efluente pasa al tercer compartimento donde permanece hasta pasar completamente por el filtro y depositarse al manto freatico.

En caso que sea un FS con tres compartimentos, el efluente pasa al tercer compartimento donde permanece hasta alcanzar un cierto nivel, y descargar sobre la zona de depuración biológica secundaria. En esta ultima etapa se efectúa la depuración en condiciones aeróbicas.

En los dos primeros compartimentos anteriormente mencionados, se desarrolla una fermentación anaerobica dándose las condiciones adecuadas para la digestión. Parte de los sólidos se descomponen, otros se volatilizan y otros se depositan formando lodos; a este proceso se denomina tratamiento primario. En el tercero, dotado de aire, se continua el proceso en condiciones aeróbicas en la aguas vertidas; denominado tratamiento secundario.

Las aguas residuales se conservan en reposo durante un período de 1 a 3 días, según la capacidad del diseño. La mayoría de los sólidos ligeros, como las grasas, permanecen en el deposito formando una especie de espuma en la superficie del agua, mientras el efluente se lleva el resto al sistema final de evacuación.

Los sólidos retenidos en la FS, sufren una descomposición anaerobia producida por la acción de las bacterias y los hongos. El resultado más importante de este proceso es una considerable reducción en el volumen de los sedimentos, lo que permite que funcione por períodos de 1-5 años o más, antes de que sea necesario limpiarla. La descomposición afecta a los sólidos sedimentados y a la materia orgánica, disuelta o coloidal de las aguas residuales.

Por otro lado, el burbujeo del gas a través del líquido obstaculiza en cierto grado la sedimentación normal de los residuos sólidos. Esa dificultad puede aminorarse añadiendo a la cámara séptica un segundo compartimento en el que las materias ligeras en suspensión que han pasado por el primer compartimento encuentren condiciones más favorables para la

sedimentación. Esto es particularmente útil cuando la descomposición anaerobia es rápida y la cantidad de sólidos ya sedimentados de primer compartimento tiene grandes dimensiones. La masa de lodos del compartimento suplementario suele ser más homogénea y tener un mayor grado de floculación que la del primero y se observa también una menor proporción de espuma.

Una instalación de fosa séptica depende, para su buen funcionamiento de una serie de condiciones tales como: tipo de construcción y diseño, la carga contaminante y características, carga hidráulica, aspectos geológicos y topográficos de la zona de ubicación, composición del terreno, presencia de agua, nivel freático, y proximidad a zonas habitadas.

2.4.4.- Letrina

La recolección y eliminación sin peligros de la excreta humana plantea los problemas más importantes de salud pública.

Las enfermedades intestinales transmitidas por las excretas o a través de microorganismos patógenos son: fiebre tifoidea, paratifoideas, cólera, disentería, hepatitis infecciosa, uncinariasis y algunas infestaciones parasitarias.

Las excretas de seres humanos, son de volumen relativamente pequeño por individuo, se calcula en 85 gr. De materias fecales y 970 gr de orina (4).

Compuestas de grandes cantidades de agua, cierto porcentaje de materias orgánicas putrescibles y cantidades menores de nitrógeno, ácido fosfórico, azufre y otros elementos inorgánicos.

Con su dilución en cantidades mayores de agua para formar los desagües en proporción de 100 a 400 litros por individuo, el contenido sólido se va reduciendo hasta llegar probablemente a miligramos por litro o a partes por millón en peso. Expresado así las aguas de alcantarilla pueden tener unos 800 miligramos por litro de sólidos, de los cuales unos 300 estarán en suspensión y unos 500 en solución. Del total de sólidos el 50% serán orgánicos y por lo tanto putrescibles. Aunque la proporción de estas materias sea escasa en las aguas residuales, según progresa la descomposición, el color es más oscuro y el hedor más penetrante. En cualquier fase en que estén, en el ambiente pululan muchos microorganismos causantes de las enfermedades ya mencionadas.

Las letrinas son dispositivos para la transformación de excretas y orina, ya que no utilizan agua para su arrastre, según el modelo. Los modelos tradicionales han tenido poco éxito, debido a su mal diseño y manejo, convirtiéndose en focos de infecciones, moscas y malos olores.



2.4.5.- Eliminación de excretas sin arrastre de agua.

Probablemente, la mayoría de viviendas campesinas, rancherías, pueblos pequeños y sectores sin alcantarillado de grandes ciudades; no cuentan con servicio de drenaje, sino de letrinas sanitarias, FS, letrinas secas, entre varias. Debido a que las excretas tendrán que ser confinadas para ser eliminadas posteriormente, es posible reducir al mínimo o eliminar las excretas, en forma que, deben ser reducidas las opciones de transmisión de enfermedades, por el agua contaminada, materia orgánica en descomposición o por vectores de transmisión.

La eliminación de excretas sin arrastre de aguas se logra mediante el uso de "letrinas sanitarias" deben satisfacer los siguientes requisitos:

- A. No debe existir la posibilidad de contaminación del agua subterránea que alimente manantiales o pozos.
- B. No debe haber peligro de contaminación de las aguas superficiales.
- C. No debe contaminarse la superficie del suelo.
- D. Las excretas no deben ser accesibles a vectores.
- E. No deben producirse malos olores ni excretas a la vista.
- F. El método que se use debe ser sencillo y poco costoso, tanto en construcción como en funcionamiento.





CAPITULO 3

MICROORGANISMOS DE LAS AGUAS NEGRAS

La contaminación de las aguas subterráneas debe considerarse como un problema de deterioro ambiental, más que nada, debido a la exposición de los riesgos de salud de una gran parte de los hogares, incluyendo una gran proporción de los de bajos recursos que dependen del agua subterránea para sus necesidades diarias, y la irreversibilidad de la contaminación. Esto particularmente, es de gran importancia para las áreas conurbadas de las grandes ciudades, donde existe una inadecuada infraestructura de servicios de agua potable y cloacas.

Los basurales de desperdicios sólidos incontrolados constituyen la inmediata prioridad, principalmente debido a los desechos peligrosos que se arrojan en ellos. En ausencia de plantas para el tratamiento y el almacenaje de residuos peligrosos, se cree que una gran proporción se desecha en forma ilegal e impropia en basurales al aire libre, tanques sépticos y pozos negros, desde donde lixivian al agua subterránea y a los arroyos locales. La adecuada gestión de los residuos sólidos urbanos aún no ha sido debidamente encarada en la mayoría de las grandes y medianas poblaciones de todo el país, produciéndose un notable vacío de inversiones que deberá ser prontamente llenado. Tampoco existen suficientes empresas con la adecuada experiencia que se ocupen del tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos.

Una de las mayores preocupaciones de la humanidad ha sido, el proveer agua potable libre de gérmenes y de sustancias químicas dañinas.

Dentro de la materia viva incorporada a las aguas, existe una porción que entra en la denominación de microorganismos, por citar: bacterias, virus, algas, protozoarios, hongos, insectos, rotíferos, etc. Los microorganismos mencionados se agrupan en (6):

1. Parásitos, siempre y cuando vivan a expensas de otro microorganismo, pudiendo ser patógenos, los cuales causan diversas enfermedades (hepatitis, fiebres tíficas, cólera, salmonelosis, disenterías, entre varias) a los seres humanos en particular.
2. Saprófitos, viven de la materia orgánica muerta descomponiéndola para alimentarse. De esta actividad metabólica se origina nueva materia viva, productos de desecho y formación de flóculos.



3.1.- Clasificación de bacterias

Bacterias:

Son organismos vivos, de tamaño microscópico, que constan de una sola célula y su proceso vital, así como sus funciones, son similares a las de los vegetales. Algunas bacterias son móviles, es decir, son capaces de moverse libremente por fuerza propia. Las bacterias requieren, alimento oxígeno y agua, y otras no; solamente existen en un medio con las condiciones anteriores. Dan origen, a su vez a productos de desecho.

Las bacterias se clasifican en dos grupos principales (6):

Bacterias parásitas:

Viven a expensas de otro organismo (huésped), necesitan recibir el alimento ya preparado para consumirlo (generalmente no se desarrollan fuera del cuerpo del huésped). Su importancia es notoria en aguas negras, provienen del tracto intestinal de las personas y de los animales.

Bacterias patógenas:

Durante su desarrollo en el cuerpo del huésped, producen compuestos tóxicos que causan enfermedades al propio huésped.

Pueden estar presentes en las aguas negras que reciban desechos de seres humanos afectados por enfermedades, por ejemplo, fiebre tifoidea, disentería, cólera u otras infecciones intestinales.

Bacterias saprófitas:

Son las que se alimentan de materia orgánica muerta, descomponiendo los sólidos orgánicos para obtener el sustento necesario y produciendo a su vez sustancias de desecho que consisten en sólidos orgánicos e inorgánicos. Hay muchas especies saprófitas y cada una de ellas desempeña un papel específico en la descomposición de sólidos orgánicos y al cumplir su misión mueren.

Algunas de ellas necesitan sólo el oxígeno disuelto (OD) en el agua y el proceso de degradación de sólidos orgánicos que llevan a cabo se denomina descomposición aerobia, oxidación o degradación.

Otros tipos de bacterias no pueden existir en presencia de OD, sino que tienen que obtenerlo del contenido de oxígeno de los sólidos orgánicos y de algunos inorgánicos, el cual se hace aprovechable en la descomposición de los sólidos; a tales microorganismos se les conoce

como bacterias anaerobias y al proceso de degradación de los sólidos se conoce como descomposición anaerobia o putrefacción, es decir, da origen a olores ofensivos y condiciones desagradables.

Cuando todas las condiciones ambientales, como son el abastecimiento alimenticio, el oxígeno, la humedad y la temperatura se mantienen en forma adecuada y en cantidades suficientes para el pleno funcionamiento de las bacterias, la descomposición de los sólidos de las aguas negras se lleva a cabo de manera naturalmente ordenada.

Además de las bacterias pueden existir otros microorganismos (virus) y organismos macroscópicos (6).

3.2.- Conceptos de coliformes

Dentro de un manual de análisis microbiológico de aguas, podemos encontrar algunos conceptos de este tipo microorganismos (29):

Organismos coliformes totales

Dentro del grupo de los organismos coliformes, están incluidos una gran variedad de bacilos Gram negativos, cuyo hábitat y fuente de contaminación a las aguas son muy variables, desde aquellos que provienen de la materia fecal del hombre y animales, hasta aquellos propios del suelo y vegetales. Con el propósito de correlacionar más estrechamente un grado de riesgo a la salud con el hallazgo de algún grupo de microorganismos en el laboratorio, se ha logrado disponer de una técnica que permite con razonable seguridad diferenciar los organismos coliformes fecales de los restantes que incluyen el grupo genérico. Al practicar la prueba en el laboratorio es indispensable un estricto control de la temperatura del baño y/o estufa, durante la incubación, a fin de evitar falsos negativos (por excederse en la temperatura) o falsos positivos (temperaturas bajas).

Organismos fecales:

En este grupo de microorganismos se incluyen bacilos Gram negativos, aerobios, no esporulados, que fermentan en lactosa con producción de gas de 48 horas cuando más, se incuban a 32°C-35°C. Es una variedad de bacteria, muy abundantes y siempre presentes en la materia fecal del hombre y animales superiores, también pertenecen a este grupo ciertas bacterias propias del suelo y los vegetales (29).

3.3.- Organismos probables en el agua

Los microorganismos patógenos de los depósitos de agua proceden de las descargas intestinales de seres humanos y animales. Además, ciertas especies de bacterias, particularmente *Escherichia coli*, y varios microorganismos similares denominados coliformes, estreptococos fecales (*Streptococcus faecalis*), y *Clostridium perfringens*, son habitantes normales del intestino grueso del ser humano y animales y, en consecuencia, siempre están en las materias fecales (23).

Los microorganismos coliformes, sobre todo la *E. coli*, habitan constantemente en el intestino humano en grandes cantidades. Se estima que una persona, en promedio, excreta al día miles de millones de estos microorganismos. Estos microorganismos viven más tiempo en el agua que los patógenos.

Obviamente, una persona sana, en general no elimina microorganismos patógenos, pero pueden desarrollar una infección intestinal, y si estos microorganismos aparecieran en el agua sería señal de alarma de que ésta ha sido contaminada peligrosamente.

El grupo coliforme, comprende los bacilos aerobios y anaerobio facultativos, gram-negativos, no esporulados que producen ácidos y gas al fermentar la lactosa. Las especies clásicas de este grupo son la *E. coli* y *Enterobacter aerogenes*. Hay relación de estos microorganismos con otros del grupo entérico *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus*, *Pseudomonas* y *Alcaligenes*, gram-negativos no esporulados (23).

3.4.- Enfermedades causadas por grupos coliformes

En los países en vías de desarrollo las enfermedades diarreicas representan uno de los problemas de salud pública más importantes, con repercusiones que inciden en el ámbito económico, social y político. La República Mexicana es una de las naciones que registran las tasas de mortalidad más elevadas por estos padecimientos a nivel mundial, (19 y 17) siendo muy elevado el costo tanto en vidas humanas y recursos médicos destinados a la atención de los enfermos, como en pérdidas de tiempo laborable, ya que constituyen una de las primeras causas de ausentismo laboral. (24).

La mayoría de los cuadros diarreicos son de naturaleza infecciosa, siendo los factores predisponentes más importantes aquéllos de carácter sanitario, socioeconómico, ambiental y cultural.

Comités de expertos en saneamiento e higiene de la vivienda de la Organización Mundial de la Salud han señalado en múltiples ocasiones la relación entre las grandes epidemias o endemias y la contaminación de los suministros de agua (27). Cuando se utiliza como medio de eliminación de excretas y otros desechos orgánicos, el agua se convierte en un vehículo de transmisión para numerosos microorganismos, principalmente bacterias de origen intestinal. Es por esta razón que el control sanitario se realiza en función de la presencia de este tipo de bacterias. Desde el punto de vista microbiológico, el examen de la calidad del agua tiene por objetivo determinar la presencia de ciertos grupos de bacterias, que revelen una contaminación reciente por materia fecal o por materia orgánica.

Durante más de medio siglo se ha empleado, el grupo coliforme como un indicador del grado de contaminación y, por lo tanto, de la calidad sanitaria del agua. Este grupo se encuentra conformado por bacilos gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados, caracterizados por fermentar la actosa con producción de ácido y gas dentro de las 48 horas de incubación a 35°C.(2 y 32) La capacidad de producir gas en estas condiciones es el criterio que permite diferenciar el componente fecal del grupo coliforme.

El empleo de los organismos coliformes como grupo indicador de contaminación fecal en el agua, se fundamenta en el hecho de encontrarse presentes en el intestino y en las heces de los animales de sangre caliente en mayor número que las bacterias patógenas, siendo incapaces de multiplicarse en aguas limpias.(32). Su presencia, no indica obligatoriamente la existencia de patógenos en el agua; más bien representa una medida de la posibilidad de que existan patógenos en el agua en el momento de efectuarse el muestreo o quizás en otro posterior.

Los organismos coliformes totales pueden diferenciarse en coliformes fecales debido a la capacidad que presentan algunos para producir indol y fermentar la lactosa a temperaturas elevadas (44.5°C)(2 y 32). Bajo estas condiciones, se excluyen aquellos organismos coliformes cuyo origen no sea intestinal. La investigación de los organismos coliformes fecales brinda mayor especificidad al estudio de la contaminación fecal en el agua. Sin embargo, para fines de evaluación de la calidad del agua para consumo humano, la existencia de cualquier bacteria coliforme la hace potencialmente peligrosa.



CAPITULO 4

GEOLOGIA E HIDROLOGIA

4.1.- Clasificación regional

Dentro de la clasificación regional de vulnerabilidad a la contaminación, es posible elaborar una división a gran escala de los ambientes hidrológicos encontrados en América Latina y el Caribe; en nuestra ubicación geográfica nos encontramos con:

Sedimentos costeros calizos y arenosos recientes: Estas formaciones, especialmente las calizas, pueden conformar acuíferos muy productivos de una elevada o extrema vulnerabilidad a la contaminación, especialmente de otras fuentes de abastecimiento de agua. Las aguas subterráneas se convierten en la fuente más atractiva de suministro de agua potable para ciudades pequeñas; también están ampliamente e intensamente explotadas para el suministro de agua en las áreas rurales debido a que normalmente constituyen el recurso más económico y seguro (11).

4.2.- Procesos de purificación del agua

Los procesos de purificación natural de las aguas del subsuelo: el agua se infiltra hasta cierto punto, pero puede posteriormente volver a un estado completamente satisfactorio para uso doméstico, público y otros empleos. Algunos procesos de purificación deben tener lugar dentro del suelo a medida que el agua circula por él. Se han hechos varios estudios sobre la acción purificadora de la naturaleza, debido a investigadores de muchas regiones del mundo, particularmente Europa, India y los Estados Unidos. Estos estudios han enriquecido los conocimientos de los procesos implicados en la purificación natural de las aguas del subsuelo, y en la forma y el grado en que esta se contamina.

Los procesos naturales que tienen lugar en los suelos, para purificar el agua que circula por ellos, son esencialmente tres: los dos primeros son la eliminación mecánica de microorganismos (incluyendo bacterias causantes de enfermedades) y otras materias en suspensión por filtración y sedimentación. Su descripción es como sigue :

1) La filtración depende de los tamaños relativos de los poros de las partículas del suelo y de los microorganismos y otros materiales filtrables. Mientras más finas sean las partículas del terreno y más pequeños los poros entre ellas, más eficaz será el proceso de filtración. El material filtrado tiende también a reducir los poros y, así, ayuda a mejorar el proceso de filtración.

2) La sedimentación depende del tamaño del material en suspensión y la velocidad del flujo del agua a través de los poros. Mientras más grandes las partículas de materia en



El pH: Un pH bajo favorece la adsorción de virus, los pH elevados ocasionan la desorción de los virus adsorbidos.

La materia orgánica soluble: compete con los organismos para ocupar los lugares de adsorción en las partículas del suelo, de ahí la menor adsorción e incluso la desorción de los virus ya adsorbidos.

Los cationes, especialmente los bivalentes, pueden favorecer la neutralización o reducir las fuerzas repulsivas entre los microorganismos y las partículas del suelo cargadas negativamente permiten que prosiga la adsorción.

La carga hidráulica: los microorganismos penetran más profundamente al aumentar la velocidad del flujo. La carga hidráulica se eleva naturalmente durante periodos de recarga de las aguas subterráneas por la infiltración de las lluvias.

La precipitación: los microorganismos que quedan retenidos próximos a la superficie del suelo se pueden desadsorber después de una fuerte lluvia, debido al establecimiento de gradientes iónicos dentro de la columna de suelo.

EL tipo de suelo también es afectado por el desplazamiento de los microorganismos, ciertos suelos son más eficaces en el proceso de atenuación que otros.

En general, los suelos arenosos y calcáreos tienen poca capacidad de absorción, siendo mejores los suelos que contienen arcilla (21).

4.4.- Geología

El marco geológico de Quintana Roo está formado por rocas sedimentaras que fueron originadas en los periodos Terciario y Cuaternario, en los últimos 66 millones de años. Las rocas más antiguas son calizas dolomitizadas y recristalizadas, de coloración clara y con delgadas intercalaciones de margas y yeso; datan del Paleoceno al Eoceno (66-52 millones de años); afloran en la porción sur del estado, y tienen espesor hasta de varios cientos de metros. Sobre estas rocas y aflorando en la parte occidental de la entidad, se encuentran calizas fosilíferas del Eoceno medio (52-43 millones de años), cuyo espesor promedio es de 185 metros. Una secuencia de rocas que datan del intervalo Mioceno superior - Plioceno (11-2 millones de años) están expuestas en la región de Bacalar- Chetumal; margas, yesos y cretas, con espesor total menor de 100 metros, constituyen la parte inferior de la secuencia, mientras que la parte superior está constituida por coquinas y calizas que en su conjunto tienen un espesor de 20 metros (3).

Sedimentos arcillosos y depósitos evaporíticos rellenaron las depresiones entre el terciario superior y el cuaternario, en los últimos 23 millones de años, variando su espesor entre 10 y 140 metros. Las rocas más jóvenes, depositadas entre el Pleistoceno y el reciente (menos de 1.5

millones de años), afloran en áreas dispersas: coquinas, calizas y depósitos de litoral arenoso arcilloso en la faja costera; material residual arcilloso, producto de alteración, de espesor reducido, en las áreas interiores.

Las rocas presentan una disposición prácticamente horizontal en casi toda la entidad, excepto en las inmediaciones del río Hondo, donde se encuentran plegadas, y en la porción meridional de aquella, donde la continuidad de los estratos es interrumpida por fallas normales que dan al terreno configuración escalonada. Las fallas tienen longitud de varios kilómetros y se manifiestan en escarpes con desnivel de 10 a 100 metros; algunas de ellas han originado fosas, gradualmente convertidas en pantanos, lagos y lagunas, siendo la mayor de ellas la laguna de Bacalar (3).

4.5.- Hidrología

El estado de Quintana Roo está comprendido en la providencia fisiográfica de Yucatán, la cual a su vez se divide en tres subprovincias, nombradas "Llanuras con dolinas", "Plataforma de Yucatán" y "Costa Baja".

La primera subprovincia "Llanuras con dolinas", ocupa las porciones norte y oriente de la entidad. Desde el geomorfológico, es una planicie formada en una losa calcárea, con ligera pendiente descendente hacia el oriente, altura media de cinco metros sobre el nivel del mar y relieve ondulado en que se alternan crestas y depresiones. Esta subprovincia fisiográfica se distingue por su topografía kársica, que presenta desde oquedades minúsculas hasta grandes depresiones (localmente denominadas "cenotes"), en lagunas de las cuales asoma la superficie freática. Casi en toda su extensión carece de sistemas de drenaje superficial, y sólo en algunas áreas se ha formado una red hidrográfica desintegrada y mal definida; otras áreas son inundables, localizándose la más extensa de ellas en la porción sur occidental del estado, cuyo paisaje está configurado por lomeríos alternados con pequeñas llanuras. En su porción sur, la altitud del terreno decrece de poniente a oriente, en forma escalonada, desde unos 300 metros en el límite oriental de esta subprovincia; en la porción norte de la misma la altitud varía entre 10 y 150 metros sobre el nivel del mar. La única corriente superficial notable es el río Azul, que nace en Guatemala y es afluente del río hondo, por lo demás, la red de drenaje superficial sólo consta de algunos arroyos efímeros de corto recorrido que fluyen hacia las depresiones topográficas (3).

La subprovincia Costa Baja se extiende a lo largo del borde centro oriental del estado; se caracteriza por su relieve escalonado, descendente de poniente a oriente, con reducida elevación sobre el nivel del mar. A lo largo de su borde sur y sur oriental transita el Río Hondo, única corriente superficial permanente de la entidad. En esta subprovincia existen cenotes de gran

la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica, favorecen la renovación en toda la entidad del estado.

La descarga natural del acuífero ocurre casi íntegramente en la porción baja de la llanura y en la faja costera; sus componentes son la evapotranspiración, el caudal base del río Hondo y el caudal subterráneo que escapa de la entidad.

4.9.- Flujo subterráneo

La circulación natural del agua del subsuelo de la entidad es controlada por la estructura geológica, por la distribución espacial de la recarga y por su posición del nivel base de descarga. Debido a la gran permeabilidad del acuífero, el movimiento del agua es inducido por un gradiente hidráulico sumamente pequeño, de 2 a 20 cm por km.; en consecuencia, la carga hidráulica sobre el nivel del mar es menor de dos metros dentro de una faja de 10 a 50 km., de ancho a partir de la costa, de 10 a 20 metros en la porción de la llanura y de 20 a 30 metros en el borde sur occidental del estado (3).

CAPITULO 5

RESULTADOS DE LA EVALUACION DE AMBOS MODELOS DE FOSA SEPTICA

5.1.- Materiales y métodos

En el presente estudio se realizaron análisis microbiológicos (Coliformes fecales, Coliformes totales, E.Coli), y los parámetros de DBO₅, pH, T°C y conductividad, en el agua de dos diseños de fosa séptica (FS).

Se establecieron dos puntos de muestreo, ubicados dentro de ambos diseños de FS, el punto 1, es en el sedimentador y el punto 2, en el decantador cada diseño. El muestreo fue realizado en los meses de Septiembre de 1997 a Febrero de 1998.

En el mes de Septiembre fueron 5 muestreos, en Octubre 4 muestreos, Noviembre 4 muestreos, Diciembre 5 muestreos, Enero 4 muestreos y Febrero 4 muestreos; en total fueron 26 muestreos, es decir, casi seis meses. Ver la tabla 6 de cronología de muestreos

Tabla 3 .- CRONOLOGÍA DE LOS MUESTREOS REALIZADOS

| NUMERO CRONOLOGICO | FECHA | MES |
|--------------------|-------|-----------------|
| 1 | 1 | Septiembre 1997 |
| 2 | 8 | Septiembre 1997 |
| 3 | 15 | Septiembre 1997 |
| 4 | 22 | Septiembre 1997 |
| 5 | 29 | Septiembre 1997 |
| 6 | 6 | Octubre 1997 |
| 7 | 13 | Octubre 1997 |
| 8 | 20 | Octubre 1997 |
| 9 | 27 | Octubre 1997 |
| 10 | 3 | Noviembre 1997 |
| 11 | 10 | Noviembre 1997 |
| 12 | 17 | Noviembre 1997 |
| 13 | 24 | Noviembre 1997 |
| 14 | 1 | Diciembre 1997 |
| 15 | 8 | Diciembre 1997 |
| 16 | 15 | Diciembre 1997 |
| 17 | 24 | Diciembre 1997 |

| | | |
|----|----|----------------|
| 18 | 31 | Diciembre 1997 |
| 19 | 7 | Enero 1998 |
| 20 | 14 | Enero 1998 |
| 21 | 21 | Enero 1998 |
| 22 | 28 | Enero 1998 |
| 23 | 4 | Febrero 1998 |
| 24 | 11 | Febrero 1998 |
| 25 | 8 | Febrero 1998 |
| 26 | 25 | Febrero 1998 |

Las muestras fueron transportadas, en frascos estériles debidamente cerrados y etiquetados mantenidos en refrigeración para su posterior análisis en el laboratorio de usos múltiples de la Universidad de Quintana Roo.

Reactivos, medios de cultivo y materiales

Para producir los resultados, se recomienda que para la preparación de los medios de cultivo, y los reactivos, es necesario seguir rigurosamente las recomendaciones de los fabricantes (10, 2, 31, 36 y 25).

- Caldo lactosado (medio de enriquecimiento)
- Caldo verde brillante bilis (medio de confirmación)
- Caldo E.C (medio de confirmación para fecales)
- Pipetas bacteriológicas
- Gradillas
- Frasco de 250 ml
- Tubos de cultivo de 20x200 mm y de 16x150 mm
- Campanas de fermentación
- Asa de nicromo
- Incubadora con termómetro calibrado
- Auto clave para esterilizar
- Matraz elermeyer de 100 ml

5.1.2.- Técnicas para la determinación de microorganismos

Coliformes Totales

Prueba presuntiva

Inoculación:

Agitar la muestra. Transferir volúmenes de 10 ml de muestra a cada uno de los 5 tubos con 20 ml de caldo lactosado de mayor concentración y 1 ml y 0.1 ml de muestra a cada uno de los tubos de las series de 5 tubos respectivamente con 10 ml de caldo lactosado de concentración sencilla.

Incubación:

Incubar los tubos a 35°C, examinar a las 24 hrs. y observar si hay formación de gas, en caso contrario incubar por 48 hrs.

Prueba confirmativa:

De cada tubo que muestre formación de gas, tomar una azada y sembrarla en un número igual de tubos con medio de confirmación, Caldo verde brillante bilis.

Incubar a 35°C±0.5°C por 24 hrs. o si la formación de gas, no se observa en éste tiempo, incubar por 48 hrs.

Expresión de resultados:

Tomar la serie de tubos de la prueba confirmativa que dé formación de gas después del período de incubación requerido y buscar el NMP en el cuadro correspondiente.

En cada caso se obtiene un número de tres cifras, lo cual es representado en el cuadro 1; en la columna que indica el número de tubos positivos se busca el índice del NMP.

Informar "número más probable de Coliformes por 100 ml de muestra (NOM- 112-SS1-1994).

CUADRO 1. Índice del NMP y límites de confianza 95% para varias combinaciones de resultados positivos cuando son usados varios números de tubos (Diluciones 0.1, 0.01, 0.001 ml).

| Combinación de positivos | Índice del NMP por 100 ml | 95% Límite de confianza bajo alto | Índice del NMP por 100 ml | 95% Límite de confianza bajo alto |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|

| | | | | | | |
|-------|------|-----|-----|----|-------|----|
| 0-0-0 | 3 | 0.5 | 9 | 2 | 0.5 | 7 |
| 0-0-1 | 3 | 0.5 | 9 | 2 | 0.5 | 7 |
| 0-1-0 | 3 | 0.5 | 13 | 2 | 0.5 | 7 |
| 0-2-0 | - | -- | -- | 4 | 0.5 | 11 |
| 1-0-0 | 4 | 0.5 | 20 | 2 | 0.5 | 7 |
| 1-0-1 | 7 | 1 | 21 | 4 | 0.5 | 11 |
| 1-1-0 | 7 | 1 | 23 | 4 | 0.5 | 11 |
| 1-1-1 | 11 | 3 | 36 | 6 | 0.5 | 15 |
| 1-2-0 | 11 | 3 | 36 | 6 | 0.5 | 15 |
| 2-0-0 | 9 | 1 | 36 | 5 | 0.5 | 13 |
| 2-0-1 | 14 | 3 | 37 | 7 | 1 | 17 |
| 2-1-0 | 15 | 3 | 44 | 7 | 1 | 17 |
| 2-1-1 | 20 | 7 | 89 | 9 | 2 | 21 |
| 2-2-0 | 21 | 4 | 47 | 9 | 2 | 21 |
| 2-2-1 | 28 | 10 | 150 | -- | -- | -- |
| 2-3-0 | -- | -- | -- | 12 | 3 | 28 |
| 3-0-0 | 23 | 4 | 120 | 8 | 1 | 19 |
| 3-0-1 | 39 | 7 | 13 | 11 | 2 | 25 |
| 3-0-2 | 64 | 15 | 380 | -- | -- | -- |
| 3-1-0 | 43 | 7 | 210 | 11 | 2 | 25 |
| 3-1-1 | 75 | 14 | 230 | 14 | 4 | 34 |
| 3-1-2 | 120 | 30 | 380 | -- | -- | -- |
| 3-2-0 | 93 | 15 | 380 | 14 | 4 | 34 |
| 3-2-1 | 150 | 30 | 440 | 17 | 5 | 46 |
| 3-2-2 | 210 | 35 | 470 | -- | -- | -- |
| 3-3-0 | 240 | 36 | 130 | -- | -- | -- |
| 3-3-1 | 460 | 71 | 240 | -- | -- | -- |
| 3-3-2 | 1100 | 150 | 480 | -- | -- -- | -- |
| 4-0-0 | -- | | | 13 | 3 | 31 |
| 4-0-1 | -- | | | 17 | 5 | 46 |
| 4-1-1 | -- | | | 21 | 7 | 63 |

| | | | | | | |
|-------|----|--|--|------|-----|------|
| 4-1-2 | -- | | | 26 | 9 | 78 |
| 4-2-0 | -- | | | 22 | 7 | 67 |
| 4-2-1 | -- | | | 26 | 9 | 78 |
| 4-3-0 | -- | | | 27 | 9 | 80 |
| 4-3-1 | -- | | | 33 | 11 | 93 |
| 4-4-0 | -- | | | 34 | 12 | 93 |
| 5-0-0 | -- | | | 23 | 7 | 70 |
| 5-0-1 | -- | | | 31 | 11 | 89 |
| 5-0-2 | -- | | | 43 | 15 | 114 |
| 5-1-0 | -- | | | 33 | 11 | 93 |
| 5-1-2 | -- | | | 46 | 16 | 120 |
| 5-2-0 | -- | | | 63 | 21 | 150 |
| 5-2-1 | -- | | | 70 | 23 | 170 |
| 5-2-2 | -- | | | 94 | 28 | 220 |
| 5-3-0 | -- | | | 79 | 25 | 190 |
| 5-3-1 | -- | | | 110 | 31 | 250 |
| 5-3-2 | -- | | | 140 | 37 | 340 |
| 5-3-3 | -- | | | 180 | 44 | 500 |
| 5-4-0 | -- | | | 130 | 35 | 300 |
| 5-4-1 | -- | | | 170 | 43 | 490 |
| 5-4-2 | -- | | | 220 | 57 | 700 |
| 5-4-3 | -- | | | 280 | 90 | 850 |
| 5-4-4 | -- | | | 350 | 120 | 1000 |
| 5-5-0 | -- | | | 240 | 68 | 750 |
| 5-5-1 | -- | | | 350 | 120 | 1000 |
| 5-5-2 | -- | | | 540 | 180 | 1400 |
| 5-5-3 | -- | | | 920 | 300 | 3200 |
| 5-5-4 | -- | | | 1600 | 640 | 5800 |
| 5-5-5 | -- | | | 1600 | 640 | 5800 |

5.2.- Procedimiento de muestreo

1. - El material que se uso para la toma de muestras se esterilizó previamente, sin adición de antisépticos. Esto incluye tubos de ensayo, tapones, gasas, algodones, frascos, caja de petri, pipetas, cristalería, etc.

2. - En las FS evaluadas, se tomaron muestras en el afluente de la cámara principal en la zona de líquidos (sedimentador), para DBO₅ una vez por semana durante 6 meses. La cantidad de muestra total requerida fue de un litro. Para determinar OD, se tomarón muestras una vez por semana durante 6 meses. El litro mencionado anteriormente fue el resultado de combinar muestras provenientes de lodos, líquidos y natas, es decir, una muestra compuesta.

4.- Se tomaron datos de los siguientes parámetros (in situ):
Temperatura, pH, oxígeno disuelto. Por otra parte cabe mencionar que el número de muestras combinadas será de un promedio de dos por cada análisis.

5. - Los frascos de las muestras se etiquetaron con los siguientes datos: Tipo de análisis a realizar posteriormente, fecha, hora, lugar, número del frasco, nombre del responsable.

6. - Las muestras se transportarán con mucho cuidado al laboratorio en una nevera con hielo, manteniendo una temperatura de 4°C. Algunas muestras fueron aciduladas de acuerdo a lo descrito en APHA, AWWA, WPCF (1992). Las muestras se procesaron en un lapso no mayor a 12 horas después de haberse recolectado.

7. - En el laboratorio se determinaron los siguientes parámetros físicoquímicos, independientemente del tipo de análisis a efectuar, usando él:

a) El medidor de pH, Jenway 3020 pH meter, el cual dio el pH y la temperatura (previamente calibrado).

b) El medidor de conductividad, Jenway 4010 conductivity meter; proporcionó los valores de conductividad en diferentes rangos (previamente calibrado).

c) El medidor de oxígeno disuelto, Jenway 9015 Do₂ meter, leyó los valores de oxígeno disuelto (previamente calibrado).



d) En los parámetros biológicos tales como DBO₅, cuenta de organismos Coliformes, cuenta de organismos Coliformes fecales, recuento en tubo; serán diluidas conforme a las técnicas mencionadas anteriormente.

Para la detección y cuantificación de la diversidad de microorganismos, se usará las técnicas de diferenciación de bacterias Coliformes, detección de *E. coli*; conteo de organismos Coliformes totales y fecales, recuento en tubo, descritas en APHA, AWWA, WPCF (1992) y SESA (1987).



5.3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.4.1 .- Descripción del modelo I:

La FS consta de cuatro partes: Trampa de grasas, sedimentador, decantador y pozo con filtro.

1. Trampa de grasas: ingreso de las aguas negras y jabonosas proveniente de la casa habitación, separa las grasas del agua, de acuerdo a la densidad de cada una, las grasas quedan depositadas en el fondo de la trampa, gran parte del agua con algún residuo de grasa y partículas suspendidas, cae al sedimentador. La trampa mide 0.70 m x 0.50 m x 0.40 m en interiores.
2. Sedimentador: las aguas separan de las partículas en suspensión por densidad, las partículas son depositadas en la pendiente (3%) del sedimentador, y las aguas tornaron de un color negruzco a color grisáceo. El sedimentador mide 2 m x 1.20 m x 1.30 m.
3. Decantador: las aguas grisáceas cambian de coloración debido acumulación del fondo (pendiente de 5%), termina de eliminarse los últimos residuos de partículas; el agua grisácea cambia a gris claro, eliminando los residuos de partículas suspendidas. El decantador mide 1 m x 1.20 m x 1.40 m.
4. Pozo con filtro: el filtro consta de diversas etapas, del fondo hacia arriba son los siguientes; piedra (20 cm), grava (30 cm), carbón (20 cm) y arena (10 cm); la forma de acomodar el material fue conforme a su porosidad, es decir, su capacidad de retención de partículas microscópicas, en si filtran. El pozo mide en este caso, 1.40 m x 1.40 m x 1.42 m, las medidas varían de acuerdo al manto freático de la localidad, la medida adecuada de cada pozo, es delimitado cuando al excavar comienza a salir agua, hasta allí llegara la profundidad (ver anexo I).

Medidas totales de la FS: 4.85 m (largo) x 1.50 m (ancho) x 1.450 m (profundidad).

La toma de muestra mixta en el modelo I, desarrollo en el sedimentador y decantador.

5.4.2.- Descripción del modelo II:

La FS capta agua negras y jabonosas, condicen en el filtro biológico, consta de cuatro partes: Trampa de grasas, sedimentador, filtro biológico y pozo absorción.

Las aguas negras inician su desplazamiento en la trampa de grasas, sedimentador, filtro biológico y pozo absorción con filtro.

Las aguas jabonosas no pasan a la trampa de grasas, sino directamente al filtro biológico y pozo absorción con filtro.

1. Trampa de grasas: agrupa las grasas provenientes de la cocina, separando del agua negra, facilitando el proceso de separación de agua y partículas suspendidas. La trampa mide 0.74m x 0.60m x 0.50m.
2. Sedimentador: las aguas separan de las partículas en suspensión por densidad, las partículas son depositadas en la pendiente (3%) del sedimentador, y las aguas tornaron de un color negruzco a color grisáceo, al llegar a cierta altura, continúan al filtro biológico. El sedimentador mide 2.5m x 1.7 m x 1.45 m.
3. Filtro biológico : en el interior contiene en el fondo 15 cm de polvo de construcción y encima de ello, 10 cm de arena ; la finalidad del filtro es de retener los residuos de las aguas grisáceas, termina de eliminarse los últimos residuos de partículas; el agua grisácea cambia a gris claro, eliminando los residuos de partículas suspendidas. El decantador mide 0.5 m x 0.60 m x 0.60 m.
4. Pozo absorción: consta de tierra natural del terreno, el agua de coloración gris se inyecta directamente al suelo. El pozo mide en este caso, 0.80 m x 0.60 m x 1.40 m, las medidas varían de acuerdo al manto freático de la localidad, la medida adecuada de cada pozo, es delimitado cuando al excavar comienza a salir agua, hasta allí llegara la profundidad (ver anexo II).

Medidas totales de la FS: 4.50 m (largo) x 2.60 m (ancho) x 1.45 m (profundidad).

La toma de muestra mixta en el modelo I, desarrollo en el sedimentador y decantador.

5.5.- Los datos de coliformes totales del modelo I

El sedimentador

El valor más bajo de 300 NMP en el mes septiembre de 1997, el más alto fue 240000 NMP en todos los meses del muestreo, la media es de 160019 NMP (ver cuadro 2).

En el decantador

El valor más bajo fue de 300 NMP en el mes septiembre de 1997, el más alto de 240000 NMP en el todos los meses del muestreo, la media es de 167884 NMP (ver cuadro 2).

Cuadro 2.- Coliformes totales del diseño I

| COLIFORMES TOTALES | | |
|--------------------|--------------|------------|
| DISEÑO 1 | NMP | |
| | SEDIMENTADOR | DECANTADOR |
| 1 | 400 | 900 |
| 2 | 300 | 300 |
| 3 | 240000 | 110000 |
| 4 | 24000 | 240000 |
| 5 | 240000 | 460 00 |
| 6 | 24000 | 4300 |
| 7 | 24000 | 24000 |
| 8 | 4300 | 46000 |
| 9 | 240000 | 240000 |
| 10 | 1100 | 110000 |
| 11 | 2400 | 7500 |
| 12 | 240000 | 240000 |
| 13 | 240000 | 240000 |
| 14 | 240000 | 240000 |
| 15 | 240000 | 240000 |
| 16 | 240000 | 240000 |
| 17 | 240000 | 240000 |
| 18 | 240000 | 240000 |
| 19 | 240000 | 240000 |
| 20 | 240000 | 240000 |
| 21 | 240000 | 240000 |
| 22 | 240000 | 240000 |
| 23 | 240000 | 240000 |
| 24 | 240000 | 240000 |
| 25 | 46000 | 240000 |
| 26 | 240000 | 240000 |

Las variaciones en los valores de coliformes totales en ambas secciones de la FS (diseño I) se muestran figura 1.

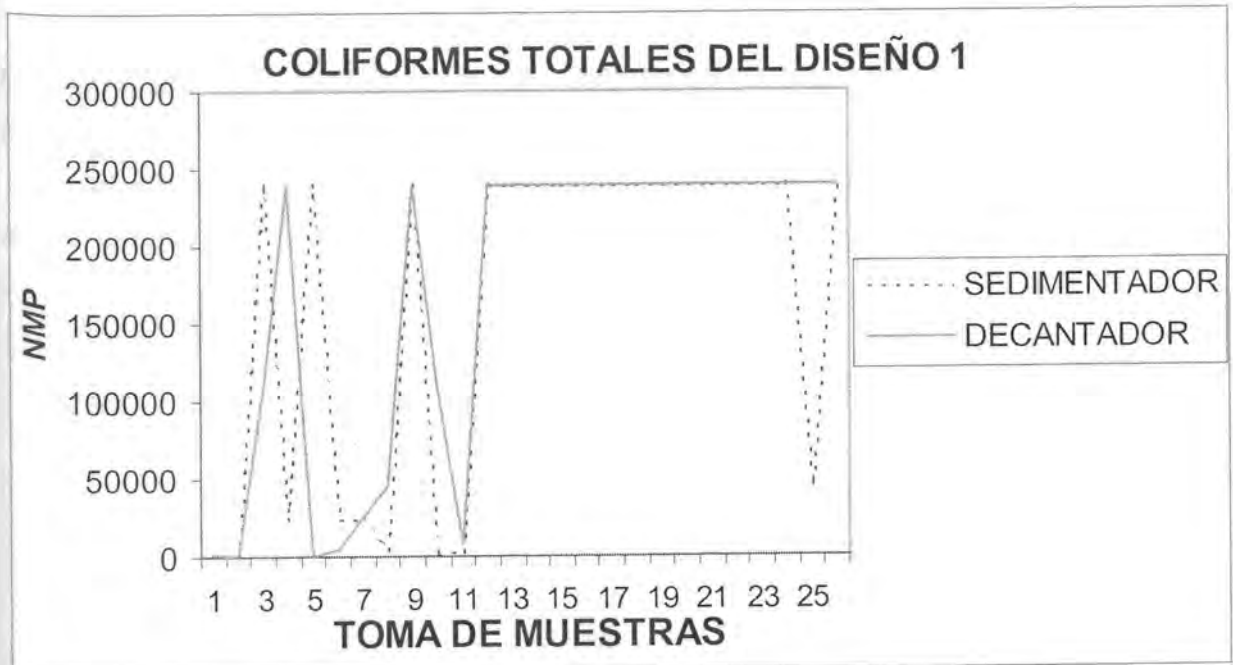


Figura 1.- Coliformes totales del diseño I

5.6.- Los datos de coliformes fecales del modelo I

El sedimentador

El valor más bajo fue de 300 NMP en el mes septiembre y noviembre de 1997, el más alto fue 240000 NMP en el todos los meses del muestreo, la media es de 107038 NMP (ver cuadro 3).

En el decantador

El valor más bajo fue de 300 NMP en los meses septiembre y noviembre de 1997, el más alto de 240000 NMP, en el todos los meses del muestreo, la media fue de 381542 NMP (ver cuadro 3).

Cuadro 3.- Coliformes fecales del diseño I

| COLIFORMES FECALES | | |
|--------------------|--------------|------------|
| DISEÑO 1 | NMP | |
| | SEDIMENTADOR | DECANTADOR |
| 1 | 15000 | 46000 |
| 2 | 300 | 300 |
| 3 | 110000 | 7500 |
| 4 | 240000 | 240000 |
| 5 | 4300 | 2800 |
| 6 | 240000 | 1100 |
| 7 | 4300 | 900 |
| 8 | 2300 | 2300 |
| 9 | 240000 | 240000 |
| 10 | 1100 | 300 |
| 11 | 300 | 300 |
| 12 | 4300 | 7500 |
| 13 | 240000 | 1100 |
| 14 | 240000 | 240000 |
| 15 | 240000 | 240000 |
| 16 | 240000 | 240000 |
| 17 | 240000 | 240000 |
| 18 | 240000 | 240000 |
| 19 | 240000 | 240000 |
| 20 | 240000 | 240000 |
| 21 | 24000 | 2400000 |
| 22 | 24000 | 2400000 |
| 23 | 2800 | 240000 |
| 24 | 2300 | 1100 |
| 25 | 300 | 1100 |
| 26 | 24000 | 2400000 |

Las variaciones en los valores de coliformes fecales para ambas secciones de la FS (diseño I) se muestran en la figura 2 siguiente:

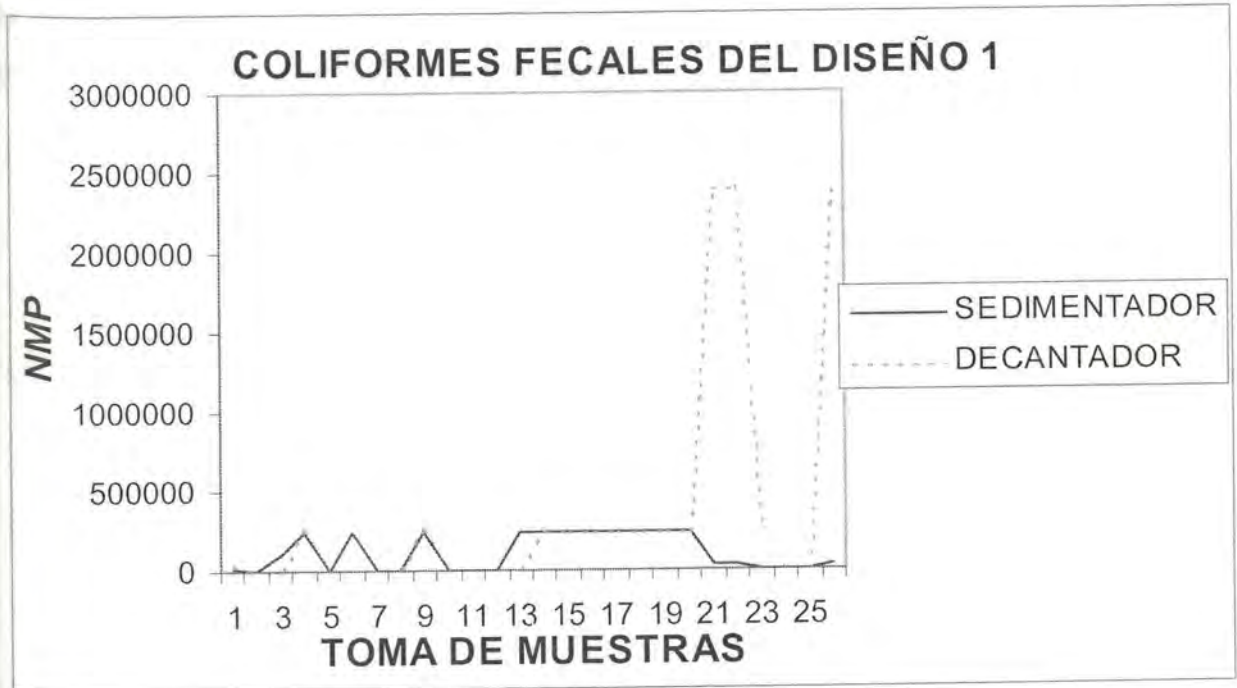


Figura 2.- Coliformes fecales del diseño 1

5.7.- Los datos de temperatura del modelo I

La temperatura más baja fue de 26⁰C en el mes de febrero de 1997 y la más alta de 36⁰C en el mes de octubre de 1997, en el sedimentador, siendo la media de 30.9⁰C. En el decantador, la más baja fue de 26.7⁰C en el mes de enero de 1998 y la más alta de 34.5⁰C en el mes de octubre de 1997, la media de 29.68⁰C (Ver cuadro 4).

Cuadro 4.- Temperatura del diseño I

| TEMPERATURA DEL DISEÑO 1 | | |
|--------------------------|--------------|------------|
| EN GRADOS CELSIUS | | |
| | SEDIMENTADOR | DECANTADOR |
| 1 | 31 | 31 |
| 2 | 30 | 30 |
| 3 | 31.2 | 30 |
| 4 | 30 | 31.6 |
| 5 | 32 | 32 |
| 6 | 32 | 31.8 |
| 7 | 34.5 | 34.5 |
| 8 | 31 | 31 |
| 9 | 36 | 36 |
| 10 | 29 | 30 |
| 11 | 28.7 | 27 |
| 12 | 27.8 | 30 |
| 13 | 29 | 28 |
| 14 | 29 | 28 |
| 15 | 31 | 31 |
| 16 | 29 | 28.5 |
| 17 | 27 | 27 |
| 18 | 28 | 27 |
| 19 | 30 | 26 |
| 20 | 29 | 28 |
| 21 | 29.8 | 30 |
| 22 | 26.6 | 27 |
| 23 | 26 | 26.2 |
| 24 | 27 | 28 |
| 25 | 30 | 30 |
| 26 | 32 | 31 |

Las variaciones en los valores de temperatura para ambas secciones de la FS (diseño I) se muestran en la figura 3 siguiente:

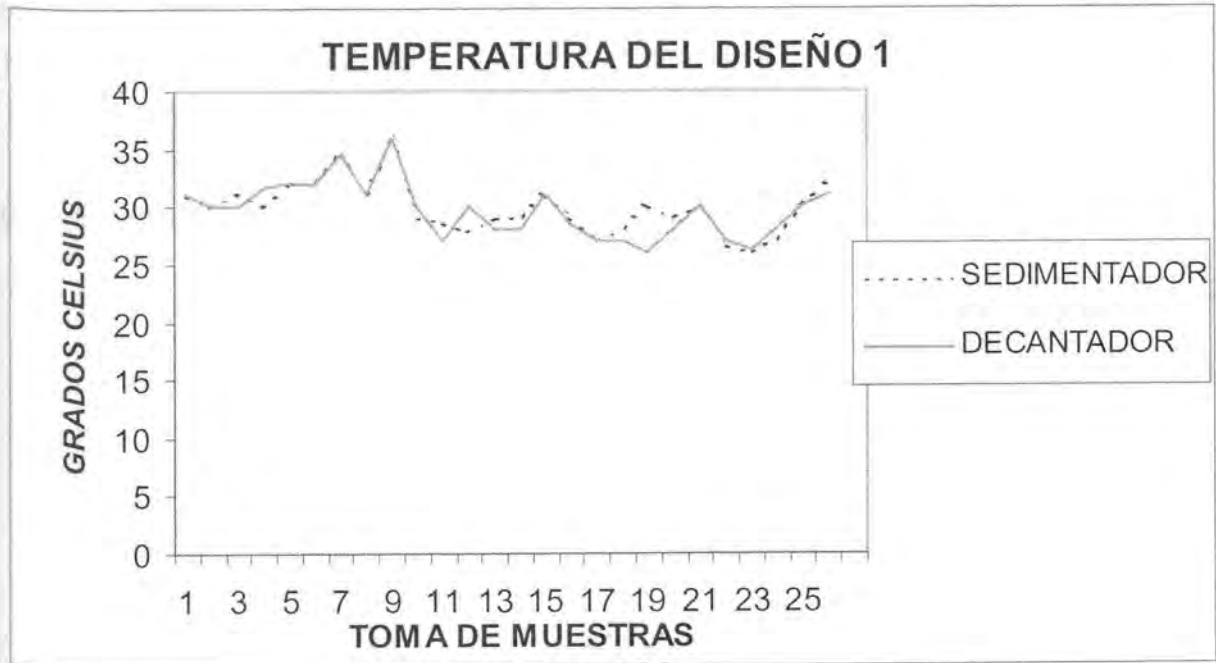


Figura 3.- Temperatura del diseño I

5.8.- Los datos de pH del modelo I

El sedimentador

El pH más baja fue de 7 en los meses de octubre, noviembre y diciembre de 1997; enero y febrero de 1998, el más alto fue de 8 en los meses de septiembre, noviembre y diciembre de 1997, la media es de 7.5 (ver cuadro 5).

En el decantador

El valor más bajo fue de 6 en el mes de noviembre de 1997 y el más alto fue de 8.75 en el mes de septiembre de 1997, la media fue de 6.83 (ver cuadro 5).

Cuadro 5.- pH del diseño I

| Ph | | |
|----------|--------------|------------|
| DISEÑO 1 | SEDIMENTADOR | DECANTADOR |
| 1 | 7.8 | 7.5 |
| 2 | 8 | 8.75 |
| 3 | 8 | 8 |
| 4 | 8 | 8.5 |
| 5 | 8 | 8.5 |
| 6 | 8 | 8 |
| 7 | 8 | 8 |
| 8 | 8 | 7 |
| 9 | 7 | 7 |
| 10 | 8 | 7 |
| 11 | 7 | 6 |
| 12 | 8 | 7 |
| 13 | 7 | 6 |
| 14 | 7 | 7 |
| 15 | 8 | 7 |
| 16 | 8 | 8 |
| 17 | 8 | 8 |
| 18 | 8 | 8 |
| 19 | 7 | 8 |
| 20 | 7 | 7 |
| 21 | 7 | 7 |
| 22 | 7 | 7 |
| 23 | 7 | 7 |
| 24 | 7 | 7 |
| 25 | 7 | 7 |
| 26 | 7 | 7 |

La variación del pH en ambas secciones de la FS se muestran en la figura 4 siguiente:

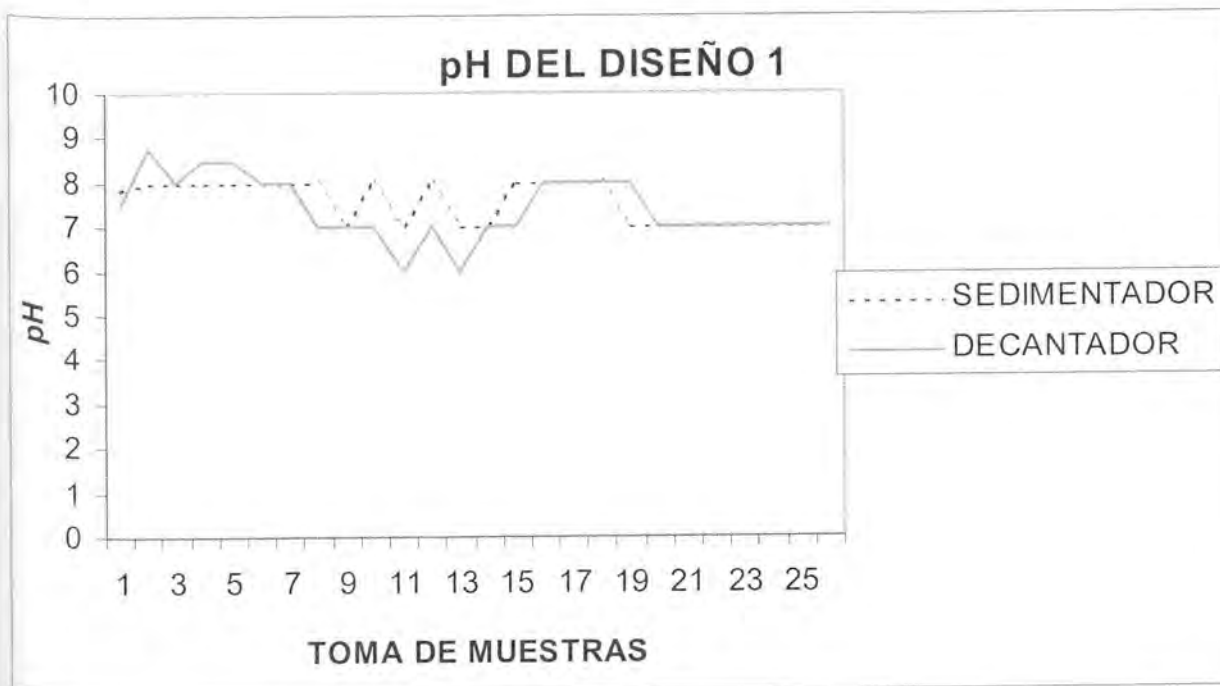


Figura 4.- pH del modelo I

5.9.- Los datos de conductividad del modelo I

El sedimentador

La conductividad más baja fue de 1.6 mS en el mes noviembre de 1997, el valor más alto fue 21.3 mS en el mes de enero de 1998, la media es de 5.7 mS (ver cuadro 6).

En el decantador

El valor más bajo fue de 1.69 mS en el mes de noviembre de 1997 y el más alto fue de 20.6 mS en el mes de febrero de 1998, la media de 5.81 mS (ver cuadro 6).

Cuadro 6.- Conductividad del modelo I

| CONDUCTIVIDAD | | |
|---------------|--------------|------------|
| MODELO 1 | mS | |
| | SEDIMENTADOR | DECANTADOR |
| 1 | 1.92 | 1.88 |
| 2 | 1.83 | 1.82 |
| 3 | 1.83 | 1.8 |
| 4 | 1.8 | 1.8 |
| 5 | 1.77 | 1.8 |
| 6 | 1.78 | 1.7 |
| 7 | 1.75 | 1.74 |
| 8 | 1.79 | 1.76 |
| 9 | 1.68 | 1.69 |
| 10 | 1.72 | 1.7 |
| 11 | 1.8 | 1.77 |
| 12 | 1.79 | 1.73 |
| 13 | 1.6 | 1.69 |
| 14 | 1.74 | 1.73 |
| 15 | 1.79 | 1.75 |
| 16 | 1.8 | 1.76 |
| 17 | 1.81 | 1.8 |
| 18 | 1.73 | 1.98 |
| 19 | 1.7 | 1.9 |
| 20 | 1.9 | 2 |
| 21 | 21.3 | 21 |
| 22 | 20 | 19.79 |
| 23 | 20.6 | 20.6 |
| 24 | 18.8 | 18.8 |
| 25 | 18 | 17 |
| 26 | 16 | 18 |

La figura 5 muestra las variaciones de conductividad de las aguas residuales, en ambas secciones.



Figura 5 .- Conductividad del diseño I

5.10.- Los datos de DBO₅ del modelo I

El sedimentador

El valor más bajo fue de 13.33 mg/l en el mes noviembre de 1997, la más alta de 111.96 mg/l en el mes de noviembre de 1997, la media es de 35.43 mg/l (ver cuadro 7).

En el decantador

El valor bajo fue de 13.33 mg/l en el mes de noviembre de 1997 y la más alta de 96.39 mg/l en el mes de noviembre de 1997, la media de 35.54 mg/l (Ver cuadro 7).

Cuadro 7.- DBO₅ del diseño I

| DBO5 | | |
|----------|-----------------|------------|
| DISEÑO 1 | miligramo/litro | |
| | SEDIMENTADOR | DECANTADOR |
| 1 | 26.66 | 29.13 |
| 2 | 14.67 | 17.33 |
| 3 | 16 | 20 |
| 4 | 26 | 19 |
| 5 | 35 | 31 |
| 6 | 31 | 34.33 |
| 7 | 33 | 32 |
| 8 | 42 | 36 |
| 9 | 28 | 26 |
| 10 | 16.67 | 17.33 |
| 11 | 13.33 | 13.33 |
| 12 | 50 | 60 |
| 13 | 111.96 | 96.39 |
| 14 | 50.52 | 65.54 |
| 15 | 46.42 | 54.61 |
| 16 | 48 | 52 |
| 17 | 50.52 | 49.15 |
| 18 | 50.8 | 46.03 |
| 19 | 49.15 | 45.06 |
| 20 | 42.33 | 51.88 |
| 21 | 30.04 | 28.67 |
| 22 | 42.33 | 42.33 |
| 23 | 38.2 | 42.33 |
| 24 | 46.42 | 38.23 |
| 25 | 27.31 | 36.86 |
| 26 | 27.31 | 34.13 |

Las variaciones en los valores de DBO_5 para ambas secciones de la FS (diseño I) se muestran en la figura 6 siguiente:

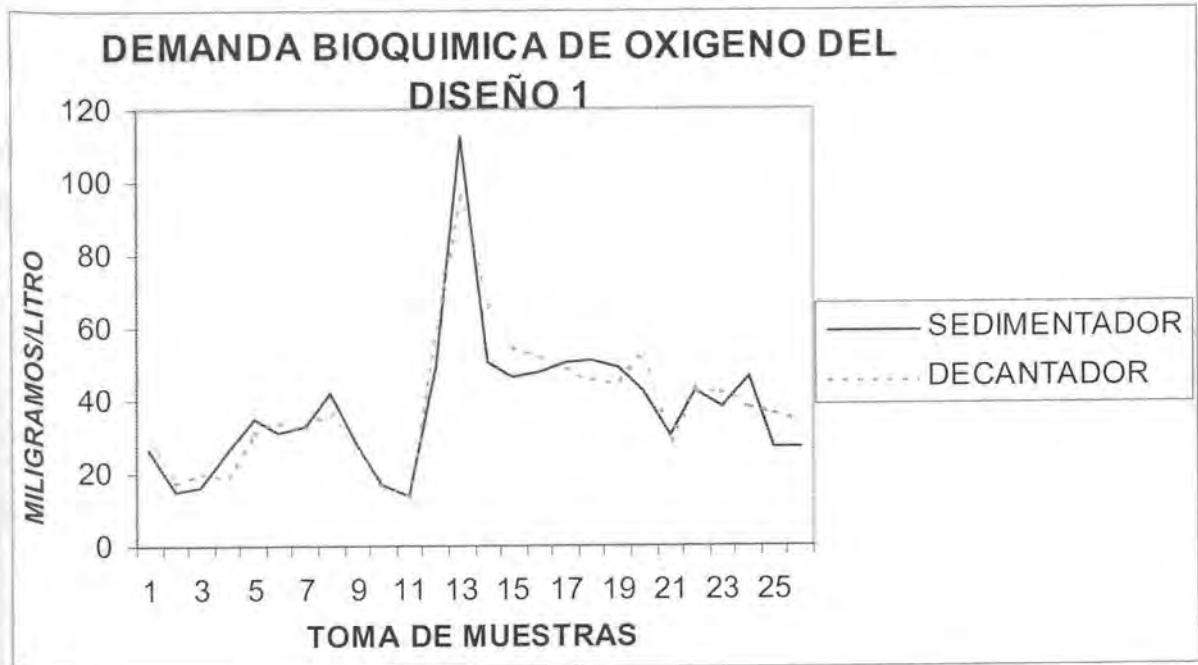


Figura 6 .- Demanda bioquímica de oxígeno del diseño I

5.11.- Los datos de coliformes totales del modelo II

Trampa de grasas

El valor más bajo fue 90300 NMP en el mes noviembre de 1997, el valor más alto fue 240000 NMP en todos los meses del muestreo, la media es de 1332038 NMP (ver cuadro 8).

En el sedimentador

El valor más bajo fue 240000 NMP en el mes octubre, noviembre de 1997 y enero de 1998, el más alto fue 2400000 NMP en el todos los meses del muestreo, la media es de 1486153. NMP (ver cuadro 8).

Cuadro 8.- Coliformes totales diseño II

| COLIFORMES TOTALES | | |
|--------------------|------------------|------------|
| DISEÑO II | NMP | |
| | TRAMPA DE GRASAS | DECANTADOR |
| 1 | 240000 | 240000 |
| 2 | 240000 | 240000 |
| 3 | 460000 | 2400000 |
| 4 | 240000 | 240000 |
| 5 | 240000 | 240000 |
| 6 | 240000 | 240000 |
| 7 | 240000 | 240000 |
| 8 | 240000 | 240000 |
| 9 | 240000 | 240000 |
| 10 | 240000 | 240000 |
| 11 | 240000 | 240000 |
| 12 | 93000 | 240000 |
| 13 | 240000 | 240000 |
| 14 | 240000 | 240000 |
| 15 | 240000 | 240000 |
| 16 | 240000 | 240000 |
| 17 | 240000 | 240000 |
| 18 | 240000 | 240000 |
| 19 | 240000 | 240000 |
| 20 | 240000 | 240000 |
| 21 | 240000 | 240000 |
| 22 | 240000 | 240000 |
| 23 | 240000 | 240000 |
| 24 | 240000 | 240000 |
| 25 | 2400000 | 2400000 |
| 26 | 2400000 | 2400000 |

Las variaciones en los valores de coliformes totales para ambas secciones de la FS (diseño II) se muestran en la figura 7 siguiente:

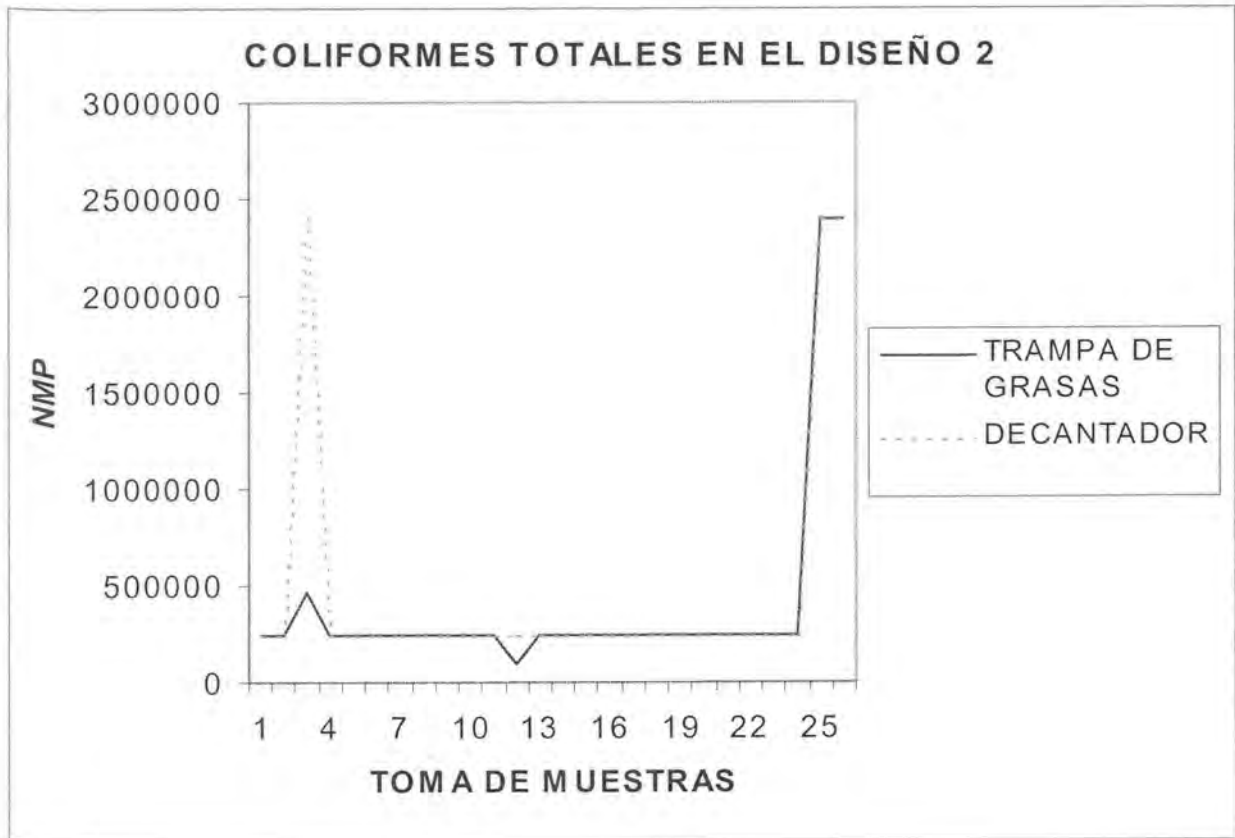


Figura 7.- Coliformes fecales diseño II.

5.12.- Los datos de coliformes fecales en el modelo II

Trampa de grasas

El valor más bajo fue 3000 NMP en el mes noviembre de 1997, el más alto fue 2400000 NMP en el mes de septiembre de 1997, la media es de 2141769 NMP (ver cuadro 9).

En el sedimentador

El valor más bajo fue de 3000 NMP en el mes noviembre de 1997 y el más alto fue 2400000 NMP en todos los meses del muestreo, la media es de 2032646. NMP (ver cuadro 9).

Cuadro 9 .- Coliformes fecales diseño II.

| COLIFORMES FECALES | | |
|--------------------|------------------|------------|
| DISEÑO II | NMP | |
| | TRAMPA DE GRASAS | DECANTADOR |
| 1 | 2400000 | 28000 |
| 2 | 2400000 | 2400000 |
| 3 | 460000 | 43000 |
| 4 | 3000 | 3000 |
| 5 | 2400000 | 2400000 |
| 6 | 2400000 | 2400000 |
| 7 | 2400000 | 2400000 |
| 8 | 2400000 | 2400000 |
| 9 | 2400000 | 2400000 |
| 10 | 2400000 | 2400000 |
| 11 | 2400000 | 2400000 |
| 12 | 93000 | 2400000 |
| 13 | 2400000 | 2400000 |
| 14 | 2400000 | 2400000 |
| 15 | 2400000 | 2400000 |
| 16 | 2400000 | 2400000 |
| 17 | 2400000 | 2400000 |
| 18 | 2400000 | 2400000 |
| 19 | 2400000 | 2400000 |
| 20 | 2400000 | 2400000 |
| 21 | 2400000 | 2400000 |
| 22 | 2400000 | 2400000 |
| 23 | 2400000 | 2400000 |
| 24 | 2400000 | 2400000 |
| 25 | 2400000 | 2400000 |
| 26 | 2400000 | 2400000 |

Las variaciones en los valores de coliformes fecales para ambas secciones de la FS (diseño II) se muestran en la figura 8 siguiente:

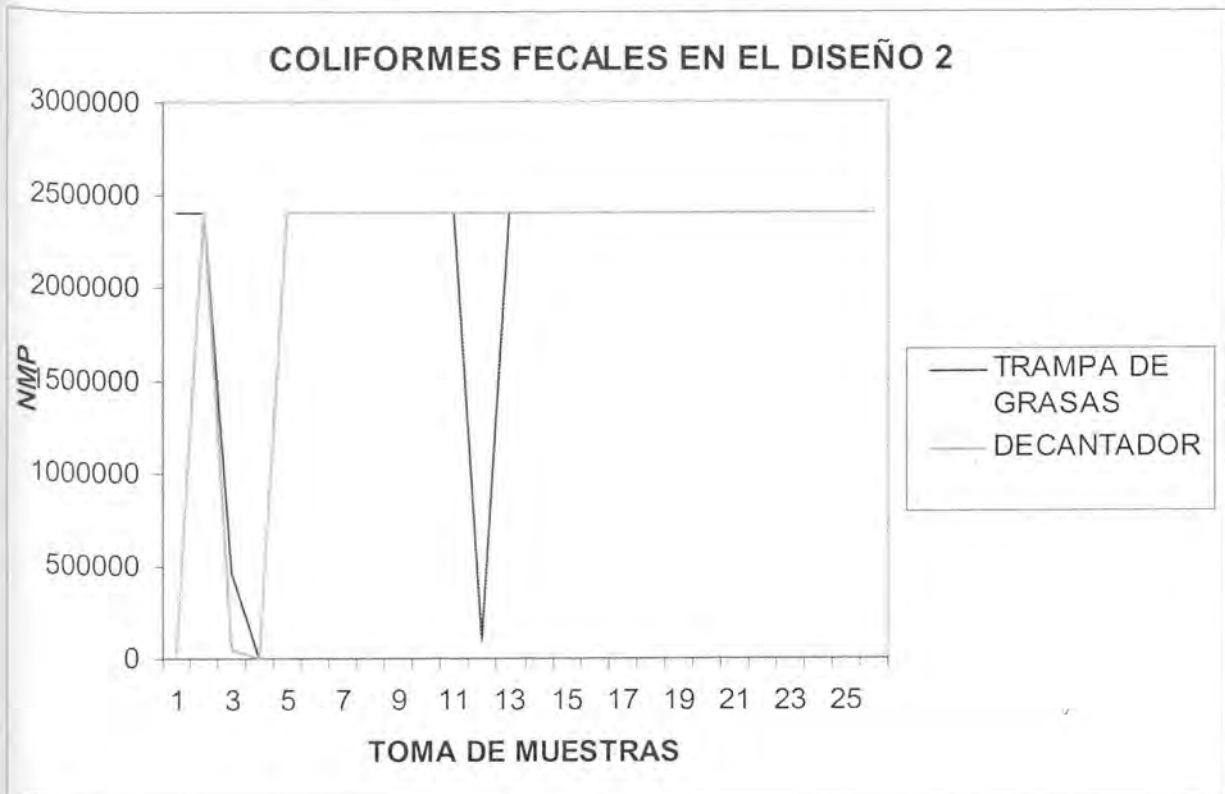


Figura 8- Coliformes fecales en el diseño II.

5.13.- Los datos de temperatura del modelo II

Trampa de grasas

El valor más bajo fue de 26⁰C en el mes diciembre de 1997, el valor más alto fue 34⁰C en el mes de octubre de 1997, la media es de 30.9⁰C (ver cuadro 10)

En el sedimentador

El valor más bajo fue 26⁰C en el mes de febrero de 1997 y el valor más alto fue 34.7⁰C en el mes de octubre de 1997, la media es de 28.39⁰C (ver cuadro 10).

Cuadro 10.- Temperatura del diseño II.

| TEMPERATURA EN GRADOS CELSIUS | | |
|-------------------------------|------------------|------------|
| DISEÑO II | TRAMPA DE GRASAS | DECANTADOR |
| 1 | 30.9 | 30.88 |
| 2 | 30 | 30 |
| 3 | 32.5 | 33 |
| 4 | 33 | 32.7 |
| 5 | 31 | 31.8 |
| 6 | 28.5 | 28 |
| 7 | 31 | 33 |
| 8 | 30 | 30 |
| 9 | 34 | 34.7 |
| 10 | 28 | 28.9 |
| 11 | 28.5 | 29.8 |
| 12 | 28.5 | 29.5 |
| 13 | 28.5 | 28.9 |
| 14 | 28 | 28 |
| 15 | 30 | 30 |
| 16 | 28 | 27 |
| 17 | 28 | 28 |
| 18 | 27 | 27 |
| 19 | 29 | 29 |
| 20 | 28 | 28 |
| 21 | 29 | 29 |
| 22 | 26.5 | 26.7 |
| 23 | 26 | 26 |
| 24 | 26.5 | 26.5 |
| 25 | 26 | 28 |
| 26 | 27 | 32 |

Las variaciones en los valores de temperatura para ambas secciones de la FS (diseño II) se muestran en la figura 9 siguiente:

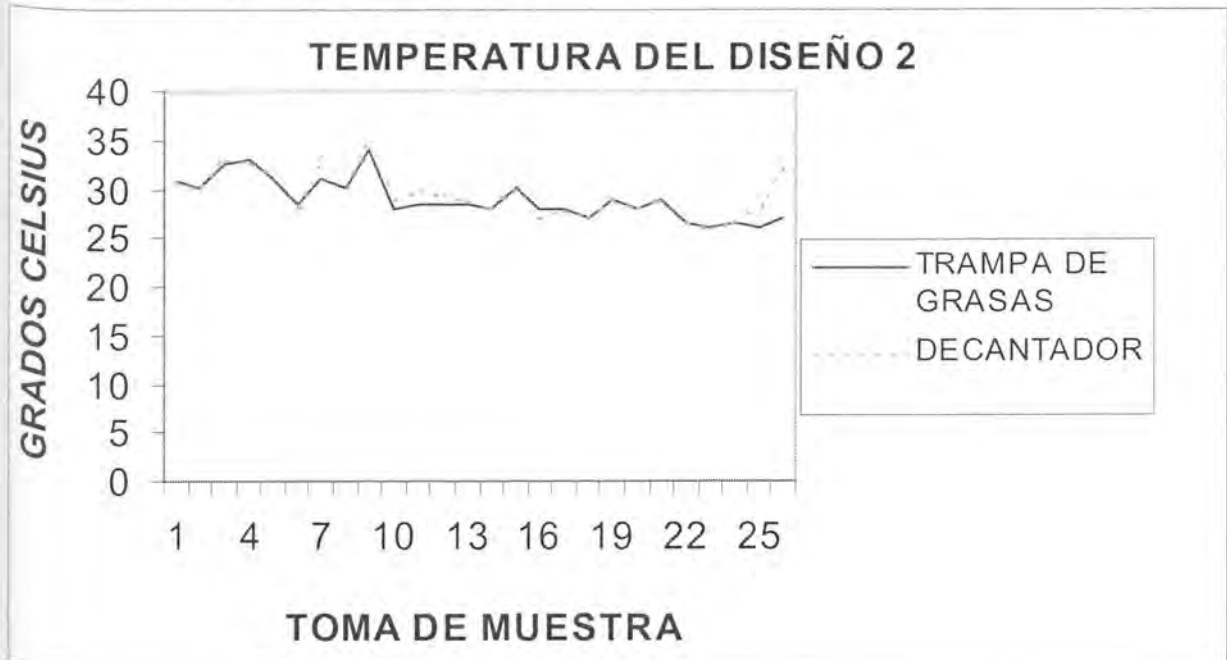


Figura 9.- Temperatura del diseño II

5.14.- Los datos de pH del modelo II

Trampa de grasas

El valor más bajo fue de 6 en el mes de diciembre de 1997, el más alto de 8 en los meses de septiembre, octubre y diciembre de 1997, la media es de 7.41 (ver cuadro 11).

En el sedimentador

El valor más bajo fue 7 en todos los muestreos de 1997 y 1998, y el más alto fue 8 en el mes de octubre y noviembre de 1997, la media de 7.70 (ver cuadro 11).

Cuadro 11 - pH en el diseño II.

| PH | | |
|-----------|------------------|------------|
| DISEÑO II | | |
| | TRAMPA DE GRASAS | DECANTADOR |
| 1 | 7.8 | 7.5 |
| 2 | 8 | 8.75 |
| 3 | 8 | 8 |
| 4 | 8 | 8.5 |
| 5 | 8 | 8 |
| 6 | 8 | 7.5 |
| 7 | 8 | 8 |
| 8 | 8 | 8 |
| 9 | 7 | 8 |
| 10 | 7 | 8 |
| 11 | 7 | 8 |
| 12 | 7 | 8 |
| 13 | 7 | 7 |
| 14 | 6 | 7 |
| 15 | 7 | 8 |
| 16 | 7 | 8 |
| 17 | 8 | 8 |
| 18 | 7 | 8 |
| 19 | 8 | 8 |
| 20 | 8 | 8 |
| 21 | 8 | 7 |
| 22 | 7 | 7 |
| 23 | 7 | 7 |
| 24 | 7 | 7 |
| 25 | 7 | 7 |
| 26 | 7 | 7 |

Las variaciones en los valores de pH para ambas secciones de la FS (diseño II) se muestran en la figura 10 siguiente:

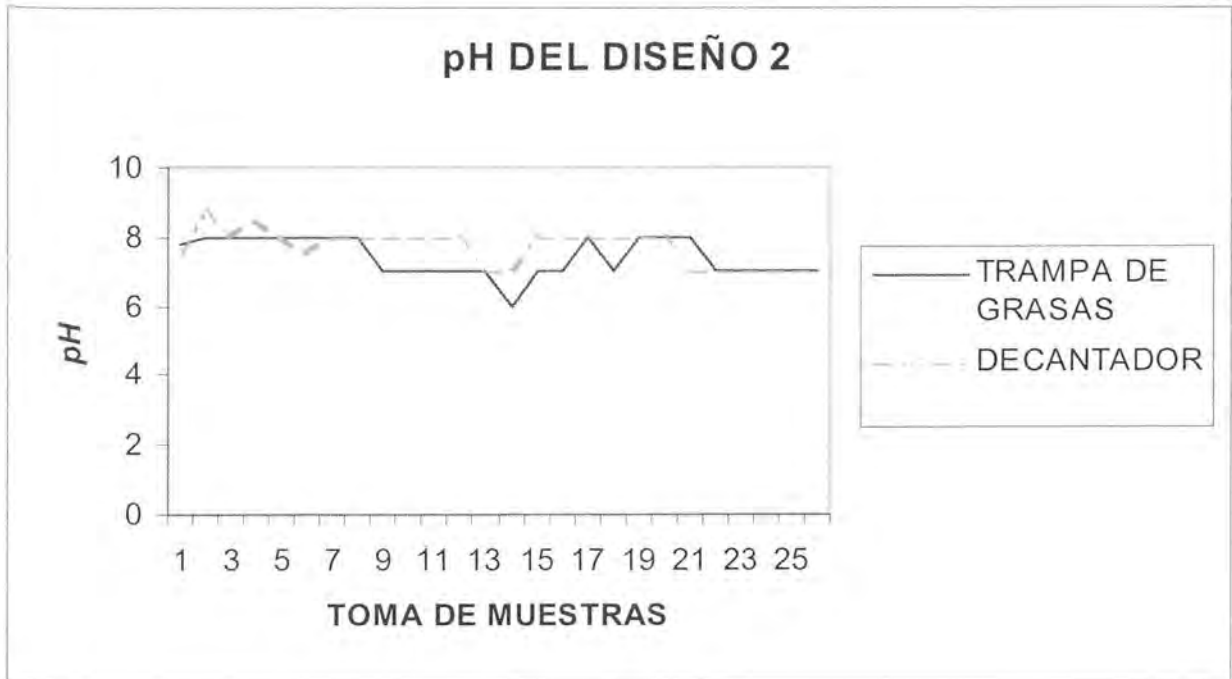


Figura 10.- pH del diseño II

5.15.- Los datos de conductividad del modelo II

Trampa de grasas

El valor más bajo fue 1.68 mS en el mes noviembre de 1997, el valor más alto fue 21.3 mS en el mes de enero de 1998, la media es 9.44 mS (ver cuadro 12).

En el sedimentador

El valor más bajo fue 61.7 mS en el mes de noviembre de 1997 y el más alta fue 21.5 mS en el mes de febrero de 1997, la media es de 6.09 mS (ver cuadro 12).

Cuadro 12.- Conductividad del diseño II

| CONDUCTIVIDAD | | |
|---------------|------------------|------------|
| DISEÑO II | mS | |
| | TRAMPA DE GRASAS | DECANTADOR |
| 1 | 1.92 | 1.88 |
| 2 | 1.83 | 1.88 |
| 3 | 1.83 | 1.8 |
| 4 | 1.8 | 1.83 |
| 5 | 1.8 | 1.83 |
| 6 | 1.8 | 1.82 |
| 7 | 1.8 | 1.8 |
| 8 | 1.75 | 1.74 |
| 9 | 1.79 | 1.76 |
| 10 | 1.68 | 1.69 |
| 11 | 1.72 | 1.7 |
| 12 | 1.72 | 1.71 |
| 13 | 1.75 | 1.7 |
| 14 | 1.8 | 1.81 |
| 15 | 1.8 | 1.8 |
| 16 | 1.85 | 1.84 |
| 17 | 1.82 | 1.81 |
| 18 | 1.84 | 1.82 |
| 19 | 1.86 | 1.85 |
| 20 | 1.86 | 1.82 |
| 21 | 21.3 | 21 |
| 22 | 20 | 19.7 |
| 23 | 20 | 19 |
| 24 | 21 | 20 |
| 25 | 22 | 21.5 |
| 26 | 21 | 20.5 |

Las variaciones en los valores de conductividad para ambas secciones de la FS (diseño II) se muestran en la figura 11 siguiente:



Figura 11 .- Conductividad en el diseño 2.

5.16.- Los datos de DBO₅ del modelo II

Trampa de grasas

El valor más bajo fue 7 mg/litro en el mes diciembre de 1997, el valor más alto fue 34.7 mg/litro en el mes de octubre de 1997, la media es de 27.42 mg/litro (ver cuadro 13).

En el sedimentador

El valor más bajo es 19 mg/litro en el mes de octubre 1997 y el valor más alto de 77.82 mg/l en el mes de diciembre de 1997, la media es de 46.9 mg/litro (ver cuadro 13).

Cuadro 13 - Demanda bioquímica de oxígeno en el diseño II

| DBO ₅ | | |
|------------------|------------------|------------|
| DISEÑO II | miligramos/litro | |
| | TRAMPA DE GRASAS | DECANTADOR |
| 1 | 30.88 | 30 |
| 2 | 30 | 26 |
| 3 | 33 | 31 |
| 4 | 32.7 | 24 |
| 5 | 31.8 | 28 |
| 6 | 28 | 19.04 |
| 7 | 33 | 19.3 |
| 8 | 30 | 35.33 |
| 9 | 34.7 | 22 |
| 10 | 28.9 | 23.5 |
| 11 | 29.8 | 25 |
| 12 | 29.5 | 73.2 |
| 13 | 28.9 | 73.8 |
| 14 | 28 | 49.15 |
| 15 | 30 | 59.4 |
| 16 | 27 | 77 |
| 17 | 28 | 77.82 |
| 18 | 27 | 68.9 |
| 19 | 29 | 63 |
| 20 | 28 | 55 |
| 21 | 29 | 53.25 |
| 22 | 26.7 | 57.34 |
| 23 | 26 | 57.34 |
| 24 | 26.5 | 57.34 |
| 25 | 28 | 61.44 |
| 26 | 32 | 53.25 |

Las variaciones en los valores de DBO_5 a para ambas secciones de la FS (diseño II) se muestran en la figura 12 siguiente:

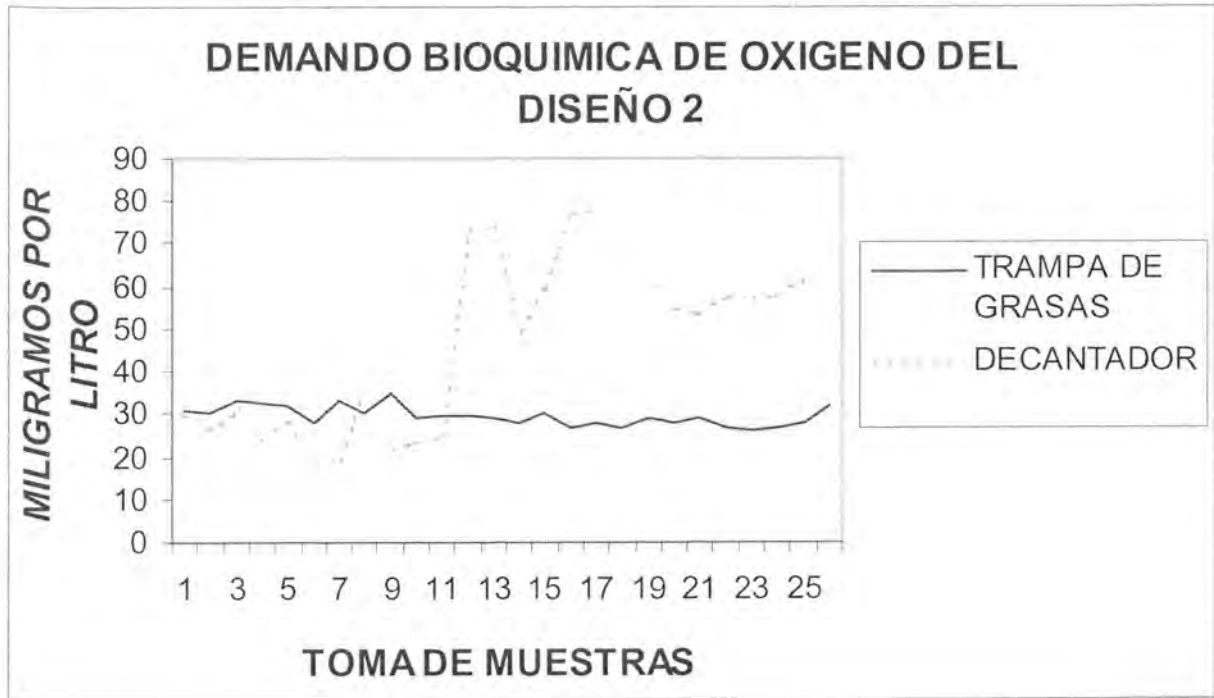


Figura 12.- Demanda bioquímica de oxígeno del diseño II

5.17.- COMPARACIÓN DE DATOS EN AMBOS DISEÑOS DE FS

5.18.- COLIFORMES TOTALES Y FECALES DEL MODELO I

Coliformes totales del modelo I

El sedimentador

El valor más bajo fue 300 NMP en el mes septiembre de 1997, el valor más alto fue 240000 NMP en el todos los meses del muestreo, la media es de 160019 NMP.

En el decantador

El valor más bajo fue 300 NMP en el mes septiembre de 1997, y el valor más alto fue 240000 NMP en todos los meses del muestreo, la media es de 167884 NMP (ver cuadro 14).

Coliformes totales del modelo II

Trampa de grasas

El valor más bajo fue 90300 NMP en el mes noviembre de 1997, el más alto de 240000 NMP en todos los meses del muestreo, la media es de 1332038 NMP.

En el sedimentador

El valor bajo fue 240000 NMP en el mes octubre, noviembre de 1997 y enero de 1998, el más alto fue 2400000 NMP en todos los meses del muestreo, la media es de 1486153 NMP (ver cuadro 14).

Cuadro 14 .- De valores de coliformes totales en ambos modelos

| COMPARACION DE AMBOS DISEÑOS EN COLIFORMES TOTALES | | | | |
|----------------------------------------------------|----------------|--------------|-------------------|--------------|
| | SEDIMENTADOR 1 | DECANTADOR 1 | TRAMPA DE GRASA 2 | DECANTADOR 2 |
| 1 | 400 | 900 | 240000 | 240000 |
| 2 | 300 | 300 | 240000 | 240000 |
| 3 | 240000 | 110000 | 460000 | 2400000 |
| 4 | 24000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 5 | 240000 | 460 00 | 240000 | 240000 |
| 6 | 24000 | 4300 | 240000 | 240000 |
| 7 | 24000 | 24000 | 240000 | 240000 |
| 8 | 4300 | 46000 | 240000 | 240000 |
| 9 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 10 | 1100 | 110000 | 240000 | 240000 |
| 11 | 2400 | 7500 | 240000 | 240000 |
| 12 | 240000 | 240000 | 93000 | 240000 |
| 13 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |

| | | | | |
|----|--------|--------|--------|--------|
| 14 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 15 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 16 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 17 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 18 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 19 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 20 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 21 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 22 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 23 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 24 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 25 | 46000 | 240000 | 240000 | 240000 |
| 26 | 240000 | 240000 | 240000 | 240000 |

Las variaciones en los valores de coliformes totales para las diversas secciones de la FS, se muestran en la siguiente figura 13.

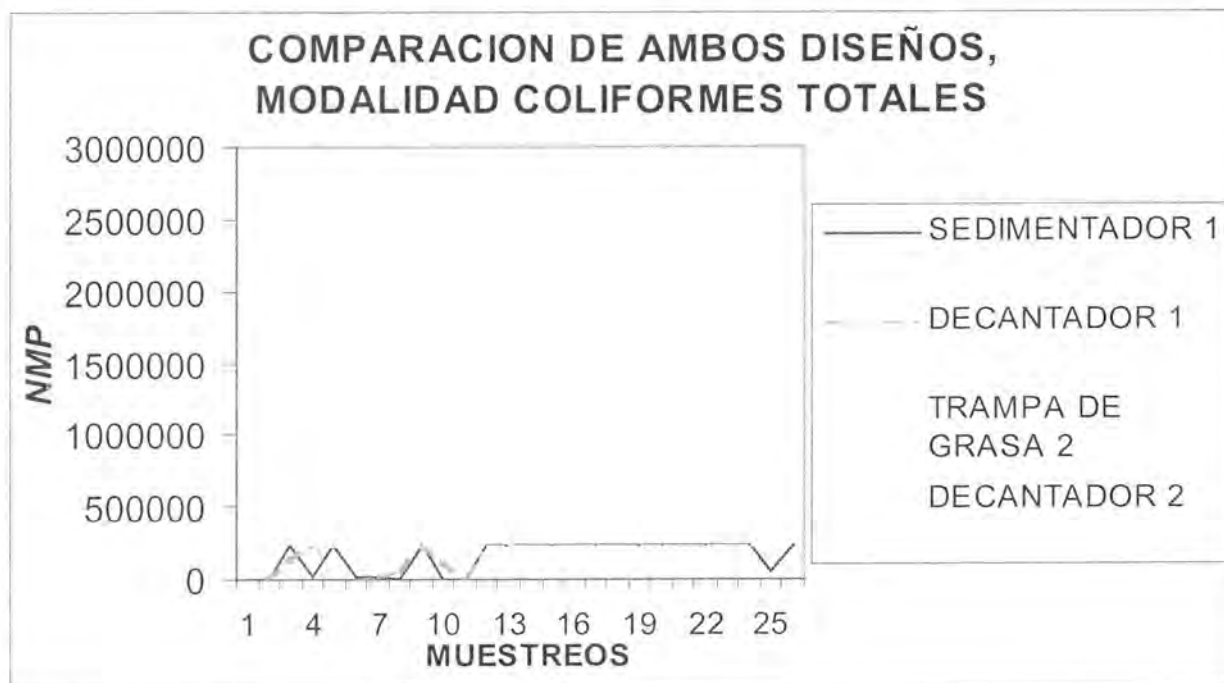


Figura 13 .- Comparación de ambos diseños, modalidad coliformes totales.

Coliformes fecales del modelo I

El sedimentador

El valor más bajo fue 300 NMP en el mes septiembre y noviembre de 1997, y el valor más alto fue 240000 NMP en todos los meses del muestreo, la media es de 107038 NMP.

En el decantador

El valor más bajo fue 300 NMP en el mes septiembre y noviembre de 1997, el más alto fue 240000 NMP en todos los meses del muestreo, la media es de 381542 NMP (ver cuadro 15).

Coliformes fecales en el modelo II

Trampa de grasas

El valor más bajo fue 3000 NMP en el mes noviembre de 1997, el más alto de 2400000 NMP en el mes de septiembre de 1997, la media es de 2141769 NMP.

En el sedimentador

El valor más bajo es de 3000 nmp en el mes noviembre de 1997 y el más alto de 2400000 NMP en todos los meses del muestreo, la media es de 2032646. NMP (ver cuadro 15).

Cuadro 15.- De valores de coliformes fecales en ambos modelos

| COMPARACION DE AMBOS DISEÑOS EN COLIFORMES FECALES | | | | |
|----------------------------------------------------|----------------|--------------|--------------------|--------------|
| | SEDIMENTADOR 1 | DECANTADOR 1 | TRAMPA DE GRASAS 2 | DECANTADOR 2 |
| 1 | 400 | 900 | 2400000 | 28000 |
| 2 | 300 | 300 | 2400000 | 2400000 |
| 3 | 240000 | 110000 | 460000 | 43000 |
| 4 | 24000 | 240000 | 3000 | 3000 |
| 5 | 240000 | 460 00 | 2400000 | 2400000 |
| 6 | 24000 | 4300 | 2400000 | 2400000 |
| 7 | 24000 | 24000 | 2400000 | 2400000 |
| 8 | 4300 | 46000 | 2400000 | 2400000 |
| 9 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |
| 10 | 1100 | 110000 | 2400000 | 2400000 |
| 11 | 2400 | 7500 | 2400000 | 2400000 |
| 12 | 240000 | 240000 | 93000 | 2400000 |
| 13 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |
| 14 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |
| 15 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |
| 16 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |
| 17 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |
| 18 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |
| 19 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |
| 20 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |
| 21 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |
| 22 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |
| 23 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |

| | | | | |
|----|--------|--------|---------|---------|
| 24 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |
| 25 | 46000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |
| 26 | 240000 | 240000 | 2400000 | 2400000 |

Las variaciones en los valores de coliformes fecales para las diversas secciones de la FS, se muestran en la siguiente figura 14.



Figura 14.- Comparación de ambos diseños en coliformes fecales.

5.19.- TEMPERATURA DEL MODELO I Y MODELO II

Temperatura del modelo I

En el sedimentador

El valor más bajo fue 26^oC en el mes de febrero de 1997 y el más alto fue 36^oC en el mes de octubre de 1997, siendo la media de 30.9^oC.

En el decantador

El valor más bajo fue 26.7^oC en el mes de enero de 1998 y el más alto fue 34.5^oC en el mes de octubre de 1997, la media de 29.68^oC (ver cuadro 16).

Temperatura del modelo II

Trampa de grasas

El valor más bajo fue 26^oC en el mes diciembre de 1997, y el más alto fue 34^oC en el mes de octubre de 1997, la media es de 30.9^oC.

En el sedimentador

El valor más bajo fue 26^oC en el mes de febrero de 1997 y el más alto fue 34.7^oC en el mes de octubre de 1997, la media es de 28.39^oC (ver cuadro 16).

Cuadro 16.- Comparación de ambos diseños, temperatura

| COMPARACION DE AMBOS DISEÑOS, TEMPERATURA | | | | |
|-------------------------------------------|----------------|--------------|--------------------|--------------|
| | SEDIMENTADOR 1 | DECANTADOR 1 | TRAMPA DE GRASAS 2 | DECANTADOR 2 |
| 1 | 31 | 31 | 30.9 | 30.88 |
| 2 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 3 | 31.2 | 30 | 32.5 | 33 |
| 4 | 30 | 31.6 | 33 | 32.7 |
| 5 | 32 | 32 | 31 | 31.8 |
| 6 | 32 | 31.8 | 28.5 | 28 |
| 7 | 34.5 | 34.5 | 31 | 33 |
| 8 | 31 | 31 | 30 | 30 |
| 9 | 36 | 36 | 34 | 34.7 |
| 10 | 29 | 30 | 28 | 28.9 |
| 11 | 28.7 | 27 | 28.5 | 29.8 |
| 12 | 27.8 | 30 | 28.5 | 29.5 |
| 13 | 29 | 28 | 28.5 | 28.9 |
| 14 | 29 | 28 | 28 | 28 |
| 15 | 31 | 31 | 30 | 30 |
| 16 | 29 | 28.5 | 28 | 27 |
| 17 | 27 | 27 | 28 | 28 |
| 18 | 28 | 27 | 27 | 27 |
| 19 | 30 | 26 | 29 | 29 |
| 20 | 29 | 28 | 28 | 28 |

| | | | | |
|----|------|------|------|------|
| 21 | 29.8 | 30 | 29 | 29 |
| 22 | 26.6 | 27 | 26.5 | 26.7 |
| 23 | 26 | 26.2 | 26 | 26 |
| 24 | 27 | 28 | 26.5 | 26.5 |
| 25 | 30 | 30 | 26 | 28 |
| 26 | 32 | 31 | 27 | 32 |

Las variaciones en los valores de coliformes fecales para las diversas secciones de la Fs, se muestran en la siguiente figura 15:

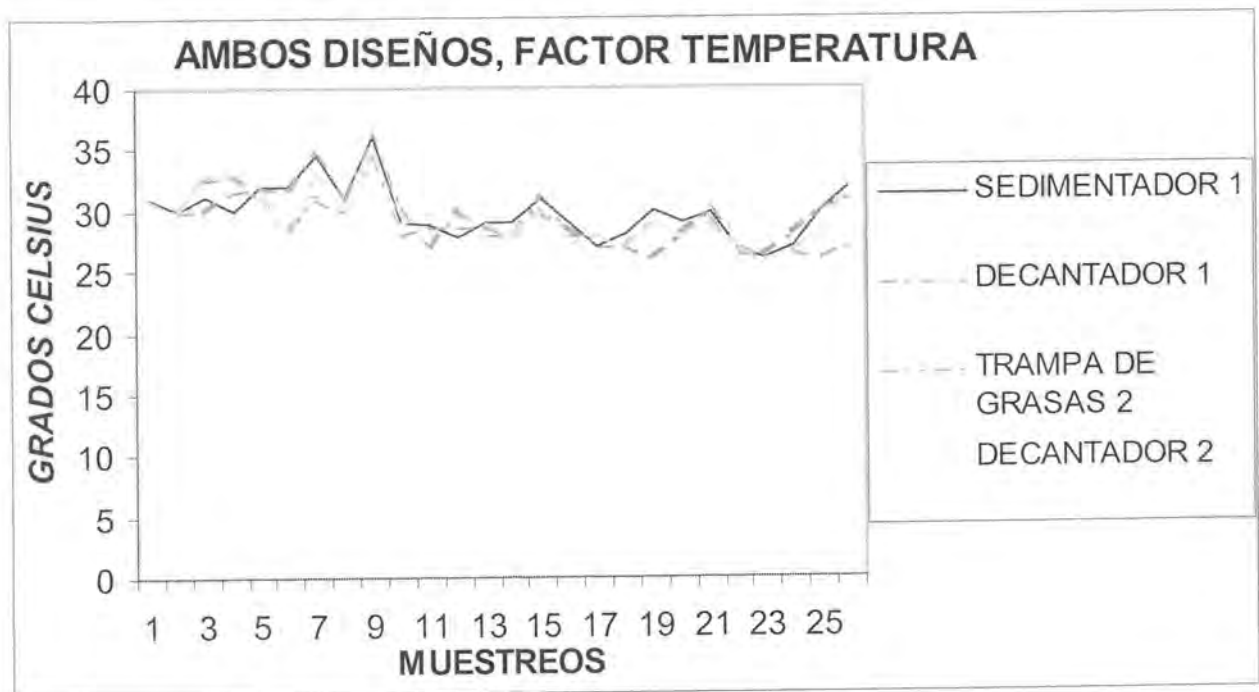


Figura 15.- Ambos diseños, factor temperatura.

5.20.- pH EN EL MODELO I Y MODELO II

pH del modelo I

El sedimentador

El valor más bajo fue 7 en los meses de octubre, noviembre y diciembre de 1997; enero y febrero de 1998, el más alto fue 8 en los meses de septiembre, noviembre y diciembre de 1997, la media es de 7.5.

En el decantador

El valor más bajo fue 6 en el mes de noviembre de 1997 y el más alto fue 8,75 en el mes de septiembre de 1997, la media de 6.83 (ver cuadro 17).

pH del modelo II

Trampa de grasas

El valor más bajo fue 6 en el mes de diciembre de 1997, y el más alto fue 8 en los meses de septiembre, octubre y diciembre de 1997, la media es de 7.41.

En el sedimentador

El valor más bajo fue 7 todos los muestreos de 1997 y 1998, y el más alto fue 8 en el mes de octubre y noviembre de 1997, la media de 7.70 (ver cuadro 17).

Cuadro 17.- De valores de ph de ambos modelos:

| COMPARACION DE AMBOS DISEÑOS, Ph | | | | |
|----------------------------------|----------------|--------------|--------------------|--------------|
| | SEDIMENTADOR 1 | DECANTADOR 1 | TRAMPA DE GRASAS 2 | DECANTADOR 2 |
| 1 | 7.8 | 7.5 | 7.8 | 7.5 |
| 2 | 8 | 8.75 | 8 | 8.75 |
| 3 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 4 | 8 | 8.5 | 8 | 8.5 |
| 5 | 8 | 8.5 | 8 | 8 |
| 6 | 8 | 8 | 8 | 7.5 |
| 7 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 8 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| 9 | 7 | 7 | 7 | 8 |
| 10 | 8 | 7 | 7 | 8 |
| 11 | 7 | 6 | 7 | 8 |
| 12 | 8 | 7 | 7 | 8 |
| 13 | 7 | 6 | 7 | 7 |
| 14 | 7 | 7 | 6 | 7 |
| 15 | 8 | 7 | 7 | 8 |
| 16 | 8 | 8 | 7 | 8 |
| 17 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 18 | 8 | 8 | 7 | 8 |

| | | | | |
|----|---|---|---|---|
| 19 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| 20 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 21 | 7 | 7 | 8 | 7 |
| 22 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 23 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 24 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 25 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 26 | 7 | 7 | 7 | 7 |

Las variaciones en los valores de pH para las diversas secciones de la Fs, se muestran en la siguiente figura 16:

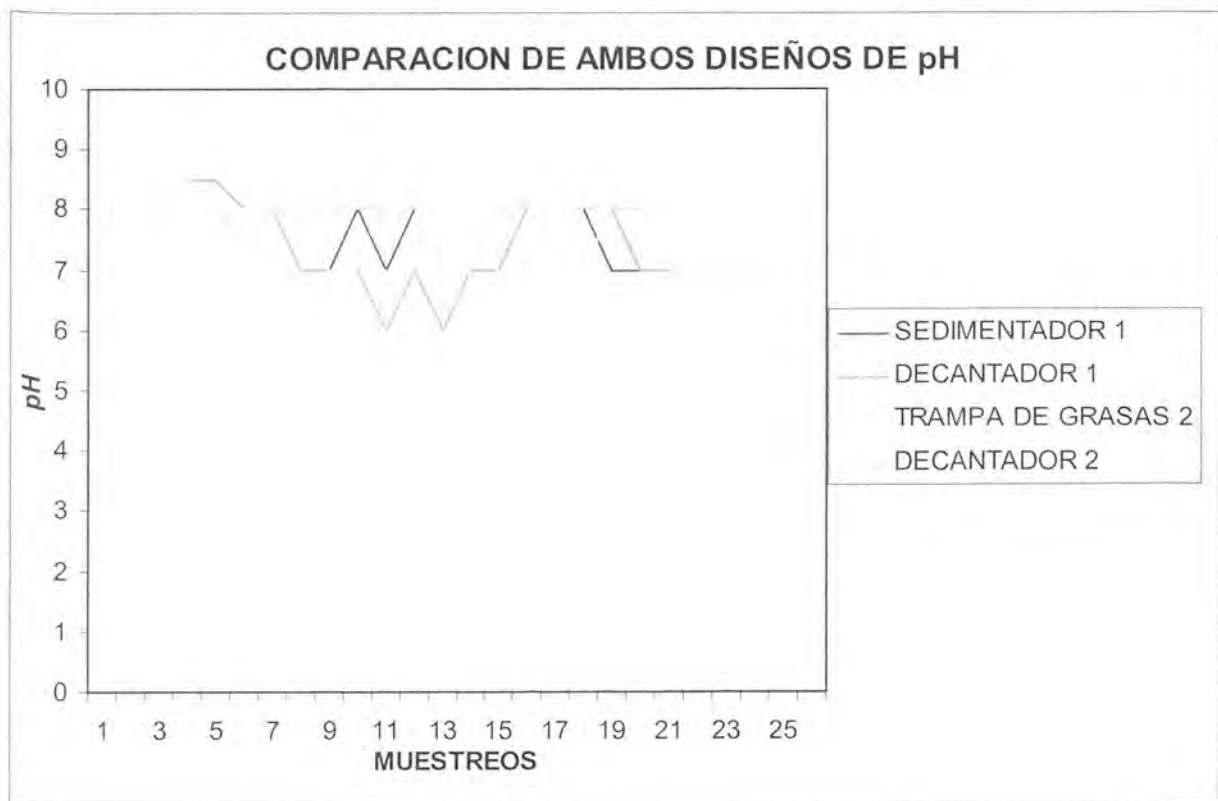


Figura 16.- Comparación de ambos diseños de pH.

5.21.- CONDUCTIVIDAD EN EL MODELO I Y MODELO II

Conductividad del modelo I

El sedimentador

El valor más bajo fue 1.6 mS en el mes noviembre de 1997, y el más alto fue 8 mS en el mes de enero de 1998, la media es de 5.7 mS.

En el decantador

El valor bajo fue de 1.69 mS en el mes de noviembre de 1997 y la más alta de 20.6 mS en el mes de febrero de 1998, la media de 5.81 mS (ver cuadro 18).

Conductividad del modelo II

Trampa de grasas

El valor más bajo fue 1.68 mS en el mes noviembre de 1997, y el más alto fue 21.3 mS en el mes de enero de 1998, la media es 9.44 mS.

En el sedimentador

El valor más bajo fue 61.7 mS en el mes de noviembre de 1997 y el más alto fue 21.5 mS en el mes de febrero de 1997, la media es de 6.09 mS (ver cuadro 18).

Cuadro 18.- Referente a la conductividad de aguas residuales de ambos modelos:

| COMPARACION DE AMBOS DISEÑOS EN CONDUCTIVIDAD | | | | |
|-----------------------------------------------|----------------|--------------|--------------------|--------------|
| | SEDIMENTADOR 1 | DECANTADOR 1 | TRAMPA DE GRASAS 2 | DECANTADOR 2 |
| 1 | 1.92 | 1.88 | 1.92 | 1.88 |
| 2 | 1.83 | 1.82 | 1.83 | 1.88 |
| 3 | 1.83 | 1.8 | 1.83 | 1.8 |
| 4 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.83 |
| 5 | 1.77 | 1.8 | 1.8 | 1.83 |
| 6 | 1.78 | 1.7 | 1.8 | 1.82 |
| 7 | 1.75 | 1.74 | 1.8 | 1.8 |
| 8 | 1.79 | 1.76 | 1.75 | 1.74 |
| 9 | 1.68 | 1.69 | 1.79 | 1.76 |
| 10 | 1.72 | 1.7 | 1.68 | 1.69 |
| 11 | 1.8 | 1.77 | 1.72 | 1.7 |
| 12 | 1.79 | 1.73 | 1.72 | 1.71 |
| 13 | 1.6 | 1.69 | 1.75 | 1.7 |
| 14 | 1.74 | 1.73 | 1.8 | 1.81 |
| 15 | 1.79 | 1.75 | 1.8 | 1.8 |
| 16 | 1.8 | 1.76 | 1.85 | 1.84 |
| 17 | 1.81 | 1.8 | 1.82 | 1.81 |
| 18 | 1.73 | 1.98 | 1.84 | 1.82 |
| 19 | 1.7 | 1.9 | 1.86 | 1.85 |
| 20 | 1.9 | 2 | 1.86 | 1.82 |
| 21 | 21.3 | 21 | 21.3 | 21 |

| | | | | |
|----|------|-------|----|------|
| 22 | 20 | 19.79 | 20 | 19.7 |
| 23 | 20.6 | 20.6 | 20 | 19 |
| 24 | 18.8 | 18.8 | 21 | 20 |
| 25 | 18 | 17 | 22 | 21.5 |
| 26 | 16 | 18 | 21 | 20.5 |

Las variaciones en los valores de conductividad para las diversas secciones de la Fs, se muestran en la siguiente figura 17:



Figura 17.- Comparación de conductividad para ambos diseños.

5.22.- DBO₅ DEL MODELO I Y MODELO II

DBO₅ del modelo I

El sedimentador

El valor más baja fue 13.33 mg/litro en el mes noviembre de 1997, y el más alto fue 111.96 mg/l en el mes de noviembre de 1997, la media es de 35.43 mg/l.

En el decantador

El valor más bajo fue 13.33 mg/l en el mes de noviembre de 1997 y el más alto fue 96.39 mg/l en el mes de noviembre de 1997, la media de 35.54 mg/l (ver cuadro 19).

DBO₅ del modelo II

Trampa de grasas

El valor más bajo fue 7 mg/litro en el mes diciembre de 1997, y el más alto fue 34.7 mg/litro en el mes de octubre de 1997, la media es de 27.42 mg/litro.

En el sedimentador

El valor más bajo fue 19 mg/litro en el mes de octubre 1997 y el más alto fue 77.82 mg/l en el mes de diciembre de 1997, la media es de 46.9 mg/litro (ver cuadro 19).

Cuadro 19. - DBO₅ en ambos modelos, en diversos procesos:

| COMPARACION DE AMBOS DISEÑOS, DBO5 | | | | |
|------------------------------------|----------------|--------------|--------------------|--------------|
| | SEDIMENTADOR 1 | DECANTADOR 1 | TRAMPA DE GRASAS 2 | DECANTADOR 2 |
| 1 | 26.66 | 29.13 | 30.88 | 30 |
| 2 | 14.67 | 17.33 | 30 | 26 |
| 3 | 16 | 20 | 33 | 31 |
| 4 | 26 | 19 | 32.7 | 24 |
| 5 | 35 | 31 | 31.8 | 28 |
| 6 | 31 | 34.33 | 28 | 19.04 |
| 7 | 33 | 32 | 33 | 19.3 |
| 8 | 42 | 36 | 30 | 35.33 |
| 9 | 28 | 26 | 34.7 | 22 |
| 10 | 16.67 | 17.33 | 28.9 | 23.5 |
| 11 | 13.33 | 13.33 | 29.8 | 25 |
| 12 | 50 | 60 | 29.5 | 73.2 |
| 13 | 111.96 | 96.39 | 28.9 | 73.8 |
| 14 | 50.52 | 65.54 | 28 | 49.15 |
| 15 | 46.42 | 54.61 | 30 | 59.4 |
| 16 | 48 | 52 | 27 | 77 |
| 17 | 50.52 | 49.15 | 28 | 77.82 |
| 18 | 50.8 | 46.03 | 27 | 68.9 |
| 19 | 49.15 | 45.06 | 29 | 63 |
| 20 | 42.33 | 51.88 | 28 | 55 |
| 21 | 30.04 | 28.67 | 29 | 53.25 |

| | | | | |
|----|-------|-------|------|-------|
| 22 | 42.33 | 42.33 | 26.7 | 57.34 |
| 23 | 38.2 | 42.33 | 26 | 57.34 |
| 24 | 46.42 | 38.23 | 26.5 | 57.34 |
| 25 | 27.31 | 36.86 | 28 | 61.44 |
| 26 | 27.31 | 34.13 | 32 | 53.25 |

Las variaciones en los valores de DBO_5 para las diversas secciones de la FS, se muestran en la siguiente figura 18:

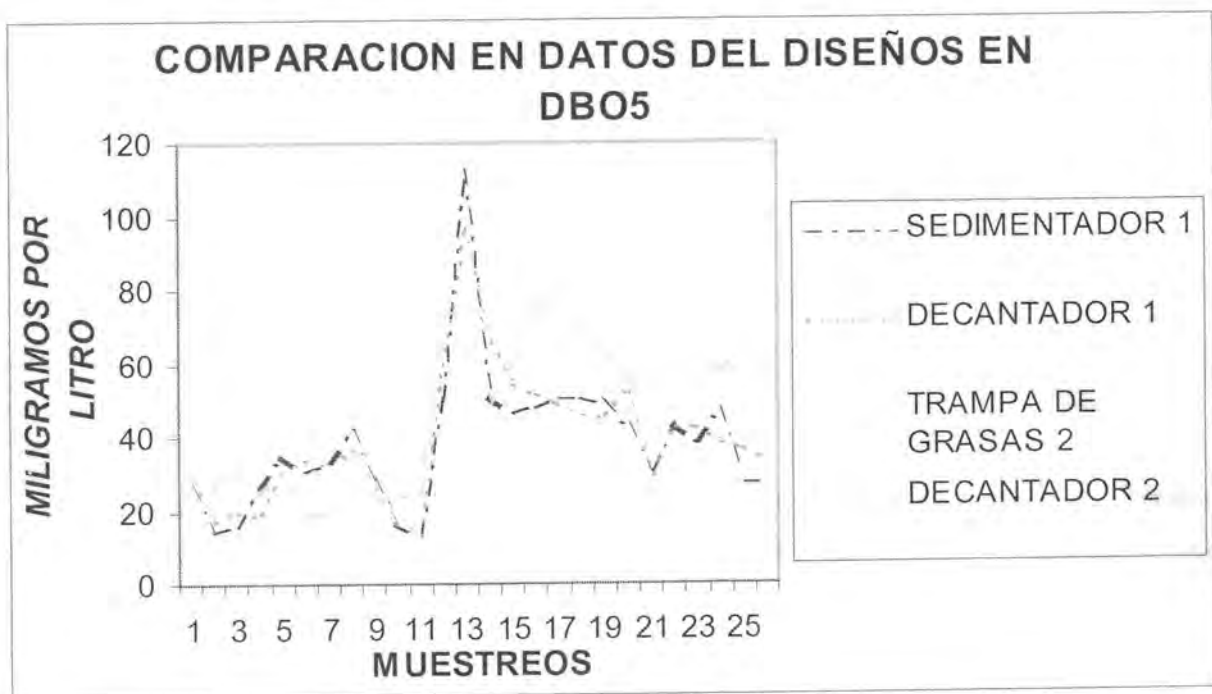


Figura 18.- Comparación de datos de los diseños en DBO_5



5.3.- Comentarios

Referente a la evaluación de ambos modelos, se demuestra que existe variaciones de resultados, por diversos motivos, uno de los principales es el diseño, de acuerdo al agua a tratar y las cantidades de flujo, a recibir en cierto periodo de tiempo. En este caso se recibió un flujo intermitente en las FS, provocando así, una fluctuación de valores de los parámetros físicos como biológicos.

En la cuantificación de coliformes totales y fecales de las aguas residuales el flujo fue discontinuo, y en los últimos meses de muestreo, el flujo tuvo un comportamiento, por decirse continuo, en los meses de noviembre de 1999 a febrero de 1998.

A pesar que los modelos recibieron aguas residuales provenientes de la casa; el modelo I recibió aguas residuales y aguas pluviales; el modelo II solamente trato con aguas residuales de la casa. Aun así, mostraron datos constantes respecto al NMP de organismos.

La temperatura en ambos modelos, se mantuvo en valores promedio, independientemente de la temperatura ambiental. El pH, se conservo en el valor neutral de 7, y en ocasiones en 8, es característico de una agua residual. Por ello, la degradación de la materia orgánica, tuvo las condiciones optimas para la degradación y de esta forma a la proliferación de microorganismos de aguas negras.

Los valores del parámetro de conductividad, se mantuvo estable durante los primeros meses, y en comparación con los parámetros anteriores; y los últimos tres meses sus valores tuvieron cambios drásticos.

Respecto a la DBO₅, todos los resultados obtenidos tiene diversos valores, en los distintas partes de la fosa séptica, esto es debido a la fluctuación de los microorganismos fecales, por la gran cantidad de nutrientes de las aguas residuales.



5.4.- Conclusiones

El agua contaminada es un vector de epidemias en este caso para los seres humanos, y referente a la flora y fauna del sitio de acumulación de aguas negras, representa un problema grave.

El trabajo realizado cumplió con los objetivos de la tesis, se tienen valores de coliformes totales y fecales, los cuales se obtuvo por medio de la cuantificación del NMP. Demostrando, de acuerdo a los análisis de aguas negras depositadas en el sedimentador y decantador del diseño I; en la trampa de grasas y decantador del diseño II, comprobando que las aguas negras sin tratamiento alguno son un problema de contaminación a las agua subterráneas.

En los modelos de FS ,se trataron aguas residuales y aguas pluviales en forma adecuada. En la determinación de la eficiencia de los diseños, se presento una característica, las descargas de flujo intermitente, por esta circunstancia, no se llevo a cabo completamente el tratamiento completo de aguas residuales en ambos modelos, es decir, el agua decantada no llego a descargar completa en el pozo y el filtro. Por ello la eficiencia no fue determinada. Sin embargo, ambos modelos son aptos para ser utilizados en casas habitación.

5.5.- Recomendaciones

El tratamiento de las aguas residuales domésticas consiste en: filtración, decantación, oxigenación, clarificación y desinfección para ser transportadas a un tanque elevado y utilizarlas en inodoros y en riego de áreas verdes en conjuntos habitacionales.

Las aportaciones del agua jabonosa o gris, representa un desalojo diario de 30 a 45 litros por persona al día, considerando únicamente el agua utilizada en lavamanos y regadera, siempre y cuando no contenga detergentes, sustancias químicas y materias fecales; para someterlas a un proceso de filtrado sencillo y reutilizarla en donde requiera un alto contenido de pureza, como el sanitario y el riego de jardines.

El rehuso de aguas jabonosas libre de detergentes es volver a utilizar el agua potable que viene del primer uso, es decir, del lavamanos y regadera. Esta deberá estar conectada a un drenaje independiente, separado de aguas negras.

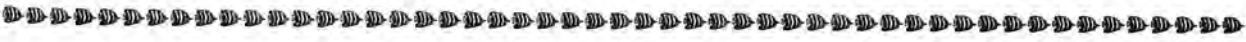
El rehuso de las aguas jabonosas con residuos de detergentes, pueden ser utilizadas para limpieza de casas habitación. El drenaje pluvial de las azoteas puede también incluirse al rehuso a de las aguas jabonosas o grises, posteriormente para su tratamiento y reciculación.



Lo anteriormente mencionado debe ser un sistema independiente, aplicarlo en fraccionamientos, colonias, edificios, casas de interés social, etc. Tomando en consideración para el tratamiento (primario) de aguas jabonosas, representa un porcentaje considerable de aprovechamiento de aguas.

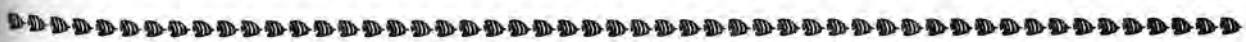
Proponer la utilización de alternativas de disposición y pretratamiento de aguas negras, el uso de sanitarios aboneros, fosas sépticas y plantas de tratamiento.

Promoción a nivel preescolar y primaria (educación ambiental), denotando la importancia de agua subterránea, agua marina, flora y fauna de diversos ecosistemas.

Demostrar por medio de alternativas, lo indispensable de la previsión para minimizar problemas a futuro.

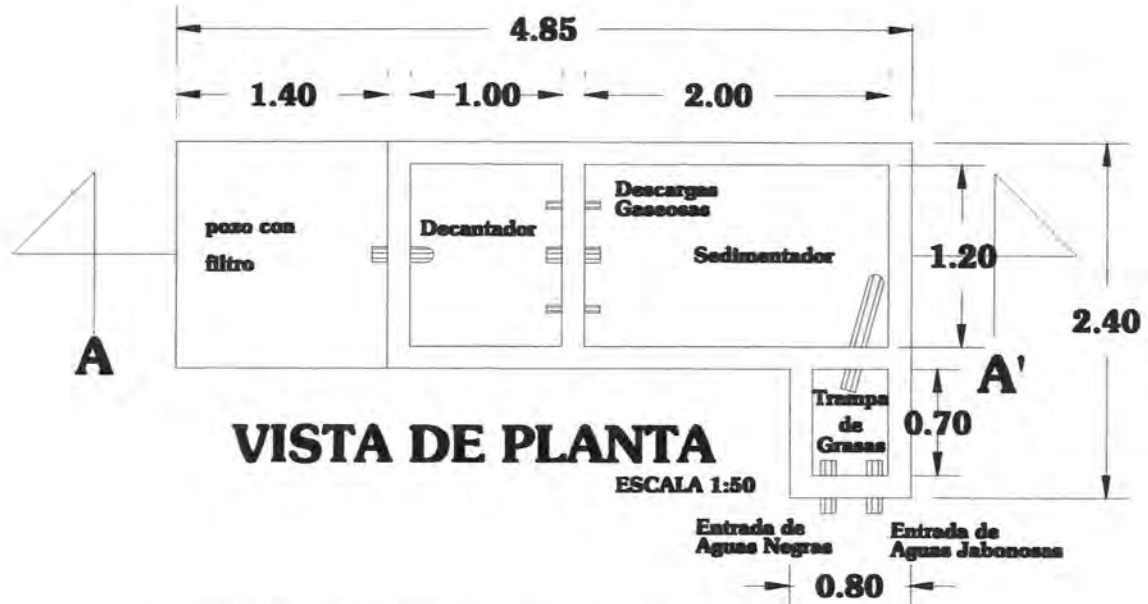
- 
11. Foster S., M. Ventura y R. Hirata. 1987. Contaminación de las aguas subterráneas, un enfoque ejecutivo de la situación en América Latina y el Caribe en relación con el suministro de agua potable. Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente. Lima, Perú. p 42.
 12. Foster, Stephen. 1996. "Motivo de preocupación". Nuestro Planeta. PNUMA (revista para el Desarrollo Sostenible del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Tomo 8. Número 3. Pág 13-14.
 13. Gibson, U. P. y R. D. Singer. 1974. Manual de los pozos pequeños. 2a. edición. Editorial Limusa Noriega. México, D.F. pp 159 -163.
 14. Hernández Muñoz, A. Hernández Lehmann, A. Galán Martínez, P. 1995. Manual de depuración Uralita. Sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20000 habitantes. Primera edición, Editorial Paraninfo, S.A. Madrid, España. 439 pp.
 15. <http://www.cepis.com>. Centro panamericano Internacional de Salud.
 16. <http://www.fao.org/noticias/1997/970103-s.htm>. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación).
 17. <http://www.who.ch/press/f-1997/fact112.htm>. OMS. Fact sheet N 112. (Revised) May 1996.
 18. <http://www.who.ch/programmes/ctd/diseases/drac/dracdis.htm>. OMS. Division of Control of Tropical Diseases.
 19. Illueca, J. y Rast, W. 1996. "Preciosa, finita e irremplazable". Nuestro Planeta. Tomo 8. Número 3. PNUMA (revista para el Desarrollo Sostenible del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Pág 19-21.
 20. Kumate, J. Morbilidad y mortalidad por diarreas en México. En : Torregrosa Ferráez, L. Olarte, J. Rodríguez Suárez, R.S. Santos Preciado, J. I. Velázquez Jones, L. 1988. Enfermedades diarreicas del Hospital Infantil de México "Federico Gómez". 9ª Edición. México, D. F. Pp 11-20.

- 
21. Lewis W.J, S. Foster y B.S Drasar. 1988. Análisis de contaminación de aguas subterráneas por sistemas de saneamiento básico. Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente. Lima, Perú. P: 82.
22. Maskew Fair, Gordon. Charles Geyer, Jhon Okun, D.A. 1996. Purificación de aguas y tratamientos, remisión de aguas residuales. Vol. 2 Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. Duodécima edición. Editorial Limusa, S.A de C.V. Grupo Noriega editores. México, D.F. PP:11-97.
23. Moeller Chávez, G. y C. Ferat Toscano. 1993. Manual de prácticas de microbiología sanitaria. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. p 138.
24. Nurul Islam. 1996. "Seguro y Sostenible". Nuestro Planeta. PNUMA (revista para el Desarrollo Sostenible del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Tomo 8. Número 4.
25. Parrilla, M.C. Saldate, E.O. Nicoli, L.M. 1981. Manual de técnicas y procedimientos de laboratorio para el análisis microbiológico de agua potable. Serie de manuales técnicos. México, D. F. Pp 8-20.
26. Platt, Anne E. 1996. "La lucha contra las enfermedades infecciosas". La Situación del Mundo 1996. Informe del Worldwatch Institute. Editorial Icaria.
27. Postel, S. 1996. "Elaboración de una estrategia sostenible del agua". La Situación del Mundo 1996. Informe del Worldwatch Institute. Editorial Icaria.
28. Quintal Franco, C. A. 1992. Propuesta para el diseño, construcción y mantenimiento de sistemas de tanques sépticos en Yucatán. Boletín Académico. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán. No. 21: pp 35-44.
29. Rheinheimer G. 1987. Microbiología de las aguas. 4a edición. Editorial Acriba. Zaragoza, España. pp 3-5.
- 

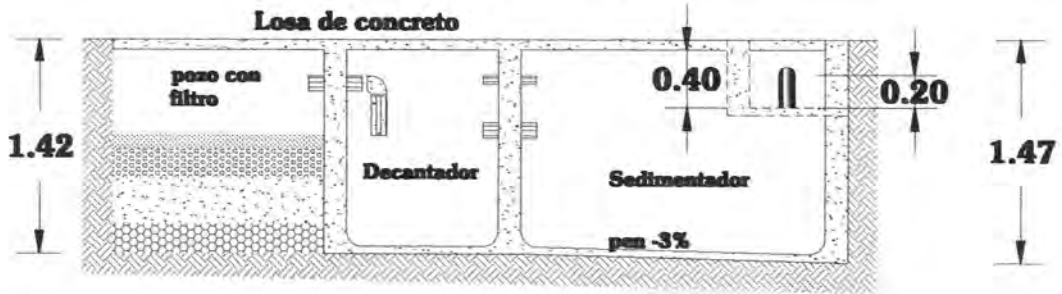
- 
30. Secretaria de Agricultura y Recursos hidráulicos. 1985. Manual de microbiología del agua. 3ª Edición. México, D.F. Pp 81-102.
 31. Secretaria de Patrimonio y fomento Industrial. 1981. Analysis of water. Determination for total and fecal coliform most probable. Dirección General de Normas. Pp 1-13.
 32. Secretaria de salubridad y Asistencia. 1973. Análisis bacteriológico del agua para el control de su potabilidad. Secretaria de Salubridad y Asistencia. Boletín Informativo. II (10):2-11.
 33. Serageldín, I. 1996. "Superando la crisis del agua". Nuestro Planeta. PNUMA (revista para el Desarrollo Sostenible del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Tomo 8. Número 3. Pág 4-7.
 34. SESA. 1987. Análisis microbiológico de aguas. Secretaria de Salud. México, D.F. Pp: 22-41.
 35. The World Health Report 1996. OMS. Ginebra.
 36. Vaca Mier, M., R. Hachel Luna, I. Kreiner, M. García Pérez, R. M. Espinosa Valdemar, y E. Nava López. 1987. Metodologías para el diagnostico de la calidad del agua, manual para el taller I de Ingeniería Ambiental. Universidad Autónoma Metropolitana. Pp: 51-56.
 37. Vidal, O. y Rast, W. 1996. "Mar y tierra". Nuestro Planeta. PNUMA (revista para el Desarrollo Sostenible del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Tomo 8. Número 3. Pág 22-24.
 38. Wijkman, A. 1996. "Elemento de la vida". Nuestro Planeta. PNUMA (revista para el desarrollo sostenible del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Tomo 8. Nº 3. Pág 8-9.

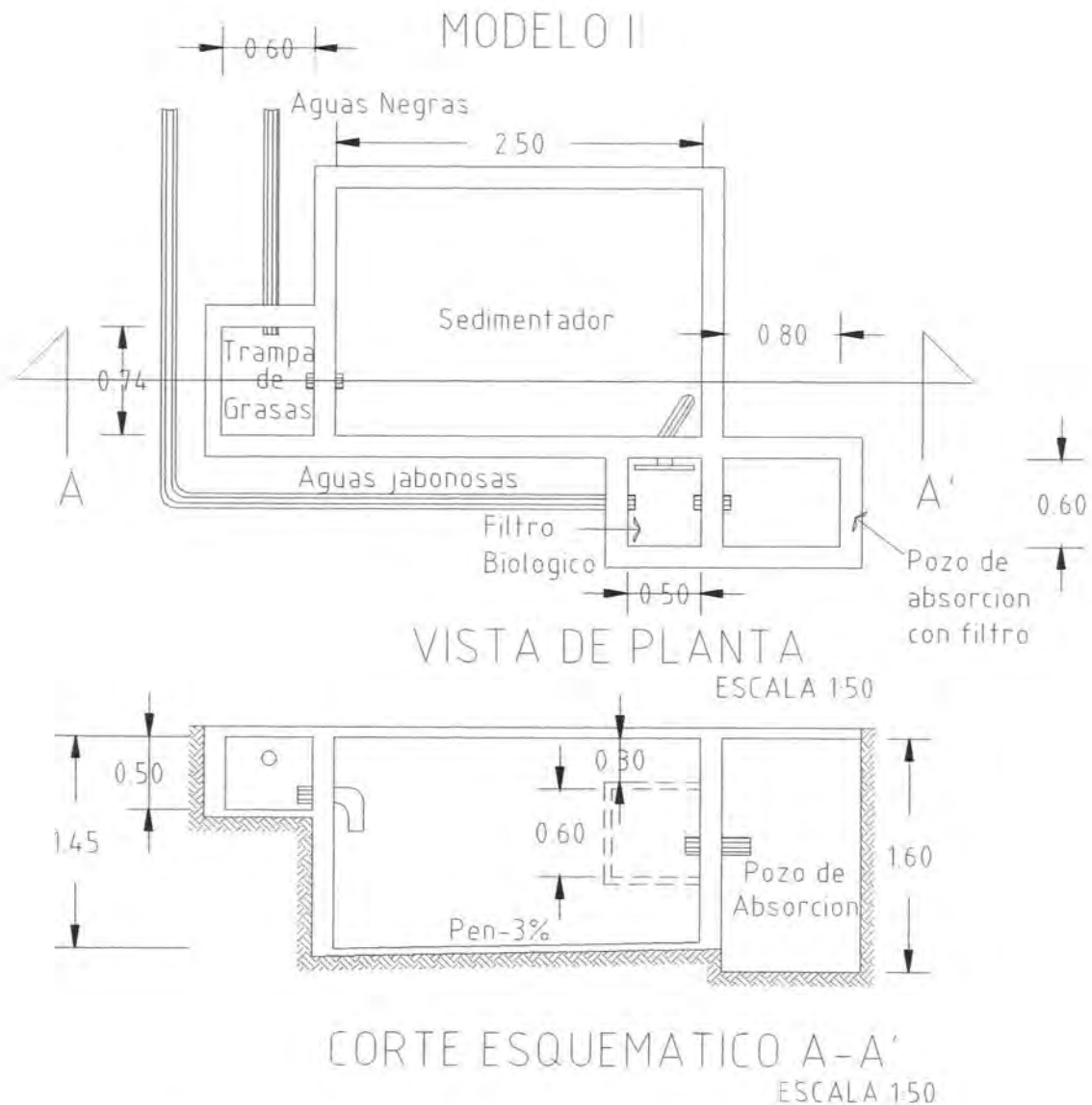


MODELO I



Notas: Todas las tuberías sanitarias serán de un \varnothing de 4" y las de conducción de gases serán de 1". Todos los muros de la fosa séptica serán de 15 cm de espesor





NOTA-

- LAS TUBERIAS SANITARIAS SERAN DE UN DIAMETRO DE 4"
- TODOS LOS MUROS DE LA FOSA SEPTICA SERAN DE 15 cms DE ESPESOR



LISTA DE TABLAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1.- Alternativas para el tratamiento de aguas residuales..... | 16 |
| Tabla 2.- superficie del terreno necesario de cada proceso unitario..... | 18 |
| Tabla 3.- Cronología de los muestreos realizados | 35 |

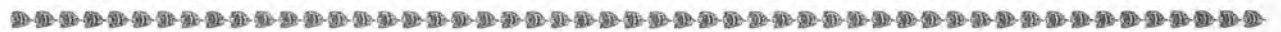
LISTA DE CUADROS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1.- Índice del NMP y límites de confianza 95% para varias combinaciones de resultados positivos cuando son usados varios número de tubos (Diluciones 0.1, 0.01, 0.001 ml)..... | 37 |
| Cuadro 2.- Coliformes totales del diseño | 44 |
| Cuadro 3.- Coliformes fecales del diseño I..... | 45 |
| Cuadro 4.- Temperatura del diseño I..... | 47 |
| Cuadro 5.- pH del diseño I..... | 49 |
| Cuadro 6.- Conductividad del diseño I..... | 51 |
| Cuadro 7 .- DBO ₅ del diseño I..... | 53 |
| Cuadro 8.- Temperatura del diseño I | |
| Cuadro 9.- Coliformes totales del diseño II..... | 55 |
| Cuadro 10.- Coliformes fecales del diseño II..... | 57 |
| Cuadro 11.- Temperatura del diseño II..... | 59 |
| Cuadro 12.- pH del diseño II..... | 61 |
| Cuadro 13.- Conductividad del diseño II..... | 63 |
| Cuadro 14 .- DBO ₅ del diseño II..... | 64 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|-------------------------------------------------|----|
| Figura 1.- Coliformes totales del diseño I..... | 45 |
| Figura 2.- Coliformes fecales del diseño I..... | 47 |
| Figura 3.- Coliformes fecales del diseño I..... | 48 |
| Figura 4.- Temperatura del diseño I..... | 49 |
| Figura 5.- pH del diseño I..... | 51 |
| Figura 6.- Conductividad del diseño I..... | 52 |
| Figura 7 .- DBO ₅ del diseño I..... | 53 |
| Figura 8.- Temperatura del diseño I..... | 55 |





| | |
|---------------------------------------------------|----|
| Figura 9.- Coliformes totales del diseño II..... | 56 |
| Figura 10.- Coliformes fecales del diseño II..... | 57 |
| Figura 11.- Temperatura del diseño II..... | 58 |
| Figura 12.- pH del diseño II..... | 59 |
| Figura 13.- Conductividad del diseño II..... | 61 |
| Figura 14 .- DBO ₅ del diseño II..... | 63 |

