

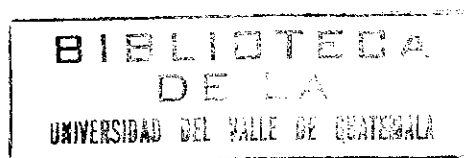
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

**Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Civil**

**“COSTO Y DISEÑO DE PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA
ALDEA SANTA RITA,
GUASTATOYA, EL PROGRESO”**

ERICK FERNANDO LICONA NUÑEZ

**Guatemala
2000**



**“COSTO Y DISEÑO DE PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA
ALDEA SANTA RITA,
GUASTATOYA, EL PROGRESO”**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

**Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Civil**

**“COSTO Y DISEÑO DE PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA
ALDEA SANTA RITA,
GUASTATOYA, EL PROGRESO”**

ERICK FERNANDO LICONA NUÑEZ

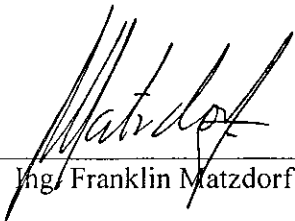
**Trabajo de graduación presentado para optar al
Título de Ingeniero Civil, en el grado de Licenciado.**

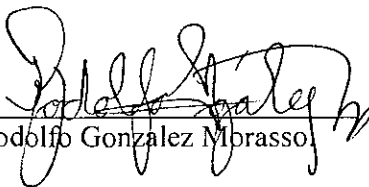
**Guatemala
2000**

Vo.bo.:

(f) _____
Ing. Rafael Girón Mendez.

Tribunal:

(f) _____

Ing. Franklin Matzdorf

(f) _____

Ing. Rodolfo Gonzalez Mbrasso

(f) _____
Ing. Rafael Girón Mendez.

Fecha de aprobación: 30 de octubre del 2000

DEDICATORIA

Esforzándome siempre para seguir su camino, dedico este triunfo a Dios, a quien tengo mucho que agradecerle por ser mi guía y mi sostén.

A mis padres, Miguel y Conchita, por entregarme siempre ese apoyo incondicional lleno de amor, corrigiéndome y guiándome cuando era necesario.

A mis hermanos, Miguelito, Estuardo y David, siempre siendo mis mejores amigos en quienes yo he podido confiar, dándome consejos sabios que solo ellos con su cariño pudieron brindarme.

A mis abuelitos, José, Felipe, Gloria, Coni y especialmente a Tomas Núñez Aguilar, por ser esa persona ejemplar, instándome a luchar, a confiar en mi para triunfar en los caminos de la vida.

A mi futura esposa, Irma Lucia Toledo (MALU), por ser una persona muy especial y motivadora, llenando ese vacío en mi corazón.

A mis catedráticos, autoridades de la Universidad del Valle de Guatemala, especialmente al Ing. Franklin Matzdorf por el apoyo, calidad humana y positividad que le distinguen. Al Ing. Rafael Girón Méndez por su paciencia, ayuda, apoyo y asesoramiento en este trabajo, en mi carrera universitaria que me brindo incondicionalmente.

A mis amigos, por los momentos convividos como una gran familia.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE TABLAS.....	xv
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	xvi
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
1. Objetivos Generales	
2. Objetivos Especificos	
III. MARCO TEORICO	
1. Aspecto y Composición de las Aguas Negras.....	5
2. Tipos de Tratamientos.....	7
3. Tratamientos Preliminares.....	9
4. Tratamientos Primarios.....	14
5. Drenado del Lodo	20
6. Pozo de Absorción	21
7. Sistema con Plantas de Tratamiento Prefabricadas.....	23
8. Disposición de las Aguas Negras.....	26
9. Valor de las Aguas Negras.....	28
IV. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO	29
V. DESCRIPCIÓN DEL ÀREA DE ESTUDIO	31
VI. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	35
VII. DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO.....	39
VIII. COSTO PLANTA DE TRATAMIENTO ALDEA SANTA RITA, GUASTATOYA, EL PROGRESO	43
IX. CONCLUSIONES.....	55
X. RECOMENDACIONES.....	57
XI. BIBLIOGRAFÌA	59
XII. ANEXOS.....	61

LISTA DE TABLAS

TABLA	Página
1. Datos Típicos de constituyentes en el Agua Residual Doméstica	6
2. Características de rejas de barras.....	10
3. Criterios típicos de diseño de tanques Imhoff.....	16
4. Áreas sugeridas de absorción para pozos de absorción	22
5. Dimensiones de pozo de absorción para el área de absorción en metros cúbicos.....	23
6. Cuadro de análisis de remoción de contaminantes.....	42

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN	Página
1. Descarga de aguas negras quebrada Santa Rita Afluente que contamina el Río Motagua.....	29
2. Aguas Negras dentro de la Aldea Santa Rita.....	29
3. Aguas Negras dentro del casco urbano Aldea Santa Rita.....	30
4. Puente colgante de Aguas Negras Sobre quebrada Santa Rita.....	30
5. Mapa geográfico ubicación de Aldea Santa Rita	31
6. Mapa ubicación Aldea Santa Rita	31
7. Área seleccionada para construcción de planta de tratamiento.....	32
8. Afluente de Aguas Negras que contamina el Río Motagua quebrada Santa Rita	33

I. INTRODUCCIÓN

El agua es el mayor constituyente de la materia viviente. Entre el 50 al 90 por ciento del peso de organismos vivientes es agua. Para poder ingerir agua, ésta no debe estar contaminada. Últimamente los gobiernos de todos los países del mundo, han estado buscando formas de evitar el problema de la contaminación de la atmósfera, ríos, lagos, océanos, y agua subterránea producidas por aguas domésticas, municipales, industriales y de agricultura.

El origen, la composición y la cantidad de material contaminante está relacionado con los diferentes patrones de la vida. Cuando el material contaminante entra al agua, al producto resultante se le llama agua residual.

El agua residual se origina principalmente en casas, industrias, agua subterránea y por efectos meteorológicos, a estas formas de aguas residuales comúnmente se les llama: agua doméstica, desperdicios industriales, infiltración y agua pluvial.

El agua doméstica es el resultado de las actividades diarias, como bañarse, preparación de alimentos, promediando cerca de 227 litros casi 60 galones por persona diariamente. La cantidad y las características de los desperdicios industriales varía mucho, dependiendo del tipo de industria, la forma de uso del agua, y el grado de tratamiento que haya recibido antes de ser desechada. En las industrias se utiliza menor agua, si la anterior es reciclada.

La infiltración ocurre cuando las líneas de drenaje están colocadas debajo de fuentes de aguas superficiales. En lo que al agua pluvial respecta, ésta depende del área en donde se está trabajando, debido a que los efectos meteorológicos son diferentes para cada zona.

Un área metropolitana típica tiene un volumen de descarga de agua residual igual al 60 a 80 por ciento del total de requerimientos de agua, el resto se usa para lavar carros, regar y para procesos de fabricación.

Tomando todo lo anterior en cuenta y sabiendo de la importancia del agua para el ser humano, nació el interés para elaborar métodos para el tratamiento del agua residual acorde a las necesidades del lugar.

El siguiente trabajo se basa en la necesidad de proteger las fuentes de agua de la aldea Santa Rita, municipio de Guastatoya departamento de El Progreso, y las fuentes de agua de aldeas vecinas, así como evitar la contaminación del río Motagua. En esta comunidad el proyecto de drenajes sanitarios está en fase de construcción.

Para ello se elaboró un estudio sobre los diferentes tipos de plantas de tratamiento y cuál es el más adecuado para dicha población, tomando en cuenta la cantidad de habitantes, industrias y sus formas de vida.

Para seleccionar el tipo de planta de tratamiento a construir se debe tomar en cuenta el resguardo la protección de los mantos de agua, así como también el aspecto económico de los lugareños, para que se le dé una excelente atención de mantenimiento, sin que sea muy oneroso.

II. OBJETIVOS

1. Objetivos generales

- 1.1. Resguardar el medio ambiente de contaminación, tanto física como química.
- 1.2. Concientización de la población sobre la importancia del adecuado manejo de las aguas residuales.

2. Objetivos específicos

- 2.1. Diseño acorde a la necesidad de tratamiento del agua, combinando el factor económico.
- 2.2. Obtener un diseño de planta de tratamiento con un período de diseño de diez años, con resultados adecuados a la remoción de contaminantes.
- 2.3. Establecer bases de mantenimiento necesario para el buen funcionamiento de la planta.

III. MARCO TEÓRICO

1. ASPECTO Y COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS NEGRAS

Las aguas negras son líquidos turbios que contienen material sólido en suspensión. Cuando son frescas, su color es gris y tienen un olor a moho no desagradable. En ellas flotan cantidades variables de materia: sustancias fecales, trozos de alimentos, basura, papel, astillas y otros residuos de las actividades cotidianas de los habitantes de una comunidad. Con el transcurso del tiempo, el color cambia gradualmente del gris al negro, desarrollándose un olor ofensivo y desagradable; y aparecen sólidos negros flotando en la superficie o en todo el líquido. En este estado se denominan aguas negras sépticas.

Las aguas negras son las que se originan por los desechos propios de la actividad vital de una población. En su composición figuran sólidos orgánicos disueltos y suspendidos los cuales son putrescibles y por lo tanto sujetos a degradación.

La cantidad de sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos, en las aguas negras, les dan lo que frecuentemente se conoce como su fuerza. En realidad, la cantidad o concentración de sólidos orgánicos, así como su capacidad para degradarse o descomponerse, son la parte principal de la fuerza de unas aguas negra. A mayor concentración de sólidos orgánicos corresponde mayor fuerza de las aguas negras. Por lo tanto, se puede definir que las aguas negras fuertes son las que contienen gran cantidad de sólidos, especialmente de sólidos orgánicos y las aguas negras débiles las que contienen pequeñas cantidades de sólidos orgánicos.

La tabla 1 presenta datos típicos de los constituyentes encontrados en el agua residual doméstica. Tomando en cuenta los constituyentes y sus concentraciones podemos clasificar el agua residual como débil, media y fuerte.

La composición de los caudales de aguas residuales de una comunidad depende del tipo de sistema de recogida que se emplee, y puede incluir los siguientes componentes:

- Agua residual doméstica (o sanitaria): Procedente de zonas residenciales o instalaciones comerciales, públicas y similares.
- Agua residual industrial: Agua residual en la cual predominan vertidos industriales.
- Infiltración y aportaciones incontroladas: Agua que entra tanto de manera directa como indirecta en la red de alcantarillado. La infiltración hace referencia al agua que penetra en el sistema a través de juntas defectuosas, fracturas y grietas, o paredes porosas. Las aportaciones incontroladas corresponden a aguas pluviales que se descargan a la

red por medio de alcantarillas pluviales, drenes de cimentaciones, bajantes de edificios y tapas de pozos de registro.

- Aguas pluviales: Agua resultante de la escorrentía superficial.

TABLA 1

Datos Típicos de Constituyentes en el Agua Residual Doméstica

CONTAMINANTES	UNIDADES	DEBIL	MEDIA	FUERTE
Sólidos totales (ST)	mg/l	350	720	1,200
Disueltos, totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	800	165	275
Sólidos sedimentables	ml/l	5	10	20
<i>Demanda bioquímica de oxígeno, mg/l:</i>				
5 días, 20°C (DBO ₅ , 20°C)	mg/l	110	220	400
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	80	160	290
Demanda química de oxígeno (DQT)	mg/l	250	500	1,000
Nitrógeno (total en la forma N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoníaco libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros ^a	mg/l	30	50	100
Sulfato ^a	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes totales ^b	n.°/100 ml	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹

(Ingeniería de aguas residuales, 1996)

Es muy importante la promoción de la limpieza y eliminación de las inmundicias y desechos hasta un área alejada del centro de actividad. Sólo con estas prácticas puede mantenerse el medio ambiente en condiciones aceptables e inocuas. Es necesario contar con

procedimientos regulados adecuadamente para disponer de las aguas negras, a fin de proteger la salud de la población y mantener la limpieza del medio ambiente para el bienestar de los habitantes.

Todas las aguas negras tienen que ser evacuadas o dispuestas. Algunas se sujetan a diferentes tipos de tratamiento antes de su disposición y otras no reciben tratamiento antes de evacuarlas, únicamente son desechadas.

El propósito del tratamiento de las aguas negras, previo a su disposición por dilución, consiste en separar de ellas la cantidad suficiente de sólidos que permita que los que queden al ser descargados a las aguas receptoras no interfieran con el mayor o más adecuado empleo de éstas, tomando en cuenta la capacidad de las aguas receptoras para asimilar la carga que se agregue. Los sólidos que se eliminan son principalmente orgánicos, pero se incluyen también sólidos inorgánicos. Como el mayor empleo de las aguas receptoras puede variar desde ser un agua para beber o para fines culinarios, la cantidad o grado de tratamiento que se dé a las aguas negras o a los desechos debe variar de acuerdo con ello. Debe procurarse un tratamiento para los sólidos y líquidos que se eliminan como lodos, y puede también necesitarse un tratamiento para controlar los olores, para retardar las actividades biológicas o destruir los organismos patógenos.

2. TIPOS DE TRATAMIENTOS

A pesar de que son muchos los métodos usados para el tratamiento de las aguas negras, todos pueden incluirse dentro de los cinco procesos siguientes: Tratamiento preliminar, Tratamiento primario, Tratamiento secundario, Cloración y Tratamiento avanzado.

La eficiencia del tratamiento depende de la calidad de diseño, operación de la planta, del tipo y concentración de las aguas negras.

2.1. Tratamiento Preliminar. Es el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares. Los dispositivos para el tratamiento preliminar están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, a eliminar los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas. En algunos casos como, en la disposición por dilución en aguas marinas, pueden ser suficientes los resultados que se logren por el tratamiento preliminar. Para alcanzar los objetivos de un tratamiento preliminar se emplean comúnmente los siguientes dispositivos: Rejas de barras, Desmenuzadores, ya sea molinos, cortadoras o trituradoras, Desarenadores y Tanques de preaeración.

2.2. Tratamiento Primario. Constituye el primero, y a veces el único tratamiento de los desechos. Este proceso elimina los sólidos flotantes y los sólidos en suspensión, tanto finos como gruesos, aproximadamente de 40 a 60 por ciento, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. Cuando se agregan ciertos productos químicos en los tanques primarios, se eliminan casi todos los sólidos coloidales, así como los sedimentables, eliminando de esta manera el 80 a 90 por ciento de los sólidos suspendidos. La actividad biológica en las aguas negras durante este proceso tiene escasa importancia.

El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario, consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas negras para que puedan sedimentarse los sólidos. Por consiguiente, a estos dispositivos se les puede distinguir bajo el nombre de tanques de sedimentación. Debido a la diversidad de diseños y operaciones, los tanques de sedimentación pueden dividirse en cuatro grupos generales:

- Tanques sépticos
- Tanques de doble acción, como son los de Imhoff
- Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos
- Clarificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos

En muchos casos el tratamiento primario es suficientemente adecuado para que se pueda permitir la descarga del afluente a las aguas receptoras, sin que se interfiera con el uso adecuado subsecuente de dichas aguas.

2.3. Tratamiento Secundario. Este tratamiento aplica métodos biológicos a las aguas del tratamiento primario. El tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aeróbicos, para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables. Se pueden dividir en los siguientes cuatro grupos:

- Filtros goteadores con tanques de sedimentación secundaria
- Tanques de aereación: Lodos activados con tanques de sedimentación simple y abstracción por contacto.
- Filtros de arena intermitentes
- Estanques de estabilización

2.4. Cloración. Este método puede emplearse en todas las etapas de un tratamiento de aguas negras y aun antes del tratamiento preliminar. Generalmente se aplica el cloro a las aguas negras con los siguientes propósitos:

- Desinfección o destrucción de organismos patógenos
- Prevención de la descomposición de las aguas negras para: controlar el olor, proteger de las estructuras de la planta
- Como auxiliar en la operación de la planta para: La sedimentación, en los filtros goteadores, el abultamiento de los lodos activados.
- Ajuste o abatimiento de la demanda bioquímica de oxígeno.

2.5. Tratamiento Avanzado: Es el nivel de tratamiento necesario, más allá del tratamiento secundario convencional, para la eliminación de constituyentes de las aguas residuales que merecen especial atención, como los nutrientes, los compuestos tóxicos y los excesos de material orgánico o de sólidos en suspensión. Además de los procesos de eliminación de nutrientes, otros procesos utilizados en los tratamientos avanzados son la coagulación química, floculación, y sedimentación seguida de filtración y carbono activado. Para la eliminación de iones específicos y para la reducción de sólidos disueltos, se emplean métodos menos comunes, como el intercambio iónico o la osmosis inversa. También se emplea este tratamiento para la reutilización de las aguas residuales para las que es preciso conseguir afluentes de alta calidad, como puede ser el caso del agua empleada para refrigeración industrial o para la recarga de aguas subterráneas.

3. TRATAMIENTOS PRELIMINARES

3.1. Rejas de barras: Es el primer paso para el tratamiento de las aguas negras y se utilizan para eliminar cuerpos flotantes y sólidos suspendidos de grandes dimensiones para proteger bombas, válvulas, conducciones y otros elementos contra los posibles daños y obturaciones.

Los diferentes tipos de residuos que son separados en las rejas consisten en desechos tales como piedras, ramas, trozos de chatarra, papel, raíces de árboles, plásticos y trapos. También se puede separar materia orgánica. El contenido en trapos puede ser importante, y se ha estimado visualmente que representa entre el 60 por ciento y el 70 por ciento del volumen total de residuos en rejas de 25 a 100 mm de separación entre barras respectivamente.

Las rejas de barras se pueden limpiar manual o mecánicamente, a continuación se presenta un cuadro comparativo de las características de cada tipo.

La práctica reciente tiende a la instalación de rejas de limpieza mecánica incluso en instalaciones de pequeño tamaño, no sólo con el objeto de reducir el trabajo manual necesario

para la limpieza de las rejas y eliminación de basuras, sino también para evitar los reboses y desbordamientos que se producen por la obturación de aquellas.

TABLA 2
Características de rejas de barras

CARACTERÍSTICAS	LIMPIEZA MANUAL	LIMPIEZA MECÁNICA
Tamaño de la barra:		
Anchura, mm	5-15	5-15
Profundidad, mm	25-37.5	25-37.5
Separación entre barras, mm	25-50	15-75
Pendiente en relación a la vertical, grados	25-50	50-82.5
Velocidad de aproximación, m/s	0.45	0.4-0.9
Pérdida de carga admisible, mm	150.00	150

(Tratamiento y Depuración de las aguas residuales, 1981)

3.1.1. Rejas de limpieza manual. Las rejas de este tipo se emplean, frecuentemente, en pequeñas estaciones de bombeo de agua residual antes de las bombas. Al utilizar este tipo de rejas su longitud no deberá exceder 3m. Las barras que conforman la reja no suelen exceder los 10 mm de anchura por 50 mm de profundidad. Las barras van soldadas a unos elementos de separación situados en la cara posterior, fuera del recorrido del peine rascador. El canal en donde se ubica la reja se debe proyectar de modo que se evite la acumulación en el mismo de arenas y demás materiales pesados, tanto antes como después de la reja. La pendiente del canal debe ser horizontal o descendiente en la dirección de circulación a través de la reja, sin baches o imperfecciones en las que pudieran quedar atrapados algunos sólidos. Con objeto de procurar suficiente superficie de reja para la acumulación de residuos en los períodos entre operaciones de limpieza, es esencial que la velocidad de aproximación se limite aproximadamente 0.45 m/s a caudal medio. La sección adicional necesaria para limitar la velocidad se puede obtener ensanchado el canal en la zona de ubicación de la reja y colocándola con una inclinación más suave para aumentar la superficie sumergida. El diseño estructural de la reja deberá ser el adecuado para evitar su rotura en caso de que llegue a taponarse completamente.

3.1.2. Rejas de limpieza mecánica. Las rejas de limpieza mecánica se han venido empleando en las plantas de tratamiento de aguas residuales desde hace más de cincuenta años. El proyecto de las rejas ha evolucionado a lo largo de los años con el objeto de reducir los problemas de explotación y mantenimiento.

Las rejas de limpieza mecánica se dividen en cuatro tipologías principales: Rejas de funcionamiento mediante cadenas, el más frecuente, rejas de movimiento oscilatorio, catenarias, y rejas accionadas mediante cables.

3.1.2.1. Proyecto de instalaciones de rejas de limpieza mecánica. En la mayoría de las plantas, se suele disponer un mínimo de dos unidades de rejas, de modo que sea posible dejar una de ellas fuera de servicio para realizar las labores de mantenimiento. Asimismo, es conveniente la instalación de compuertas de canal aguas arriba y abajo de cada reja, de modo que sea posible dejar la unidad en seco, para llevar a cabo operaciones de pintado, sustitución de algún cable o cadena, cambio de dientes, eliminación de obstrucciones, y enderezamiento de barras dobladas. Si sólo se instala una unidad, es imprescindible incorporar un canal de bypass con una reja de limpieza manual para su uso en casos de emergencia.

El canal de la reja se debe proyectar de forma que se evite la acumulación y sedimentación de arenas y otros materiales pesados. Para reducir al mínimo la deposición de sólidos en el canal, se recomiendan velocidades de acumulación superiores a 0,4 m/s para evitar el arrastre de basuras a través de las rejas.

Normalmente, los residuos extraídos por el mecanismo de limpieza se descargan directamente a una tolva o a un contenedor, a una mesa de clasificación, o a un compactador de basuras. En instalaciones con múltiples unidades, los residuos se pueden descargar a una cinta transportadora o a un sistema de evacuación neumático para su transporte a una tolva de almacenamiento, compactador o incinerador, común para todas ellas. Como alternativa a este procedimiento, para triturar y desmenuzar las basuras, se pueden emplear dispositivos trituradores. Una vez triturados, los residuos se reintegran al agua residual. Para la protección de los mecanismos de la parte superior de las rejas situada por encima del nivel del agua, es conveniente instalar casetas metálicas con puertas de acceso.

3.2. Trituradores. Consisten en unos dispositivos que Trituran el material retenido en la reja, sin eliminarlo del agua residual. El dispositivo consta de una reja tipo tambor giratorio de eje vertical provisto de ranuras de 6 mm en las máquinas pequeñas, y de 10mm en

las grandes. El tambor, que funciona casi sumergido, está provisto de unos dientes cortantes de estelita y unas barras cizalla recubiertas asimismo de estelita.

El material de tamaño superior a las ranuras del tambor es cortado por dichos dientes y barras de tambor giratorio cuando se le hace pasar por un peine fijo. Las pequeñas partículas cizalladas atraviesan las ranuras del tambor y salen por una abertura en el fondo, mediante un sifón invertido hacia el canal aguas abajo.

Los dispositivos trituradores pueden ir precedidos de desarenadores, cuyo objeto es alargar la vida del equipo y reducir el desgaste de las superficies cortantes y de aquellas otras zonas de los mecanismos donde haya un pequeño espacio libre entre las partes fijas y móviles. Suelen instalarse en el depósito de regulación de las estaciones de bombeo para proteger las bombas contra las obstrucciones causadas por trapos y objetos grandes, especialmente en ciudades pequeñas servidas por alcantarillado tipo unitario que aportan un mínimo de arena. Es preciso proveer de by-pass a los trituradores para el caso de que se presenten caudales que excedan la capacidad de la instalación, y también en caso de fallo mecánico o corte eléctrico.

3.3. Desarenadores. Las aguas negras contienen, por lo general, cantidades relativamente grandes de sólidos inorgánicos como arena, cenizas y grava, a los que generalmente se les llama arena.

Las arenas pueden dañar las bombas por abrasión y causar serias dificultades operatorias en los tanques de sedimentación y en la digestión de los lodos o acumularse alrededor de las salidas causando obstrucciones. Por esta razón es práctica común eliminar este material por medio de las cámaras desarenadoras.

Los desarenadores se diseñan en forma de grande canales. En estos canales la velocidad disminuye lo suficiente para que se depositen los sólidos inorgánicos pesados manteniéndose en suspensión el material orgánico. Los desarenadores de canal deben diseñarse de manera que la velocidad se pueda controlar para que se acerque lo más posible a 30 cm. por segundo. El tiempo de retención debe basarse en el tamaño de las partículas que deben separarse y generalmente, varía de 20 segundos a un minuto. Esto ultimo se logra al instalar varios desarenadores para que el flujo se ajuste a ellos mediante vertederos proporcionales colocados al final de cada canal o mediante otros dispositivos que permitan regular la velocidad de flujo.

Los desarenadores se diseñan para ser limpiados a mano o mecánicamente. Cuando se limpian manualmente, se provee generalmente espacio para el almacenamiento de las arenas

depositadas. Los desarenadores para plantas de tratamiento de desechos provenientes de alcantarillado combinado, deben tener al menos dos unidades que se limpien manualmente o una unidad de limpieza mecánica provista de una derivación auxiliar. Se recomienda el uso de las unidades de limpieza mecánica. En las pequeñas plantas de tratamiento que dan servicio a sistemas de alcantarillado sanitario son aceptables los desarenadores simples de limpieza manual con derivación auxiliar.

3.3.1. Lavado de las arenas. Las arenas siempre contienen algo de materia orgánica que se descompone y da origen a olores. Para que se facilite la eliminación económica de las arenas sin causar molestias, la materia orgánica se lava a veces de las arenas y se regresa a las de las aguas negras.

Las aguas negras estrictamente domésticas que se conectan en las alcantarillas bien construidas contendrán muy pocas arenas, mientras que las aguas negras combinadas arrastrarán grandes volúmenes de arena alcanzando su máximo en épocas de fuertes temporales. Por regla general puede esperarse un volumen de arena de 7 a 30 litros por cada 1,000 metros cúbicos.

3.3.2. Operación. Los desarenadores de limpieza manual que se usan con aguas negras combinadas, deben limpiarse después de cada temporal fuerte. En condiciones normales de trabajo estos desarenadores deben limpiarse cuando las arenas depositadas llenen un 50 a 60 por ciento del espacio de almacenamiento.

Cuando se usen unidades de limpieza mecánica, deben limpiarse a intervalos regulares, para evitar una carga indebida sobre el mecanismo limpiador.

Un marcado olor de las arenas significa que se está depositando demasiada materia orgánica en el desarenador. Si los lodos del tanque de sedimentación son excesivamente ricos en materia inorgánica, o si es demasiado grande la carga en las bombas, en los desmenuzadores, en los colectores de lodo o en otro equipo, la razón más probable será un funcionamiento deficiente del desarenador y debe llevarse a cabo un estudio de dicha unidad.

3.3.3. Eliminación del material retenido en las rejas y el desarenador. El material retenido en las rejas o cribas se descompone rápidamente produciendo olores desagradables. Este material debe recolectarse en botes cubiertos, junto a las cribas, y retirarse o pasarlo a los desmenuzadores. Las arenas que contengan mucha materia orgánica pueden enterrarse para impedir las molestias del olor.

3.4. Tanques de Preaeración. A veces se procura una preaeración de las aguas negras, es decir, una aeración antes del tratamiento primario, para lograr lo siguiente:

- 1) Obtener una mayor eliminación de sólidos suspendidos, en los tanques de sedimentación.
- 2) Ayudar a la eliminación de grasas y aceites que arrastren las aguas negras.
- 3) Refrescar las aguas negras sépticas antes de llevar a cabo el tratamiento.
- 4) Disminuir la DBO.

La preaeración se logra introduciendo aire en las aguas negras en un periodo de 20 a 30 minutos a la velocidad que se determine. Esto puede llevarse a cabo forzando el paso de aire comprimido a través de las aguas negras, generalmente a razón de 0.75 litros de aire por litros de aguas negras (0.10 cu. ft. por galón) cuando la operación dura 30 minutos, o por agitación mecánica para agitar las aguas negras de manera que se pongan continuamente en contacto con la atmósfera nuevas superficies que absorban el aire. Para garantizar una agitación adecuada, cuando se inyecta aire comprimido a través de las aguas negras, el aire se suministra a razón de 100 a 400 litros por minuto y por metro lineal de tanque o de canal (1.0 a 4.0 pies cúbicos por minuto y por pie lineal). Cuando el aire que se usa para la agitación mecánica (ya sea empleando productos químicos o no), se emplea también para el propósito adicional de disminuir aún más la DBO, el tiempo de retención debe ser de 45 minutos, cuando menos, al gasto especificado. La agitación de las aguas negras en presencia de aire, tiende a aglomerar o flocular los sólidos suspendidos más ligeros, formándose masas más pesadas que se asientan mas rápidamente en los tanques de sedimentación. También contribuye a la separación de la grasa o el aceite de las aguas negras y sus sólidos llevándolos a la superficie. Por la adición de aire, se restauran también las condiciones aerobias en las aguas negras sépticas, favoreciendo el tratamiento subsecuente.

4. TRATAMIENTOS PRIMARIOS

4.1. Tanques Sépticos. Este tanque es uno de los más antiguos dispositivo de tratamiento primario que se usaron. Está diseñado para mantener a las aguas negras a una velocidad muy baja y bajo condiciones anaerobias, por un período de 12 a 24 horas, durante el cual se efectúa una gran eliminación de sólidos sedimentables. Estos sólidos se descomponen en el fondo del tanque, produciéndose gases que arrastran a los sólidos y los obligan a subir a la superficie, permaneciendo como una nata o capa hasta que escapa el gas y vuelven a sedimentarse. Esta continua flotación y subsiguiente sedimentación de los sólidos los lleva con la corriente de aguas negras hasta la salida, por lo que eventualmente salen algunos sólidos con el efluente, frustrando así parcialmente el propósito del tanque. Debido a los largos

períodos de retención y a la mezcla con los sólidos en descomposición, las aguas negras salen del tanque en una condición séptica que dificulta el tratamiento secundario.

Los tanques sépticos ya no se usan, excepto en instalaciones muy pequeñas. Sin embargo, se emplean comúnmente en residencias aisladas, en pequeñas instituciones o escuelas, donde puede disponerse del efluente del tanque por el método subsuperficial o cuando el factor de dilución en aguas receptoras es muy alto. En estas condiciones, tienen la ventaja de requerir una atención mínima, bastando solamente una limpieza ocasional de lodos y natas.

4.2. Tanques de Doble Acción. Estos tanques se idearon para corregir los dos defectos principales del tanque séptico, en la forma siguiente:

- Impedir que los sólidos que se han separado de las aguas negras se mezclen nuevamente con ellas, permitiendo la retención de estos sólidos para su descomposición en la misma unidad.
- Proporcionar un efluente adaptable a un tratamiento ulterior.

El contacto entre las aguas negras y los lodos que se digieren anaeróbicamente queda prácticamente eliminado y disminuye el periodo de retención en el tanque.

4.3. Tanque Imhoff. Consiste en un tanque de dos pisos en el que la sedimentación se produce en el compartimiento superior y la digestión de los sólidos sedimentados en el inferior. Puede ser rectangular o circular, y se divide en tres compartimientos o cámaras que son:

- La sección superior que se conoce como cámara de derrame continuo o compartimiento de sedimentación.
- La sección inferior que se conoce como cámara de digestión de los lodos
- El respiradero y cámara de natas

Es deseable que se pueda invertir la dirección del flujo, para evitar el depósito excesivo de sólidos en un solo extremo de la cámara de derrame continuo. Invertiendo el flujo cada mes se logrará que los lodos se acumulen por parejo en todo el fondo del tanque.

Durante la operación, todas las aguas negras fluyen a través del compartimiento superior. Los sólidos se depositan en el fondo de este compartimiento, que tiene pendientes de aproximadamente 1.4 unidades en el sentido vertical para una horizontal, resbalando y pasando por una ranura que hay en el fondo. Una de las partes inclinadas del fondo se prolonga cuando menos unos 15 cm. más allá de la ranura, lo cual hace de trampa que impide que los gases o partículas de lodos en digestión que hay en la sección inferior, se pongan en

contacto con las aguas negras que hay en la sección superior. Los gases y partículas ascendentes de lodo son desviados hacia la cámara de natas y respiradero. Esto elimina la principal desventaja del tanque séptico. Las ventilas deben tener una superficie cuando menos un 20 por ciento de la superficie total de tanque.

TABLA 3
Crterios Típicos de Diseño de Tanques Imhoff

<i>Parámetros de diseño</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>	
		<i>Intervalo</i>	<i>Típico</i>
<i>Compartimiento de sedimentación</i>			
Carga de superficie horaria punta	m ³ /m ² ·h	1.0-1.7	1.36
Tiempo de detención	H	2-4	3
Longitud/Anchura	Relación	2:1-5:1	3:1
Pendiente del compartimiento de Sedimentación	Relación	1.25:1 a 1.75:1	1.5:1
Abertura de comunicación entre Compartimientos	Cm	15-30	25
Longitud del saliente	Cm	15-30	25
Deflector de espumas			
Por debajo de la superficie	Cm	25-40	30
Por encima de la superficie	Cm	30	30
Resguardo	Cm	45-60	60
Zona de ventilación de gases			
Superficie	% de la superficie total	15-30	20
Anchura de la abertura	Cm	45-75	60
Compartimiento de digestión			
<i>Volumen (sin calefacción)</i>		<i>Capacidad de almacenamiento</i>	<i>Fango correspondiente a 6 mese</i>
Volumen	m ³ /hab	0.05-0.1	0.07
Tubería de extracción de fangos	Cm	20-30	25
Distancia libre hasta el nivel de fango	Cm	30-90	60
Profundidad del tanque			
Altura desde la superficie libre del Líquido hasta el fondo del tanque	M	7.25-9.5	9

(Ingeniería de Aguas Residuales, 1996)

En los lugares fríos es recomendable iniciar la operación de estos tanques en la primavera o a principios de verano, cuando la temperatura en el compartimiento de lodos es lo suficientemente alta para promover una digestión rápida.

4.3.1. Operación del tanque de Imhoff. No habiendo partes mecánicas en estos tanques, debe prestarse atención a lo siguiente:

- Eliminar diariamente las grasas, natas y sólidos flotantes, del compartimiento de sedimentación.
- Raspar semanalmente los lados y fondos inclinados del compartimiento de sedimentación, con un cepillo de goma, para quitar los sólidos que se hayan adherido y que pueden descomponerse.
- Limpiar semanalmente la ranura del compartimiento de sedimentación. Esto puede hacerse con una rastra de cadena.
- Cambiar el sentido del flujo cuando menos una vez al mes, cuando así este previsto en el diseño del tanque.
- Controlar la nata en la cámara de natas, rompiéndola por medio de chorros de mangueras a presión, manteniéndola húmeda con aguas negras del compartimiento de sedimentación y quitándola cuando su espesor llegue a unos 60 o 90 cm.
- La descarga de lodos debe hacerse antes de que su nivel llegue a estar cerca de 45 cm. de distancia de la ranura del compartimiento de sedimentación. Es mejor descargar pequeñas cantidades con frecuencia, que grandes cantidades dejando pasar mucho tiempo. Los lodos deben descargarse a una velocidad moderada y regular para que no se forme un canal a través de los lodos que deje que se descarguen lodos parcialmente digeridos y parte del líquido que haya sobre los lodos digeridos.
- Después de cada descarga de lodos, las líneas de descarga deben escurrirse y llenarse con agua o con aguas negras, para impedir que los lodos se endurezcan y obturen la tubería.
- Debe hacerse todo lo posible para impedir la formación de espumas, debido a que a veces es muy difícil corregir esta situación una vez que se ha presentado. La formación de espumas va asociada generalmente con una condición de acidez en los lodos y puede prevenirse o corregirse mediante un tratamiento con cal.

El tanque de Imhoff no tiene problemas mecánicos y es relativamente económico y fácil de operar. Provee la sedimentación y digestión de los lodos en una sola unidad y debe producir un efluente primario de calidad satisfactoria, eliminando de 40 a 60 por ciento de sólidos

suspendidos y reduciéndose la DBO en un 25 a un 35 por ciento. El diseño de doble acción requiere que el tanque sea bastante profundo. Este tipo de tanques es más adecuado para las pequeñas municipalidades o las grandes instituciones en donde la población tributaria es de 5,000 personas o menos.

4.4. Tanques de sedimentación simple con limpieza mecánica. Estos tanques pueden ser rectangulares, circulares o cuadrados, pero todos operan por el mismo principio de recolectar los sólidos sedimentados por medio de rastras de movimiento lento que los empujan hacia el sitio de descarga.

En los tanques rectangulares, las rastras se fijan cerca de las orillas a una cadena sin fin que pasa sobre engranes o ruedas dentadas, accionados por medio de motores. Las rastras se hacen pasar lentamente rozando el fondo del tanque, empujando los sólidos sedimentados hacia una tolva de lodos localizada en el extremo de entrada del tanque, luego son levantadas por la cadena hacia la superficie del tanque en donde, parcialmente sumergidas, sirven para empujar los sólidos flotantes, las grasas y los aceites a un recolector de natas situado en el extremo de salida del tanque. Otro tipo de mecanismo consiste en un puente viajero del mismo ancho del tanque, del cual se suspende una paleta que empuja a los sólidos hacia el punto de descarga y otra paleta despumadora para los sólidos flotantes, las grasas y los aceites. Estas paletas trabajan solamente al moverse el puente en una dirección, quedando sueltas cuando se le hace regresar en dirección contraria.

Los tanques circulares tienen armaduras horizontales fijas a un eje central impulsado por un motor. El fondo de los tanques está inclinado hacia el centro y las rastras mueven a los sólidos sedimentados hacia la tolva o embudo de lodos que hay en el centro. Las armaduras desnatadoras están sujetas a la flecha central en la superficie, para recolectar los sólidos flotantes, las grasas y los aceites.

En los tanques cuadrados el mecanismo es similar al de los tanques circulares. La diferencia principal estriba en que una o ambas armaduras rígidas, están equipadas con paletas articuladas, las cuales llegan hasta las cuatro esquinas del tanque y arrastran los sólidos de esas zonas hacia la trayectoria circular del mecanismo.

En los tanques rectangulares, las aguas negras entran por un extremo y fluyen horizontalmente hacia el otro extremo. En los tanques circulares entran las aguas negras en el centro y fluyen radialmente, en sentido horizontal generalmente, hacia la periferia. En los tanques cuadrados pueden entrar las aguas negras en el centro y fluir hacia los cuatro lados, o entra por una lado y atravesar el tanque.

Algunos fabricantes han diseñado equipos que lleva a las aguas negras de alimentación cerca del fondo del tanque, de donde fluyen hacia arriba y radialmente a través de una capa de lodos, hacia la salida de la periferia. Estos se conocen como clarificadores de flujo ascendente y tienen la ventaja de introducir los sólidos por el fondo, en donde son deseables, en lugar de irse depositando desde las capas superiores. Características de los tanques de sedimentación simple con limpieza mecánica:

4.4.1. Entradas. Estas deben diseñarse para dispersar la corriente de alimentación, para que se difunda homogéneamente el flujo por todo el tanque.

4.4.2. Deflectores. Estos se encuentran generalmente a la entrada y a la salida del tanque, sirviendo, el primero, para ayudar a difundir el flujo y, el último, para detener el material que flota en el efluente. Los tanques con limpieza mecánica, tienen generalmente un colector de espumas que presta el mismo servicio que el deflector de la salida y al cual es llevada la nata o espuma por medio del desnatador.

4.4.3. Vertederos de salida. Se utilizan para hacer que las aguas negras sedimentadas salgan en forma de una película delgada por la superficie del tanque y generalmente son ajustables. En las plantas de capacidad menor a 4,000 metros cúbicos por día, la carga de vertederos no debe ser mayor de 133 metros cúbicos por metro de vertedero y por día, lo cual puede aumentarse hasta 200 en las plantas más grandes.

4.4.4. Capacidad superficial de sedimentación. En los tanques primarios, cuando no haya un tratamiento secundario, esta capacidad no debe ser mayor de 27,000 litros por metro cuadrado y por día, en las plantas cuya capacidad aproximada sea de 4,000 metros cúbicos diarios o menos; pero puede ser mayor para plantas de capacidad superior a la mencionada.

4.4.5. Período de retención. Es el tiempo en horas que se retienen las aguas negras en el tanque, basándose en el gasto y en el volumen del tanque, suponiendo un desplazamiento total y un flujo uniforme a través del compartimiento de sedimentación, los periodos de retención deben ser de dos horas cuando menos.

4.4.6. Dimensiones globales. Según las normas aceptadas mas recientemente, la longitud mínima es de 3 metros y la profundidad del liquido no debe ser menor de 2.10 metros (en tanques de limpieza mecánica).

4.4.7. Eficiencia de los tanques de sedimentación simple. Deben de eliminarse

cerca del 90 95 por ciento de sólidos sedimentables, o sea un 40 o 60 por ciento de los sólidos suspendidos totales, de las aguas negras. La DBO debe disminuir en un 25 a 35 por ciento.

4.4.8. Operación de los tanques de sedimentación simple con limpieza mecánica.

En la mayoría de las plantas los mecanismos colectores se hacen funcionar durante 2 o hasta 8 horas al día, según el tamaño de la planta y la cantidad de lodos que se acumulen. Muy a menudo trabajan continuamente los mecanismos de los tanques circulares. Deben estar funcionando el tiempo suficiente para prevenir una acumulación de sólidos en el fondo del tanque. Si se dejan acumular los sólidos en el tanque, se crea una carga indebida en el mecanismo, lo cual puede dañar al equipo. Antes de que se descarguen los lodos del tanque, hay que hacer funcionar el mecanismo durante un tiempo suficiente, para tener la seguridad de recolectar satisfactoriamente los sólidos sedimentados en la tolva de lodos. Los lodos deben descargarse del tanque por lo menos una vez al día. Las natas y las grasas deben eliminarse diariamente de la superficie del tanque. La mayoría de los colectores mecánicos arrastran estos materiales a una tolva para grasas, de donde fluyen hacia un depósito de grasas para que se disponga de este material por bombeo, o pasándolo al tanque de digestión.

4.4.9. **Ventajas y desventajas de los tanques de sedimentación simple y limpieza mecánica, con digestión de los lodos por separados.** Hay dos ventajas principales:

1. El tratamiento de los lodos en tanques por separado, especialmente en los tanques provistos de calentamiento, hace que se pueda controlar mejor el proceso de digestión.
2. Es menor el costo de construcción, especialmente para las unidades grandes.

Desventaja: Estos tanques requieren mayor tiempo y competencia que el tanque Imhoff, debido a que hay que poner más atención en la operación y en el cuidado y mantenimiento del equipo mecánico.

5. DRENADO DEL LODO

Antes de su eliminación, el lodo digerido de plantas de tratamiento relativamente pequeñas puede concentrarse en lechos de secado. El área requerida para este fin es de alrededor de 0.06 a 0.09 m³ por persona (cerca de tres cuartas de esto, si los lechos tienen cubierta). Los lechos consisten en hasta 30 cms de arena gruesa colocadas sobre 30 a 45 cms de grava. La base natural de tierra se forma con pendiente a los bajos drenes, espaciados unos 9 m. El

lecho puede ser de 6 a 9 m de ancho y hasta de 38 m de largo. Puede limitarse o separarse de un lecho adyacente mediante un murete de concreto que sobresalga unas 40 cms sobre la superficie de la arena.

El lecho se dosifica con lodo a una profundidad de 20 a 30 cms y se deja drenar y secar. Un lodo granular bien digerido drena con facilidad y se reduce a una profundidad de 7 a 10 cms cuando se seca (60 a 70% de contenido de humedad). El lodo removido del lecho tiene poco o nada de olor. Puede usarse como fertilizante suave o tirarse en rellenos de tierra.

Como alternativa, puede emplearse cal o cloruro férrico con objeto de preparar el lodo para la filtración por vacío. Para plantas de tratamiento relativamente grandes son convenientes los sistemas mecánicos de drenado porque son más compactos y más controlables. Estos sistemas incluyen filtración por vacío, centrifugación y filtración a presión.

6. POZOS DE ABSORCIÓN

Un pozo de absorción es hoyo hecho en el suelo, tierra, revestido y tapado, dentro del cual se descargan aguas residuales y pueden usarse para complementar los campos de precolación. Los resultados obtenidos de estos pozos son similares a los de las fosas sépticas.

El uso de un pozo de absorción para la eliminación directa debe restringirse a una familia pequeña en lugar apartado, donde el terreno sea absorbente y no haya peligro de contaminación del agua subterránea. Nunca deben utilizarse pozos negros ni pozos de absorción en terrenos arcillosos.

El fondo de un pozo de absorción debe estar por lo menos 0.6 m por encima del manto friático y 1.5 m por encima de la roca. Los lotes que tengan menos de 3 m de tierra por encima de una formación rocosa no son, por lo general, apropiados para la construcción de pozos de absorción y pozos para el suministro de agua, debido al riesgo de la contaminación. Los pozos han de situarse a más de 30 m de una fuente de suministro de agua, a 6 m de edificios, y a 3 m de los límites de propiedad. La distancia libre entre dos pozos debe ser, por lo menos, dos veces el diámetro del pozo mayor.

El tamaño del pozo de absorción debe determinarse sobre la base de 280 lts. por persona por día, o 550 lts. por dormitorio por día. El revestimiento del pozo debe ser de juntas abiertas o perforadas para permitir la salida del líquido. El área de los muros debe ser lo suficientemente grande para permitir que el suelo absorba el líquido sin que rebose el pozo. El área del muro requerida o área efectiva de absorción se determinara de las pruebas de precolación del terreno.

Las pruebas de precolación para los pozos de absorción son las mismas que las de los campos de precolación, pero deben hacerse a la mitad de la profundidad y a la profundidad estimada total. Puede hacerse una excavación mayor en la parte superior del hueco, para facilitar la prueba.

TABLA 4
Áreas sugeridas de absorción para pozos de absorción

Ritmo de percolación del terreno en minutos	Aplicación de aguas de deshecho, en ltrs por M ² por día	Área de absorción requerida, en m ² , para cargas de aguas de deshecho, en litros por día			
		27.88	41.82	55.76	92.94
0-5	12.10	2.30	3.46	4.61	7.68
6-10	8.69	3.21	4.81	6.41	10.69
11-15	6.80	4.10	6.15	8.20	13.66
16-20	5.67	4.92	7.38	9.83	16.39
21-30	4.16	6.71	10.06	13.41	22.35
31-45	3.02	9.22	13.83	18.44	30.73
46-60	1.89	14.75	22.13	29.50	49.17

(Manual del Ingeniero, 1999)

Una vez que se obtiene el área requerida de absorción (tabla 4), debe obtenerse el diámetro exterior y la profundidad efectiva del pozo (tabla 5). El revestimiento se hace, en general, con bloques de concreto o secciones de concreto prefabricado y su espesor debe ser cuando menos de 20 cms. Con bloques rectangulares, el fondo no debe estar a más de 3 m por debajo del nivel de la rasante; con bloques trabados, a no más de 4.5 m. Para pozos más profundos a de estructurarse el revestimiento para resistir las presiones de la tierra saturada. La parte superior debe tener un registro hermético y una cubierta de concreto.

Debe colocarse grava gruesa en el fondo del pozo hasta una profundidad de 15 cms. El relleno alrededor del revestimiento en el área de absorción debe ser de piedra triturada y limpia o grava, de 3.8 a 5 m de diámetro, con un espesor de no menos de 15 cms. Debe colocarse una capa de paja, de 5 cms in de espesor, sobre la grava, antes de proceder al relleno.

Cuando se use un pozo de absorción al final de un campo de precolación, el muro del pozo debe estar a una distancia no menos de 1.80 m del extremo de la zanja. La tubería que conecte el extremo de la línea con el pozo debe tener juntas impermeables.

TABLA 5
Dimensiones del pozo de absorción para el área de absorción, en metros cúbicos (m³)

Profundidad en m	Diámetro exterior, en m							
	1.5	1.8	2.1	2.45	2.75	3.05	3.35	3.65
0.90	14.35	17.35	20.12	22.85	25.90	28.65	31.70	34.45
1.20	19.20	22.85	26.85	30.80	34.45	38.40	42.05	46.05
1.5	24.10	28.65	33.50	38.40	43.00	47.85	52.75	57.30
1.8	28.65	34.45	40.25	46.05	51.50	57.60	63.10	68.90
2.1	33.55	40.25	46.95	53.65	60.05	67.05	73.80	80.20
2.4	38.40	46.00	53.65	61.30	68.60	76.85	84.15	92.05
2.75	43.00	51.85	60.35	68.90	77.45	86.30	94.50	103.35
3.05	47.85	57.60	67.05	76.50	86.00	95.70	105.50	114.95
3.35	52.75	63.10	73.80	84.15	94.50	105.50	115.85	126.52
3.65	57.30	68.90	80.20	92.05	103.35	114.95	126.50	138.10

(Manual del Ingeniero, 1999)

7. SISTEMAS CON PLANTAS DE TRATAMIENTO PREFABRICADAS

En el tratamiento de las aguas de viviendas particulares y de pequeñas comunidades es frecuente el uso de plantas de tratamiento prefabricadas. A pesar de que se puede disponer de plantas prefabricadas con capacidades de hasta 3,800 m³/d. Si el dimensionamiento y el mantenimiento comprendido entre 38 y 950 m³/d. Si el dimensionamiento y mantenimiento son adecuados, estas plantas pueden producir resultados satisfactorios en el tratamiento de pequeños caudales del agua residual.

Cuando se emplearon por primera vez las plantas prefabricadas que incluían tratamientos biológicos, se afirmaba que al operarlas de modo que consiguiera la oxidación completa, no

era necesario purgar cantidad alguna de fango en exceso. Como consecuencia de esta conclusión errónea, se producían acumulaciones de fango en el sistema que ocasionalmente provocaban la descarga de parte de aquél. Este fenómeno de descarga, conocido con el nombre de “burping”, continua produciéndose en plantas prefabricadas de pequeñas dimensiones.

7.1. Factores Operacionales y de Diseño que Afectan a las Plantas Prefabricadas. Los principales factores operacionales y de diseño que afectan el rendimiento de las plantas prefabricadas que incorporan tratamiento biológico (normalmente algún tipo de proceso de fangos activados), incluyen:

1. Cargas hidráulicas de choque. Grandes variaciones en los caudales procedentes de pequeñas comunidades acentuadas por el uso de sistemas de bombeo de agua residual sobredimensionados.
2. Grandes variaciones, tanto de la carga de DBO_5 como de caudal.
3. Caudales excesivamente reducidos que dificultan el diseño de conducciones y canales autolimpiantes.
4. Para que los sistemas de aireación prolongada puedan hacer frente a las necesidades, se precisa una recirculación de fango adecuada debiéndose prever una capacidad de recirculación de hasta 3:1.
5. Hay que instalar los dispositivos necesarios para la eliminación de espumas y grasas del decantador final.
6. Desnitrificación en el decantador final, con el correspondiente arrastre de sólidos.
7. Evacuación poco adecuada y falta de medios para el manejo y evacuación del fango en exceso.
8. Control adecuado de los SSLM en el tanque de aireación.
9. Medidas adecuadas para eliminar las espumas.
10. Grandes cambios de temperatura y bruscos.
11. Control adecuado del suministro del aire.
12. Diseño adecuado de las cargas orgánicas y de sólidos que son causas potenciales de bajos rendimientos y problemas de olores.

A pesar de que los factores citados están específicamente relacionados con las plantas prefabricadas de tratamiento biológico, muchos de ellos también son aplicables al caso de plantas prefabricadas que utilicen procesos de tratamiento físico-químico.

7.2. Tipos de Plantas Prefabricadas. Los tipos de plantas prefabricadas más comunes son: Aireación prolongada; contacto y estabilización; reactores secuenciales de flujo discontinuo; biodiscos, y físico-químicos. A continuación se presenta una breve explicación del funcionamiento de cada uno de los sistemas:

7.2.1. Aireación Prolongada. Para evitar el depósito de sólidos, el sistema de aireación debe producir una agitación suficiente para mantener los sólidos en suspensión. Para asegurar un funcionamiento óptimo en condiciones de trabajo reales, se recomienda que la máxima carga orgánica, expresada como relación alimento / microorganismos, se encuentre en el intervalo comprendido entre 0.05 t y 0.15 kg. DBO₅/kg SSVLM d.

Otro aspecto de importancia crítica es el diseño del tanque de sedimentación secundaria y sus instalaciones asociadas. Debido a las variables condiciones de funcionamiento, se recomienda que la carga de superficie para el caudal punta horario se limite a 1.0-1.33 m³/m²*h. Se deben adoptar medidas seguras y efectivas para el retorno del fango al tanque de aireación. A pesar de que para ello se han empleado bombas de emulsión con aire, su uso no es recomendable porque el ajuste del caudal de retorno no es fácil ni fiable. El tanque de sedimentación secundaria debe estar provisto de dispositivos de recogida de espumas y de un sistema efectivo para la eliminación de las espumas acumuladas.

7.2.2. Contacto y Estabilización. El proceso de contacto y estabilización es adecuado para el tratamiento de aguas residuales en las que la mayor parte de la DBO₅ se halla en forma coloidal y en suspensión. En plantas prefabricadas, el proceso de contacto y estabilización se utiliza para reducir el volumen del tanque de aireación necesario en el proceso de aireación prolongada. Debido a los cortos tiempos de contacto que se utilizan (20 a 40 minutos), el proceso de contacto y estabilización se debe emplear en combinación con instalaciones de regulación de caudales o cuando los caudales son más grandes y no están sujetos a diferencias tan notables entre el caudal punta y el caudal medio.

7.2.3. Reactor secuencial de flujo discontinuo. Para asegurar el rendimiento óptimo bajo condiciones reales de funcionamiento, al igual que con el proceso de aireación prolongada, se recomienda que la máxima carga orgánica, expresada como relación alimento / microorganismos, se sitúe dentro del intervalo comprendido entre 0,05 y 0,15 kg. DBO₅/kg SSVLM*d. En caso de que la purga de sólidos se debe realizar con escasa frecuencia, es necesario disponer de un volumen adecuado para el almacenamiento de los mismos.

7.2.4. **Biodisco.** Para evitar la deposición de sólidos en la unidad de biodiscos, es necesario disponer un decantador primario antes de aquella. Para asegurar un rendimiento efectivo, se debería cubrir los biodiscos para protegerlos de la acción del viento, evitar el desprendimiento de la película biológica provocado por lluvias fuertes, evitar problemas con las heladas, evitar la propagación de olores, y proteger las unidades de posibles actos vandálicos.

7.2.5. **Tratamiento físico-químico.** El pretratamiento suele constar de tamizado y desarenado. El primer paso del proceso de tratamiento físico-químico es la coagulación, seguido de la decantación con manto de fango. Seguido a la decantación, el agua residual tratada se hace circular a través de un filtro de medio granular para la eliminación de los sólidos residuales y a través de un filtro de carbón activado para la eliminación de trazas de material orgánica residual. Los tratamientos físico-químicos no se utilizan de forma generalizada debido a los problemas asociados al manejo y evacuación del fango y a los elevados costes de explotación. Las plantas de tratamiento físico-químico prefabricadas se emplean en zonas de clima frío debido a su pequeño tamaño, su operación intermitente, y su fiabilidad.

8. DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS NEGRAS

Una vez completado todo proceso de tratamiento es aún necesario disponer de los líquidos y los sólidos que se hayan separado.

Hay tres métodos a seguir para llevar a cabo la disposición final de las aguas negras:

8.1. **Disposición por irrigación.** Consiste en derramar las aguas negras sobre la superficie del terreno, lo cual se hace generalmente mediante zanjas de regadío. Excluyendo una pequeña parte que se evapora, el resto se resume en la tierra y suministra humedad, así como pequeñas cantidades de ingredientes fertilizantes para la vida vegetal. Este método solo es aplicable a pequeños volúmenes de aguas negras provenientes de poblaciones relativamente pequeñas en las que se dispone de la superficie necesaria. Su mejor aplicación es para las zonas áridas o semiáridas en las que tiene especial valor la humedad agregada al suelo. Si se cultivan las zonas de disposición, deben excluirse de los drenajes los desechos industriales que pudiesen ser tóxicos o impedir el desarrollo de la vegetación. Como quiera que siempre existe la posibilidad de que las aguas negras contengan organismos patógenos, no es conveniente la producción de alimentos para consumo humano que puedan ser ingeridos sin cocimiento.

8.2. Disposición subsuperficial. Este método consiste en hacer llegar las aguas negras a la tierra por debajo de su superficie, a través de excavaciones o enlozados. Usualmente así sólo se eliminan las aguas negras sedimentadas provenientes de instituciones o residencias en las que su volumen es muy limitado.

8.3. Disposición por dilución. Este método consiste simplemente en descargar las aguas negras en aguas superficiales como las de un río, un lago o un mar. Esto da lugar a la contaminación del agua receptora. El grado de contaminación depende de la dilución, o sea del volumen de las aguas negras y de su composición, en comparación con el volumen de agua con que se mezclan. Cuando es pequeño el volumen de las aguas negras y su contenido orgánico, en comparación con el volumen del agua receptora, el oxígeno disuelto presente en el agua receptora es suficiente para que se produzca la descomposición aerobia de los sólidos orgánicos de las aguas negras, no desarrollándose condiciones molestas. Sin embargo, aunque las aguas receptoras mantengan su condición aerobia, la contaminación bacteriana sigue siendo una amenaza para la salud, y si no se eliminan de las aguas negras los sólidos flotantes, estos serán una evidencia de la contaminación.

En los casos en que el oxígeno disuelto del agua receptora no sea suficiente para mantener la descomposición aerobia, tendrá lugar la descomposición anaerobia y la putrefacción, resultando de esto condiciones indeseables. No es precisamente el volumen de aguas negras lo que puede considerarse como valor crítico, sino más bien la cantidad de materia orgánica de fácil descomposición que contengan las aguas negras. Por esto un determinado volumen de aguas negras que han sido tratadas para disminuir o eliminar su materia orgánica, puede descargarse en una superficie de agua natural sin crear condiciones indeseables, mientras que el mismo volumen de aguas negras crudas o sin tratar podrían producir molestias. El factor determinante es el oxígeno disuelto que contenga el agua receptora.

Cuando se descargan en el agua los sólidos de las aguas negras, tienen lugar la degradación y la descomposición debido a las actividades de las bacterias y los microorganismos presentes en las aguas negras y en las aguas receptoras. El oxígeno es necesario para que se verifiquen todas esas reacciones biológicas y bioquímicas; son los organismos aerobios los que hacen este trabajo si hay oxígeno presente y es la descomposición aerobia de los sólidos orgánicos la que tiene lugar. Cuando no hay oxígeno, son los organismos anaerobios los que predominan y resulta la putrefacción. Por consiguiente,

cuando se descargan aguas negras en una corriente, las reacciones resultantes dependerán del oxígeno disuelto que contenga el agua.

La cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación aerobia biológica de los sólidos orgánicos de las aguas negras o desechos, es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Como esta descomposición requiere un período grande de tiempo y depende de la temperatura, los valores de la DBO de las pruebas de laboratorio deben especificar el tiempo y la temperatura usados en la prueba. Los que más se emplean son 5 días y 20°C (68°F) y, a no ser que se especifique otro tiempo y temperatura, debe suponerse que fueron estos los que se emplearon.

9. VALOR DE LAS AGUAS NEGRAS

Las aguas negras siempre constituyen una molestia para la comunidad que las produce. Si bien es cierto contienen ingredientes recuperables, estos no compensan el costo del tratamiento para su obtención; sin embargo, como es indispensable el tratamiento, puede pensarse en la recuperación de ciertos productos útiles.

Las aguas negras crudas o las aguas resultantes de su tratamiento se pueden usar para los siguientes fines: Para riego, para enfriamiento de los evaporadores en las instalaciones productoras de energía.

Entre las recuperaciones que pueden obtenerse de las aguas negras figuran: el lodo, por su valor fertilizante y su contenido de calor; la grasa; la arena como material para base de carreteras o rellenos y el gas combustible procedente de la digestión del lodo.

IV. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO

Ilustración 1

Descarga de aguas negras quebrada Santa Rita

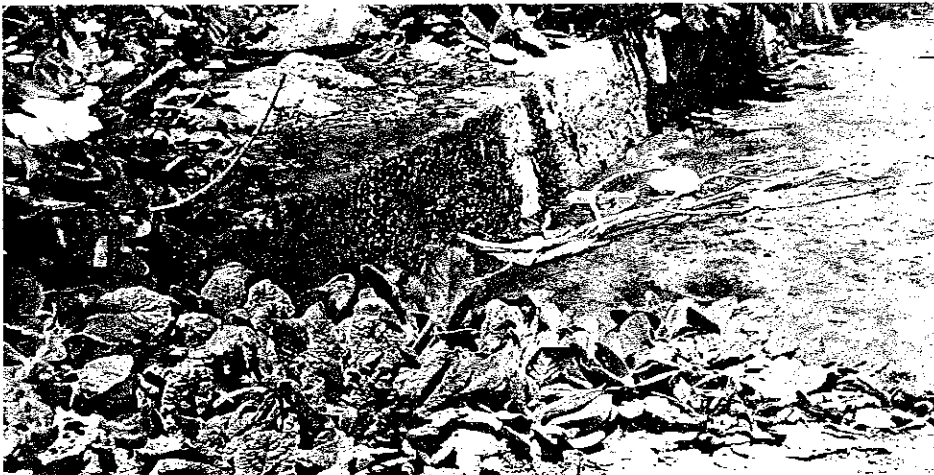
Afluente que contamina el Río Motagua



(Aldea Santa Rita, El Progreso Guastatoya 1999)

Ilustración 2

Aguas negras dentro de la Aldea Santa Rita



(Aldea Santa Rita, El Progreso Guastatoya 1999)

Actualmente se está llevando a cabo la ejecución del Proyecto de Red General del Alcantarillado Sanitario para la Aldea Santa Rita del municipio de Guastatoya, en el departamento de El Progreso. La población evacuará sus aguas residuales de manera conveniente, salvando todo foco de contaminación por estancamiento de las aguas residuales a flor de tierra. Las aguas residuales se conducirán a un lugar apropiado para su descarga,

alejado de la población y que se conoce con el nombre de Quebrada Santa Rita, allí se descargará directamente el crudo, esto puede ocasionar un impacto negativo sobre el entorno ecológico o bien sobre algún cuerpo hídrico.

Ilustración 3

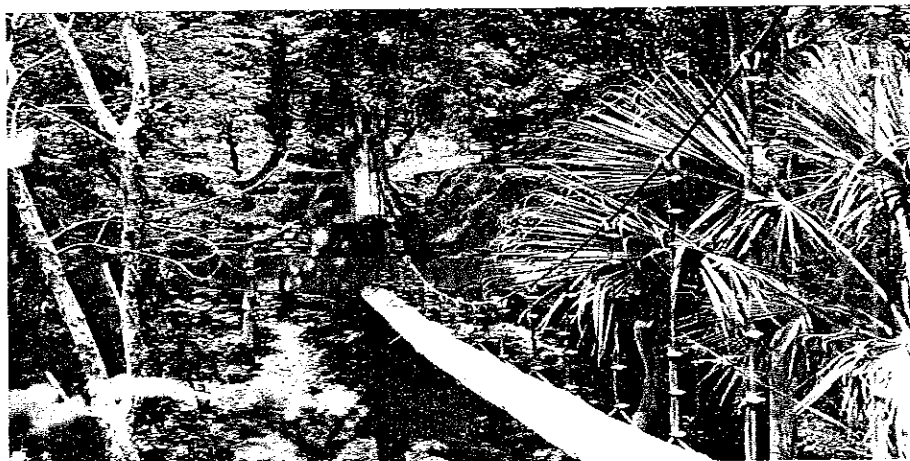
Aguas negras dentro de casco urbano Aldea Santa Rita



(Aldea Santa Rita, El Progreso Guastatoya 1999)

Ilustración 4

Puente colgante de Aguas Negras sobre quebrada Santa Rita



(Aldea Santa Rita, El Progreso Guastatoya 1999)

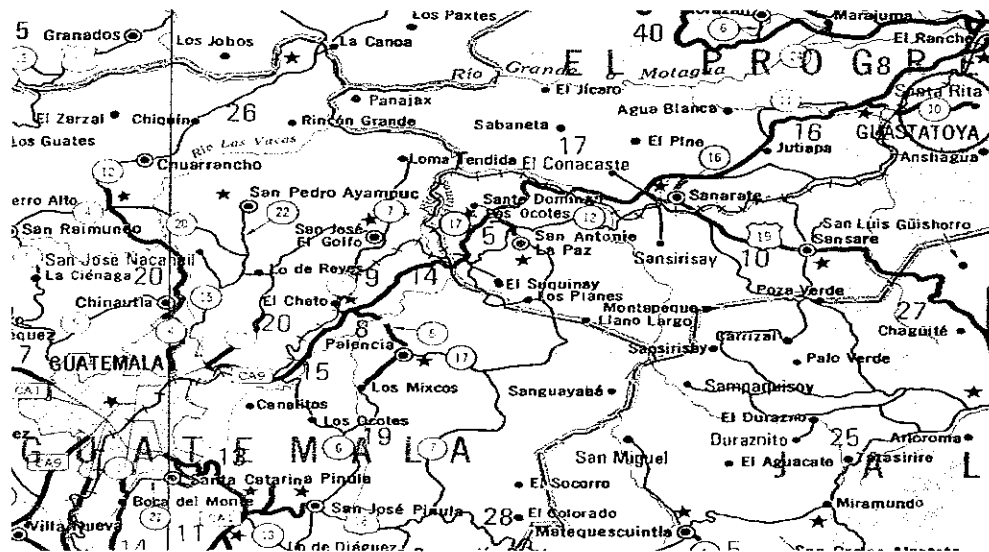
Para que la disposición de las aguas residuales no cauce ninguna alteración en el lugar de descarga, se recomienda implementar un sistema de tratamiento para esta agua. En tal sentido se está proponiendo seguir el proceso de tratamiento que a continuación se describe.

V. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales para la aldea Santa Rita Guastatoya, El Progreso. Se encuentra a 81 Km. de la ciudad capital, se recorren 73 Km. sobre la carretera CA-9 conocida como ruta al Atlántico, con desviación hacia la cabecera departamental del progreso, 6 Km. y 2 Km. afuera de dicha cabecera.

Ilustración 5

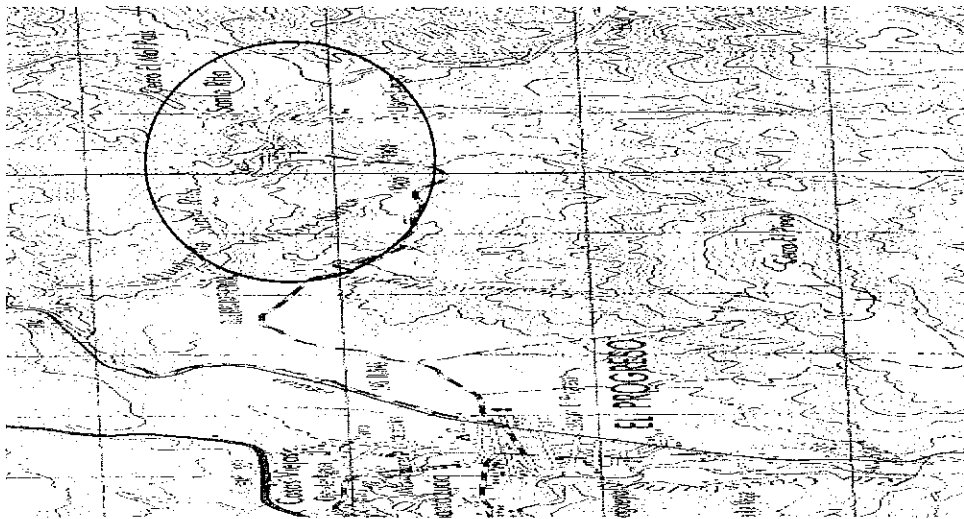
Mapa de ubicación de la Aldea Santa Rita



(Mapa geografico Guatemala)

Ilustración 6

Mapa de ubicación de la Aldea Santa Rita



(Mapa Guatemala)

Colindancias del área donde se construirá la planta de tratamiento:

- Al Norte: con quebrada de invierno y terreno propiedad de Sr. Felipe Orellana.
- Al Sur: con terrenos propiedad de los Srs. Genaro Orellana y Clemente Orellana M.
- Al Oeste: con la misma quebrada de "invierno".
- Al Este: con terrenos propiedad de los Sres Clemente Orellana y Felipe Orellana.

Esta aldea está dividida en cuatro barrios; Santa Rita, San Juan, El Sestiadero y Llano Largo.

Cuenta con los siguientes servicios: Agua potable, luz eléctrica, alumbrado público, dos canchas de foot ball, un cementerio, cada casa posee sistema de drenaje sanitario o fosas comunes. Existe un drenaje sanitario instalado, pero no está en uso en la actualidad para no contaminar directamente las quebradas. El agua pluvial y aguas de pilas corren por las calles llegando hasta las quebradas naturales. Cuenta con dos escuelas primarias, instituto de básicos por cooperativa, una escuela de párvulos, un puesto de salud que aún no esta funcionando. Existen dos iglesias católicas, una evangélica, dos parques pequeños, un teléfono particular celular al servicio público. También cuenta con, aproximadamente 15 tiendas de artículos de primera necesidad, una fábrica pequeña de moñas. La mayor parte de sus asistentes trabajan en la capital, otros departamentos y en la agricultura. Se cultiva maíz, frijol, mangos, cocos, tamarindo, jocotes y cítricos. No hay bosques grandes, los terrenos están cubiertos por matorrales (montes pequeños). La mayoría de las calles son adoquinadas, la carretera hacia la cabecera departamental esta asfaltada. Los habitantes de las aldeas se transportan por medio de microbuses que entran y salen hacia la cabecera departamental aproximadamente a cada hora. El clima es bastante cálido seco con dos etapas al año, invierno y verano. Los suelos son de un tipo de balastro amarillo, el cual esta localizado sobre capas de talpetate y rocas.

Ilustración 7

Área seleccionada para construcción de planta de tratamiento.



(Aldea Santa Rita, El Progreso Guastatoya 1999)

El área de planta de tratamiento es de 1,625.755 m² o sea 1,935.422 varas².

La aldea colinda con las aldeas: El Callejón, La Palma, San Rafael, Anshagua, El Infiernillo, Las Penas, Patach y con la misma cabecera departamental.

El acceso a la planta de tratamiento, está localizado a 800 mts aproximadamente del centro del barrio Santa Rita pasando por el cementerio hacia el desfogue y unión de las quebradas.

Ilustración 8

Afluente de aguas negras que contaminan el Río Motagua y quebrada Santa Rita



(Quebrada Santa Rita, Aldea Santa Rita El Progreso Guastatoya 1999)

La aldea tiene las siguientes características importantes de resaltar que nos servirán para el diseño: Cuenta con una población de 2,730 habitantes; el clima de la aldea es cálido, con una temperatura máxima de 35.2 °C, mínima 20.6 °C y media de 27.7 °C. Consta de una precipitación de 964 mm en 114 días, teniendo una humedad relativa de 62 por ciento.

VI. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

En la selección del sistema de tratamiento a implementar tienen participación varios aspectos importantes, los cuales inciden de una u otra forma, tal es el caso de la selección del terreno, un terreno que cumpla con los requisitos mínimos (extensión suficiente, topografía adecuada, acceso libre que lo posean en propiedad, etc.); también otro aspecto que juega un papel importante, es la temperatura ambiente del lugar, porque éste es un parámetro de gran incidencia, sobre todo en procesos de biodigestión, condiciones meteorológicas, en lo referente a precipitación pluvial; también la radiación solar es importante ya que incide en aspectos del proceso, etc.

Basándonos en los aspectos antes mencionados, la extensión de tierra disponible no es apropiada para ubicar lagunas de estabilización porque tiene topografía bastante irregular y sus dimensiones, no son lo suficientemente grandes. Lo mismo se puede decir del proceso que emplea unidades que trabajan con carga hidrostática, ya que el terreno no tiene grandes diferencias de nivel en toda su extensión. Por tal razón se ha seleccionado un Pre-tratamiento para eliminar grandes sólidos, seguido de un Tratamiento Primario para la reducción de los sólidos suspendidos sedimentables y un tratamiento de los lodos, a base de biodegradación anaerobia y secado de estos por evaporación y precolación y finalmente una desinfección del efluente mediante el proceso de filtración natural. Con el proceso propuesto se espera reducir el grado de contaminación en potencia, en pro de un ambiente natural saludable.

El proceso de tratamiento de las Aguas Residuales para la Aldea Santa Rita tiene como finalidad primordial la conservación del ambiente, evitar que los pobladores contraigan enfermedades originadas por el contacto directo e indirecto con las aguas residuales y todo tipo de contaminación que pudiera desarrollarse por el escurrimiento de las aguas a flor de tierra en menoscabo de la salud y calidad de vida de los habitantes de esta Aldea.

Para lograr el objetivo perseguido se eligió el proceso de tratamiento de las aguas residuales, que consiste en tres fases: 1) Pre-tratamiento, 2) Tratamiento Primario, 3) Tratamiento suplementario.

1. PRE-TRATAMIENTO

Esta fase de pre-tratamiento tiene como finalidad separar las partículas más gruesas de materiales flotantes o en suspensión para evitar que puedan obstruirse las tuberías, las obras de entrada y salida de cada unidad de tratamiento y/o obstruir válvulas, como interferir en proceso de tratamiento.

2. TRATAMIENTO

En la fase de tratamiento, las aguas se someten a procesos mediante los cuales se espera reducir el contenido de sólidos sedimentables o en suspensión a fin de evitar la formación de depósitos de lodo y reducir la demanda bioquímica de oxígeno del agua residual. Esta fase de tratamiento se ha dividido en los procesos de tratamiento primario y adicional. Cada cual con un fin específico como lo es:

2.1. Tratamiento Primario. Los dispositivos que se emplean para el tratamiento primario están diseñados para retirar de las aguas residuales los sólidos suspendidos orgánicos e inorgánicos y puede ser por: sedimentación, filtración, flotación y precipitación. De estos procesos, el más utilizado y que mejor se ajusta a las características de las aguas municipales es la sedimentación. La unidad empleada para efectuar el tratamiento primario es el tanque IMHOFF.

Aún cuando este tipo de tratamiento disminuye la cantidad de materia orgánica en las aguas residuales, ésta se limita a la suspendida y no a la disuelta, condición que determina su nombre a tratamiento primario.

2.2. Tratamiento Adicional. Sé esta considerando el tratamiento de los lodos mediante el proceso de biodegradación o digestión. Con este tratamiento se están reduciendo y estabilizando los lodos sedimentados. Además se deshidratan los lodos evacuados de la unidad de tanque Imhoff, hacia los patios de secado de lodos.

2.3. Desinfección. Se utiliza un tratamiento suplementario, como lo es la desinfección para reducir los organismos patógenos, a fin de minimizar los riesgos para la salud. El tratamiento empleado es el de filtración mediante pozos de absorción.

2.4. Unidades de Tratamiento (Canal de rejillas). Tiene como objetivo la remoción de los materiales gruesos o en suspensión, tales como trapos, bolsas de papel, plásticas; trapos, cualquier clase de envase, etc., junto con algo de materia fecal; los cuales pueden ser retirados manualmente. Esta unidad es construida en forma rectangular, como un canal, en el cual se encuentra localizada a poca distancia del ingreso una rejilla de barras de hierro separadas una de otra a una distancia poco más o menos de una pulgada y colocada en un ángulo de inclinación de 60° con respecto a la horizontal, tiene una plataforma en la parte superior de la rejilla la cual tiene la finalidad de servir de base para el operador de la unidad y escurridor del material removido de la rejilla, también tiene una unidad de bypass la cual sirve como un auxiliar de paso cuando la rejilla se ve obstruida por el exceso de material retenido en esta.

2.5. Desarenador. Las aguas residuales contienen por lo general sólidos inorgánicos como arena, cenizas y grava. La cantidad es variable y depende de muchos factores, principalmente si el alcantarillado es del tipo sanitario u otro. Las arenas pueden dañar a los equipos mecánicos por abrasión y causar serias dificultades operatorias en los tanques de sedimentación y en la digestión de los lodos, también por acumularse en las tuberías de entrada y salida causando obstrucciones. Esta unidad se construye con un par de canales rectangulares con fondo trapezoidal retenedores de arena, con la finalidad de evitar en lo posible cualquier interferencia del proceso en las unidades que le siguen al canal desarenador; el objetivo de construir dos canales es porque no se puede interrumpir el flujo para la remoción de las arenas del fondo de estos, el canal que está habilitado, tiene en su extremo cercano a la salida un vertedero proporcional, el cual garantiza que la velocidad del flujo es constante para cualquier altura del tirante de agua.

2.6. Unidades de Tratamiento Tanque Imhoff. Los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación de los sólidos y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad; tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo para su uso correcto es necesario que las aguas negras pasen por los procesos de cribado y remoción de arena. Es conveniente su implementación especialmente en climas calurosos pues esto facilita la digestión de los lodos.

El tanque Imhoff es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos: Cámara o canal de sedimentación, cámara de digestión de lodos y compartimiento de natas.

2.7. Cámara de Sedimentación. Es la parte superior del tanque, destinada a permitir que los sólidos sedimenten; depositándose en el fondo de esta los sólidos sedimentables, los cuales resbalan y pasan por una ranura que hay en el fondo la cual hace de trampa que impide que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de sedimentación.

2.8. Cámara de Digestión. Es la zona inferior del tanque, recibe los sólidos sedimentados para ser digeridos. Los lodos depositados en esta cámara pasan un tiempo suficiente para que se desarrolle la biodigestión de los mismos, reduciendo su volumen y estabilizándose la materia orgánica contenida en los lodos, para posteriormente ser evacuados hacia los lechos de secado y cumplir su estabilización.

2.9. Compartimiento de Natas. Es la cámara ocupada por material flotante y lo constituye principalmente material graso y sólido arrastrados para la superficie. Los gases y partículas ascendentes producto de la digestión de los lodos son desviados hacia la

cámara de natas. Se le conoce también como área de ventilación, o zona de espumas.

El tanque también está provisto de dispositivos para la remoción de los lodos del fondo del tanque, estos consisten en tubos de PVC de Ø6", anclados en el fondo del tanque y ligeramente inclinados del centro de la cámara de digestión hacia la cámara de natas, siendo visibles en la superficie, estos están unidos a unas válvulas, mediante las cuales se procede a la evacuación del lodo valiéndose de la presión hidrostática.

2.10. Patios de secado de Lodos. Son las unidades de tratamiento de los lodos, en estas unidades se disponen los lodos evacuados de los tanques Imhoff para su secado por medio de la evaporación y la infiltración en un medio de la evaporación y la infiltración en un medio apropiado para ese fin, las partes que los componen son:

- Tanque de almacenamiento de lodos. Diseñado para recibir los lodos licuados provenientes del tanque Imhoff.
- Medio de soporte. Tiene como finalidad mantener la espesura del lodo uniforme, evitar que el lodo se mezcle con arena del medio filtrante, facilitar la remoción manual del lodo seco.
- Medio filtrante. Está constituido por camadas de arena y piedra de diferente granulometría, colocadas de tal manera que la cama inferior es de mayor granulometría que la superior.
- Sistema de drenaje. El sistema de drenaje esta constituido por canales de tubería de PVC perforada, convenientemente dispuestos, debajo del medio filtrante, de modo que se pueda recolectar el liquido de los lodos en fase de secado y percolado a través de las camadas superiores del medio de filtración, el cual es conducido finalmente hacia los pozos de absorción.

2.11. Pozos de Absorción. Estas unidades están consideradas como tratamiento adicional de desinfección, o sea que está previsto para la reducción de los organismos patógenos, deben su eficiencia a la clase del subsuelo. El caudal proveniente del tanque Imhoff y de los patios de secado de lodo, se dispondrá en una batería de pozos de absorción conectados en serie uno con otro.

VII. DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO

1. PARÁMETROS DE DISEÑO Y DIMENSIONES DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO

Para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento se tomó como base el caudal y cargas de aplicación superficiales y volumétricas.

1.1. Datos generales para Diseño

Población actual	2730	hab.
Número de viviendas actuales	546	viviendas
Dotación de agua potable	200	l/hab/día
Habitantes por vivienda	6	hab/viv
Tasa de crecimiento poblacional, anual	2.5	%
Población al futuro Utilizando el método estadístico geométrico	3582	hab
Período de diseño	10	años
Caudal máximo	21.15	l/s
Caudal medio	7.05	l/s
Caudal mínimo	3.52	l/s

1.2. Pretratamiento

Canal de Rejas

Parámetros de diseño:	Caudal máximo	21.15	l/s
	Caudal mínimo	3.52	l/s
	Velocidad de paso	$V = 0.75$	m/s
	Vel. De aproximación	$V = 3.00$	m/s

Dimensiones:	Ancho interno	0.40	m
	Longitud interna	3.50	m
	Altura: antes de reja	0.70	m
	Después de reja	0.90	m
	Espesor de muros	0.10	m

Desarenador

Parámetros de diseño:	Velocidad de sedimentación	$V_s = 2 \text{ cm/s}$
	Velocidad de flujo	$V_H = 0.3 \text{ m/s} \pm 20 \%$
	Tasa superficial aplicada	$TAS = 55 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$
	Tamaño de partículas	$\phi \geq 0.2 \text{ mm}$
	Rel. Largo y altura del agua	$L/H = 25$
	Unidad de control de vel	Vertedero prop

Dimensiones:	Ancho de canal	0.70	m
	Longitud	6.85	m
	Altura	0.90	m

1.3. Tratamiento**Tanque Imhoff**

Parámetros de diseño:	Caudal de diseño,	$Q_{\text{medio}} = 7.05$	l/s
	Relación largo/ancho	$R = 4/1$	m
	Carga Superficial Aplicada	24	$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{día}$
	Temperatura ambiente	25	°C
	Periodo de retención	2	horas
	Periodo de digestión	30	días

Dimensiones:	área de sedimentación	25.37	m^2
	Ancho de sedimentado	2.00	m
	Largo de sedimentador	12.40	m
	Ancho cámara de digestor	3.80	m
	Profundidad	5.36	m
	Volumen de digestión	98.33	m^3

1.4. Patios de Secado de Lodos (3 unidades)

Parámetros de diseño:	Aporte lodos húmedos	0.27	l/hab/día
	Altura de almacto. Lodos	0.30	m

Dimensiones:	Ancho	5.00	m
	Largo	6.80	m
	Altura de lodos	0.30	m
	Vol. Almac. Lodos	29.44	m ³
	área total de patios	98.14	m ²
	área unitaria	32.71	m ²

1.5. Tratamiento Suplementario

Pozos de Absorción (5 unidades)

Parámetros de diseño:	Tasa de filtración (aprox.)	3	min/pulg
	área filtración por pozo	62.83	m ²

Dimensiones:	Diámetro interno	1.00	m
	Altura	20.00	m

1.6. Eficiencia de remoción de contaminantes del sistema de tratamiento. Se tiene como unidad principal de tratamiento el tanque Imhoff, este tanque logra eliminar del 40 por ciento al 50 por ciento de sólidos suspendidos y reduce la DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno) de 25 por ciento a 40 por ciento. Luego los pozos de absorción que se encargaran de eliminar gran parte de patógenos.

Según Análisis físico-químico de las aguas residuales de la región (cabecera municipal de Guastatoya) se tienen concentraciones de DBO5 = 148 mg/l en 5 días, sólidos sedimentables = 10.0 cm³/l en 1 hora, DQO=751 mg/l.

La comisión del medio ambiente CONAMA, en su reglamento de requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles para la descarga de aguas residuales, según acuerdo gubernativo número sesenta guión ochenta y nueve (60-89) indica claramente los límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de las aguas servidas municipales sólidos sedimentables 1.0 m/l, demanda bioquímica de oxígeno DBO5= 250-200 mg/l, demanda química de oxígeno DQO= 500-45- mg/l.

Si se comparan los resultados de concentración remanente versus límites máximos permisibles fijados por CONAMA, se apreciará que aplicando el porcentaje de 30 remoción, lo cual es una posición desventajosa, todavía estamos ligeramente arriba del máximo permisible;

probablemente esa situación se dé al final del período de diseño contemplado, que es de 10 años, si es que el incremento poblacional se da en el orden del 2.5 por ciento anual.

TABLA 6

Cuadro de análisis de remoción de contaminantes

TANQUE IMHOFF	CONCENTRACIÓN EN CRUDO			
	DBO5	DBO5	SS	SS
	400 mg/l	150 mg/l	3.70 ml/l	3.40 ml/l
CONCENTRACIÓN REMANENTE				
REMOCIÓN 40%	240	90	2.22	2.04
REMOCIÓN 30%	280	105		

Al inicio de la operación, la planta trabajará con mayor eficiencia ya que el caudal a tratar probablemente sea del orden del caudal mínimo calculado, entonces la unidad de tanque Imhoff tendrá la capacidad de un período de retención mayor de 2 horas y, por consiguiente un porcentaje, mayor de remoción.

**VI. COSTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA ALDEA SANTA RITA,
GUASTATOYA, EL PROGRESO**

Código	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Renglón	Total
A	EXCAVACIÓN					
A.1	Excavación de estructuras	m3	380.00	Q. 33.97	Q. 12,908.60	
A.2	Excavación pozos de absorción	ml	100.00	Q. 550.00	Q. 55,000.00	Q. 67,908.60
B	ESTRUCTURA					
B.1	Canal de rejillas + desarenador					
B.1.1	Concreto reforzado	m3	3.00	Q. 5,471.60	Q. 16,414.80	Q. 16,414.80
C	Tanque IMHOFF					
C.1	Concreto reforzado	m3	71.00	Q. 2,747.00	Q. 195,037.00	
C.2	Tubería PVC 8 Pulgadas	ml	103.00	Q. 69.00	Q. 7,107.00	Q. 202,144.00
D	Patio de secado de lodos					
D.1	Concreto reforzado	m3	25.65	Q. 1,465.20	Q. 37,582.38	
D.2	Levantado de muros	m2	84.00	Q. 151.00	Q. 12,684.00	
D.3	Ladrillo + Granulometría	Global	1.00	Q. 20,774.00	Q. 20,774.00	Q. 71,040.38
E	POZOS DE ABSORCIÓN					
E.1	Estructura	U	5.00	Q. 1,734.00	Q. 8,670.00	Q. 8,670.00
F	VIGAS DE APOYO	ml	12.60	Q. 289.00	Q. 3,641.40	Q. 3,641.40
G	COLUMNAS DE APOYO	ml	4.40	Q. 269.00	Q. 1,183.60	Q. 1,183.60
Totales						Q. 371,002.78

Son: Trescientos setenta y un mil dos quetzales con setenta y ocho centavos.

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE SANTA RITA, GUASTATOYA, EL PROGRESO				
RENGLÓN: A EXCAVACIÓN			UNIDAD:	M ³
SUB-RENGLÓN: A.1 EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS			CANTIDAD:	380.00
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
<u>MATERIALES</u>				
TOTAL MATERIALES				
<u>MANO DE OBRA</u>				
Excavacion tallado y regado de material	380.00	M ³	15.00	5,700.00
PRESTACIONES	5,700.00	%	1.10	6,270.00
TOTAL MANO DE OBRA				11,970.00
<u>EQUIPO</u>				
Herramienta y equipo		Global		940.00
TOTAL DEL EQUIPO				940.00
TRANSPORTE				
			PRECIO UNITARIO:	33.97
			COSTO TOTAL	
			RENGLÓN	12,908.60

Todos los Costos y Precios Incluyen el I.V.A.

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA RITA, GUASTATOYA, EL PROGRESO				
REGLÓN: A EXCAVACIÓN			UNIDAD:	ML
SUB-REGLÓN: A.2 EXCAVACION POZOS DE ABSORCIÓN			CANTIDAD:	100.00
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
<u>MATERIALES</u>				
Madera	2,000.00	pie tabla	3.50	7,000.00
Cable de acero 3/8"	150.00	ml	12.00	1,800.00
Clavo	150.00	lb	2.50	375.00
Toneles	10.00	U	60.00	600.00
Mordazas	40.00	U	4.00	160.00
Garruchas	5.00	U	54.00	270.00
Ganchos	5.00	U	48.00	240.00
Hierro 3/8"	20.00	Var	10.50	210.00
Torno	1.00	Global	3,700.00	3,700.00
TOTAL MATERIALES				14,355.00
<u>MANO DE OBRA</u>				
Excavación	100.00	ml	185.00	18,500.00
PRESTACIONES	18,500.00	%	1.10	20,350.00
TOTAL MANO DE OBRA				38,850.00
<u>EQUIPO</u>				
Herramienta y equipo		Global		750.00
TOTAL DEL EQUIPO				750.00
TRANSPORTE				1,045.00
			PRECIO UNITARIO:	550.00
			COSTO TOTAL	
			REGLÓN:	55,000.00

Todos los Costos y Precios Incluyen el I.V.A.

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA RITA, GUASTATOYA, EL PROGRESO				
REGLÓN: B ESTRUCTURA			UNIDAD:	M³
SUB-REGLÓN: B.1.1 CONCRETO REFORZADO			CANTIDAD:	3.00
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
MATERIALES				
TOTAL MATERIALES				6,055.50
MANO DE OBRA				
Limpieza + Nivelación	16.00	m2	10.64	170.24
Trazo y estaqueado	24.30	ml	6.70	162.81
Armado piso + ref. Vertical	425.00	ml	1.00	425.00
Fundición de piso	1.44	m3	22.40	32.26
Refuerzo horizontal	179.00	ml	1.00	179.00
Formaleteado	41.70	m2	28.00	1,167.60
Fundición de paredes	41.70	m2	18.20	758.94
Desencofrado	41.70	m2	14.00	583.80
Acabados	41.70	m2	14.00	583.80
Herrería	1.00	Global	448.00	448.00
PRESTACIONES	4,511.45	%	1.10	4,962.60
TOTAL MANO DE OBRA				9,474.05
EQUIPO				
Herramienta y equipo		Global		165.25
TOTAL DEL EQUIPO				165.25
TRANSPORTE				720.00
			PRECIO UNITARIO:	5,471.60
			COSTO TOTAL	
			REGLÓN	16,414.80

Todos los Costos y Precios Incluyen el I.V.A.

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA RITA, GUASTATOYA, EL PROGRESO				
RENLÓN: C TANQUE IMHOFF			UNIDAD:	M3
SUB-RENLÓN: C.1 CONCRETO REFORZADO			CANTIDAD:	71.00
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
<u>MATERIALES</u>				
TOTAL MATERIALES				82,487.50
<u>MANO DE OBRA</u>				
Conformar piso	55.00	m2	5.88	323.40
Armado No. 3	10,244.00	ml	1.12	11,473.28
Armado No. 4	22.50	ml	1.40	31.50
Armado No. 5	187.20	ml	1.68	314.50
Armado No. 2	18.00	ml	0.70	12.60
Fundir piso	65.00	m2	22.40	1,456.00
Fundir muros	93.00	m2	100.00	9,300.00
Fundir cortinas	117.00	m2	21.00	2,457.00
Fundir vigas	52.40	ml	11.80	618.32
Formaleta muro	186.00	m2	21.00	3,906.00
Formaleta vigas	31.44	m2	27.30	858.31
Formaleta pantalla	234.00	m2	21.00	4,914.00
Desencofrado muro	186.00	m2	10.50	1,953.00
Desencofrado viga	31.44	m2	13.00	408.72
Desencofrado pantalla	234.00	m2	10.50	2,457.00
Acabados	451.00	m2	13.00	5,863.00
PRESTACIONES	46,346.63	%	1.10	50,981.29
TOTAL MANO DE OBRA				97,327.92
<u>EQUIPO</u>				
Herramienta y equipo		Global		6,622.58
TOTAL DEL EQUIPO				6,622.58
TRANSPORTE				8,599.00
			PRECIO UNITARIO	2,747.00
			COSTO TOTAL	195,037.00

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA RITA, GUASTATOYA, EL PROGRESO				
RENGLÓN: C TANQUE IMHOFF			UNIDAD:	ML
SUB-RENGLÓN: C.2 TUBERIA PVC 8 PULGADAS			CANTIDAD:	103.00
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
<u>MATERIALES</u>				
TOTAL MATERIALES				5,129.40
<u>MANO DE OBRA</u>				
Excavacion	103.00	m2	7.00	721.00
PRESTACIONES	721.00	%	1.10	793.10
TOTAL MANO DE OBRA				1,514.10
<u>EQUIPO</u>				
Maquinaria	184.00	Global	1.00	184.00
Herramienta y equipo	34.00	Global	1.00	34.00
TOTAL DEL EQUIPO				218.00
TRANSPORTE	245.00	Global	1.00	245.00
			PRECIO UNITARIO:	69.00
			COSTO TOTAL	
			RENGLÓN:	7,107.00

Todos los Costos y Precios Incluyen el I.V.A.

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA RITA, GUASTATOYA, EL PROGRESO				
RENGLÓN: D PATIO DE SECADO DE LODOS			UNIDAD:	M ³
SUB-RENGLÓN: D.1 CONCRETO REFORZADO			CANTIDAD:	25.65
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
<u>MATERIALES</u>				
TOTAL MATERIALES				15,228.75
<u>MANO DE OBRA</u>				
Trazo y estaqueado	63.60	ml	6.70	426.12
Cimiento				
Armado No. 3	187.00	ml	1.20	224.40
Armado No. 2	203.00	ml	0.70	142.10
Fundición	62.30	ml	12.70	791.21
Columnas				
Armado No. 3	61.60	ml	1.00	61.60
Armado No. 2	61.60	ml	0.80	49.28
Fundición	15.40	ml	11.20	172.48
Solera de remate				
Armado No. 3	119.20	ml	1.20	143.04
Armado No. 2	59.50	ml	0.80	47.60
Fundición	59.60	ml	11.20	667.52
Canaleta				
Armado No. 3	198.40	ml	1.00	198.40
Fundición piso	4.50	m2	22.40	100.80
Fundir muro	7.00	m2	28.00	196.00
Formaleteado	80.00	m2	9.80	784.00
Desencofrado	80.00	m2	4.90	392.00
Acabados	29.25	m2	13.00	380.25
PRESTACIONES	4,776.80	%	1.10	5,254.48
TOTAL MANO DE OBRA				10,031.28
<u>EQUIPO</u>				
Herramienta y equipo		Global		6,058.96
TOTAL DEL EQUIPO				6,058.96
TRANSPORTE				6,263.39
			PRECIO UNITARIO:	1,465.20
Todos los Costos y Precios Incluyen el I.V.A.			COSTO TOTAL RENGLÓN:	37,582.38

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA RITA, GUASTATOYA, EL PROGRESO				
RENGLÓN: D PATIO DE SECADO DE LODOS			UNIDAD:	M2
SUB-RENGLÓN: D.2 LEVANTADO DE MUROS			CANTIDAD:	84.00
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
<u>MATERIALES</u>				
TOTAL MATERIALES				3,706.00
<u>MANO DE OBRA</u>				
Levantado	84.00	m2	26.00	2,184.00
Armado No. 3	230.00	ml	1.00	230.00
Fundición	115.00	ml	8.40	966.00
Acabados	10.75	m2	14.00	150.50
PRESTACIONES	3,530.50	%	1.10	3,883.55
TOTAL MANO DE OBRA				7,414.05
<u>EQUIPO</u>				
Herramienta y equipo		Global		463.95
TOTAL DEL EQUIPO				463.95
TRANSPORTE				1,100.00
			PRECIO UNITARIO:	151.00
			COSTO TOTAL	
			RENGLÓN:	12,684.00

Todos los Costos y Precios Incluyen el I.V.A.

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA RITA, GUASTATOYA, EL PROGRESO				
RENLÓN: D PATIO DE SECADO DE LODOS			UNIDAD:	GLOBAL
SUB-RENLÓN: D.3 LADRILLO + GRANULOMETRIA			CANTIDAD:	1.00
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
<u>MATERIALES</u>				
TOTAL MATERIALES				14,199.60
<u>MANO DE OBRA</u>				
Colocar ladrillo	105.00	m2	14.00	1,470.00
Colocar arena gruesa	15.00	m3	18.00	270.00
Colocar pedrin 1/2"	17.33	m3	18.00	311.94
Colocar pedrin 1"	17.33	m3	18.00	311.94
Colocar piedra bola	16.80	m3	18.00	302.40
PRESTACIONES	2,666.28	%	1.10	2,932.91
TOTAL MANO DE OBRA				5,599.19
<u>EQUIPO</u>				
Herramienta y equipo		Global		225.21
TOTAL DEL EQUIPO				225.21
TRANSPORTE				750.00
			PRECIO UNITARIO:	20,774.00
			COSTO TOTAL	
			RENLÓN:	20,774.00

Todos los Costos y Precios Incluyen el I.V.A.

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA RITA, GUASTATOYA, EL PROGRESO				
REGLÓN: E POZOS DE ABSORCIÓN			UNIDAD:	U
SUB-REGLÓN: E.1 ESTRUCTURA			CANTIDAD:	1.00
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
<u>MATERIALES</u>				
TOTAL MATERIALES				696.15
<u>MANO DE OBRA</u>				
Levantado	3.15	m2	23.80	74.97
Armado No. 3	40.00	ml	1.00	40.00
Armado No. 2	45.00	ml	0.70	31.50
Fundir losa de cubrimiento	5.06	m2	28.00	141.68
Fundir losa (entrada + salida)	0.90	m2	28.00	25.20
Formaleta	5.95	m2	14.00	83.30
Desencofrado	5.95	m2	7.00	41.65
Acabados	5.95	m2	5.00	29.75
PRESTACIONES	468.05	%	1.10	514.86
TOTAL MANO DE OBRA				982.91
<u>EQUIPO</u>				
Herramienta y equipo		Global		22.47
TOTAL DEL EQUIPO				22.47
<u>TRANSPORTE</u>				32.47
			PRECIO UNITARIO:	1,734.00
			COSTO TOTAL	
			REGLÓN:	8,670.00

Todos los Costos y Precios Incluyen el I.V.A.

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE SANTA RITA, GUASTATOYA, EL PROGRESO				
RENGLÓN: F VIGAS DE APOYO			UNIDAD:	ml
			CANTIDAD:	12.60
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
<u>MATERIALES</u>				
TOTAL MATERIALES				1,502.45
<u>MANO DE OBRA</u>				
Formaleta	11.34	m2	24.00	272.16
Armado No. 3	73.92	ml	1.12	82.79
Armado No. 2	89.60	ml	0.60	53.76
Fundición	12.60	ml	11.20	141.12
Desencofrado	11.34	m2	10.50	119.07
Acabados	15.12	m2	9.80	148.18
Recubrir tubo	12.60	ml	6.30	79.38
PRESTACIONES	896.46	%	1.10	986.11
TOTAL MANO DE OBRA				1,882.57
<u>EQUIPO</u>				
Herramienta y equipo				103.38
TOTAL DEL EQUIPO				103.38
TRANSPORTE				153.00
			PRECIO UNITARIO:	289.00
			COSTO TOTAL	
			RENGLÓN:	3,641.40

Todos los Costos y Precios Incluyen el I.V.A.

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE SANTA RITA, GUASTATOYA, EL PROGRESO				
RENGLÓN: G COLUMNAS DE APOYO			UNIDAD:	ML
			CANTIDAD:	4.40
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO
MATERIALES				
TOTAL MATERIALES				582.95
MANO DE OBRA				
Formaleta	2.20	m2	18.20	40.04
Armado de columna No. 3	19.58	ml	1.00	19.58
Armado de zapata No. 3	16.90	ml	1.12	18.93
Armado No. 2	22.00	ml	0.84	18.48
Fundir columna	4.40	ml	11.20	49.28
Fundir Zapata	0.35	m3	42.00	14.70
Desencofrado	2.20	m2	9.10	20.02
Acabados	2.20	m2	10.00	22.00
PRESTACIONES	203.03	%	1.10	223.33
TOTAL MANO DE OBRA				426.36
EQUIPO				
Herramienta y equipo		Global		77.23
TOTAL DEL EQUIPO				77.23
TRANSPORTE				97.06
			PRECIO UNITARIO:	269.00
			COSTO TOTAL	
			RENGLÓN:	1,183.60

Todos los Costos y Precios Incluyen el I.V.A.

IX. CONCLUSIONES

Los métodos de tratamiento de las aguas residuales empezaron a desarrollarse ante la necesidad de velar por la salud pública y evitar las condiciones adversas provocadas por la descarga del agua residual al medio ambiente. Al inicio, los objetivos principales estaban relacionados con: La eliminación de la materia en suspensión y los flotantes, el tratamiento de la materia orgánica biodegradable, y la eliminación de los organismos patógenos.

Luego de grandes esfuerzos se consiguió una mejor comprensión de los impactos medioambientales producidos por los vertidos de aguas residuales, como el conocimiento cada vez más profundo de los efectos a largo plazo causados por la descarga al medio ambiente de algunos de los constituyentes específicos del agua residual.

En los últimos años el tratamiento de las aguas residuales ha empezado a centrarse en los problemas de salud relacionados con la descarga al medio ambiente de productos químicos tóxicos, se está dando mayor énfasis en la determinación y eliminación de estas sustancias que pueden ser responsables de problemas sanitarios a largo plazo. El estudio que se realizó anteriormente se basó en la necesidad de tratar las aguas residuales antes de su disposición, tomando en cuenta el grado de contaminación de las aguas y en un costo relativamente cómodo tomando en cuenta los ingresos económicos de los lugareños, para que se pueda llevar a cabo dicho proyecto.

Al finalizar dicho estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El diseño de la planta de tratamiento a realizar en la Aldea Santa Rita, cuenta con una combinación de diferentes tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Utilizando tanto un pre-tratamiento, un tratamiento primario y una filtración natural, basándose en las características del medio ambiente, temperatura y precipitación. Tomando en cuenta estas combinaciones de sistemas y escogiendo los que mejor se puede aplicar en las condiciones anteriormente descritas y tomando en cuenta la población se llegó a un sistema adecuado, el cual es capaz de eliminar un 50% de sólidos suspendidos y reducirá la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) hasta un 40%.
- Como se dijo anteriormente, fue factor decisivo el aspecto económico para el diseño de la planta de tratamiento. Se hizo de esta manera para que el proyecto no solo fuera eficaz, sino de la misma manera rentable, y que se llevara a cabo con la brevedad posible, ya que se consiguió mantener el costo bastante bajo.
- El agua es un recurso natural no renovable en un 100 por ciento y es por esto que debemos no sólo cuidarlo, sino que tratarlo después de su utilización para que éstas aguas residuales

no perjudiquen a todas aquellas, que todavía se puede utilizar.

- Se debe cuidar el medio ambiente, evitando la contaminación como los malos olores, haciendo esto se pueden mantener los ambientes naturales, conservando la vida natural que existe y sus ambientes naturales, que son tan importantes para que las especies vivientes naturales que habitan estas áreas se reproduzcan, tanto animales como plantas.

Al elaborar este trabajo, se vio la necesidad de hacer ciertas recomendaciones, no sólo para la elaboración y mantenimiento de la planta de tratamiento, sino también a las autoridades gubernamentales.

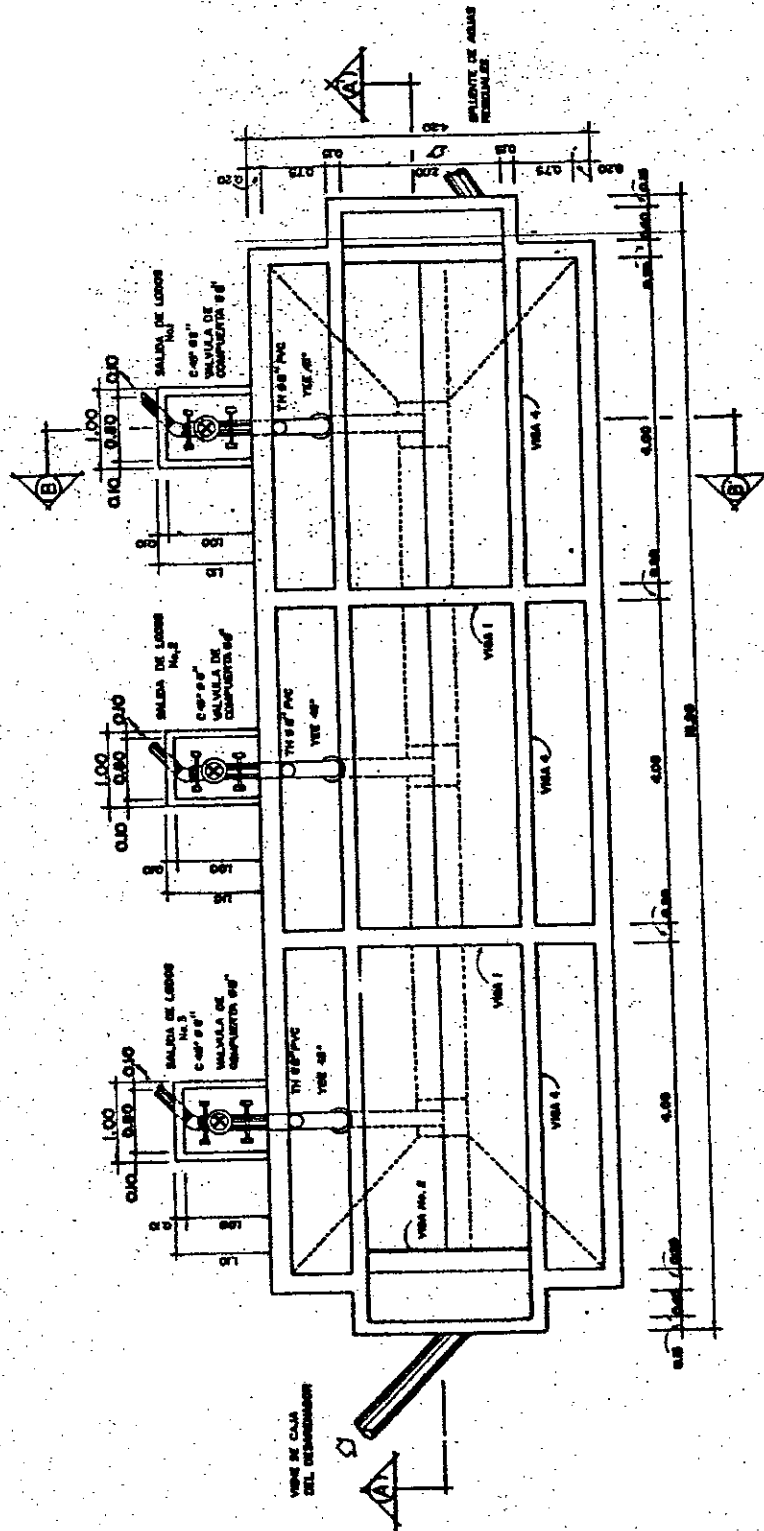
X RECOMENDACIONES

- A la hora de ejecutar se debe evitar la contaminación del medio ambiente, así como su deforestación, tratando preservar las condiciones naturales para evitar un contraste significativo.
- Se debe tomar en cuenta que los operarios que manejan aguas negras, están expuestos a todos los peligros de las enfermedades de origen hídrico, es por esto que en todo momento se debe de evitar el contacto directo con dichas aguas.
- La planta de tratamiento debe tener un mantenimiento adecuado, una sola persona puede ser capaz de realizarlo. El mantenimiento incluye limpieza de las unidades, cuando sea posible. La correcta evacuación de las aguas, abriendo las válvulas cuando sea necesario, y la evacuación de los lodos cuando estos ya hayan sido debidamente tratados. Hay que recordar que estos lodos pueden ser utilizados para fertilización de los cultivos que se encuentran alrededor.
- Las autoridades deben velar, pensando en la importancia del agua y tomando en cuenta que no es posible renovar dicho recurso natural, para que se cumpla con las normas de controles ambientales y se exija que en cada lugar donde sea necesario, sean tratadas las aguas residuales para evitar enfermedades, contaminación, y destrucción del medio ambiente. Tanto en los proyectos por ejecutar como aquellos que fueron ya ejecutados y descargan sus aguas directamente a los ríos sin haber sido tratada.
- A las industrias, que reciclen sus aguas para sus procesos de fabricación y cuando esto no sea posible que las traten debidamente, según sus componentes antes de que lleguen al alcantarillado general.
- A las personas, que tengan conciencia y utilicen el agua de una forma correcta, evitando el desperdicio y de esta forma conservando uno de los recursos naturales más importantes y vitales para el ser humano.

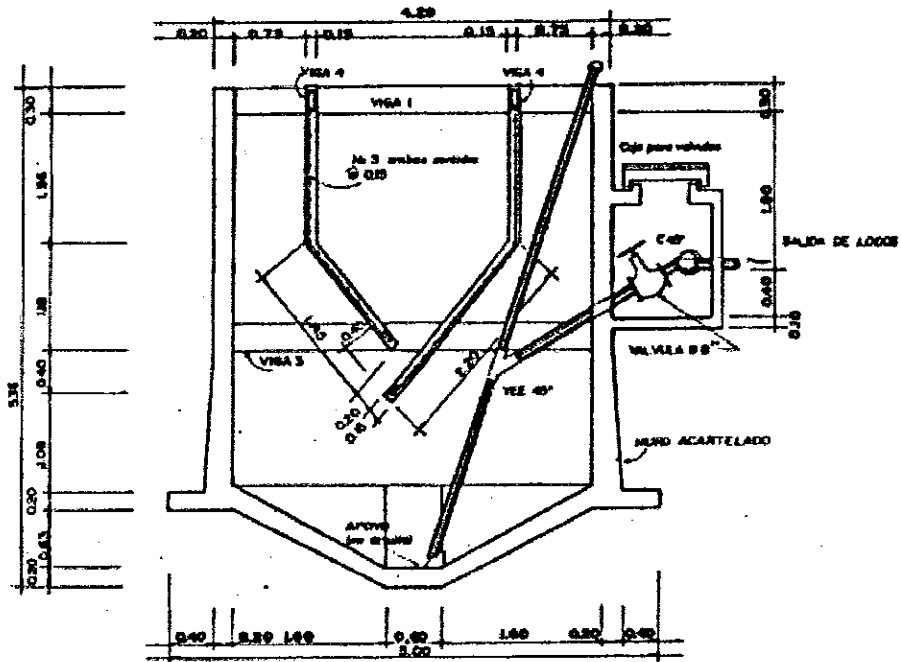
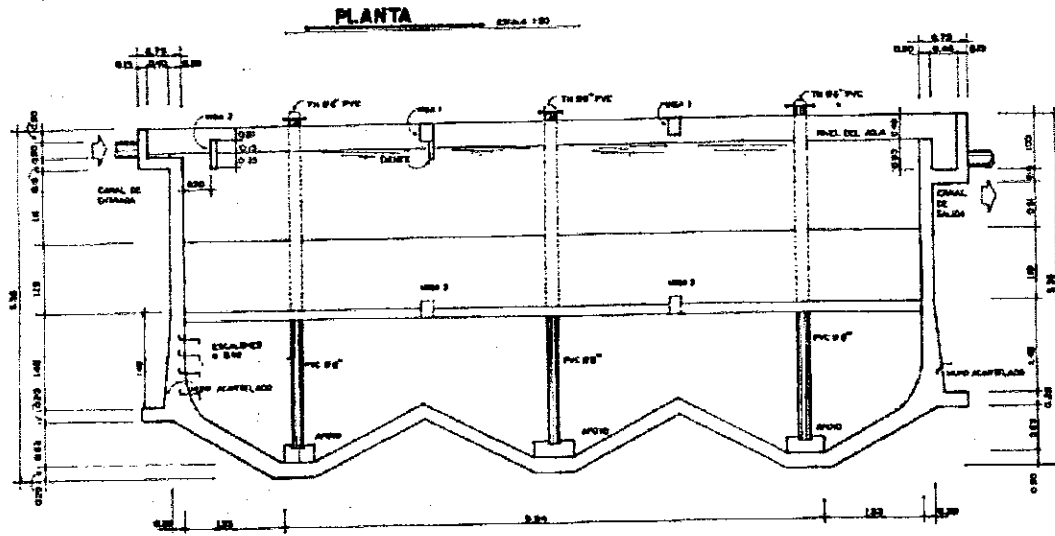
XI BIBLIOGRAFÍA

1. Bendfeldt Castillo Manolo, 1998, *Diseño de una planta de tratamiento para aguas negras (Llanos de Azacualpilla)*, Universidad del Valle de Guatemala, 114 pp.
2. Cevallos Rivas Rolando, 1966, *Diseño de una planta de tratamiento de aguas negras como solución al problema de los drenajes en la zona sur de la ciudad de Guatemala*, Universidad de San Carlos de Guatemala, 147 pp.
3. Estados Unidos, 1964, Departamento de Sanidad, *Manual de Tratamiento de Aguas Negras*, Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Quinta Edición, México, Editorial Limusa - Wiley, 304 pp.
4. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional "Ing. Alfredo Obiols Gómez" (IGN), INSIVUMEH, Departamento de Hidrología, Datos Estadísticos. Departamento de Mapas.
5. Merritt S. Federick; Ricketts T. Jonathan, 1999, *Manual del Ingeniero Civil*, Cuarta Edición, México, McGRAW-HILL,
6. Metcalf & Eddy, 1996, *Ingeniería de Aguas Residuales*, Tercera Edición, México, McGRAW-HILL, 1485 pp.
7. Metcalf & Eddy, 1981, *Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales*, Editorial Labor S.A. 837 pp.

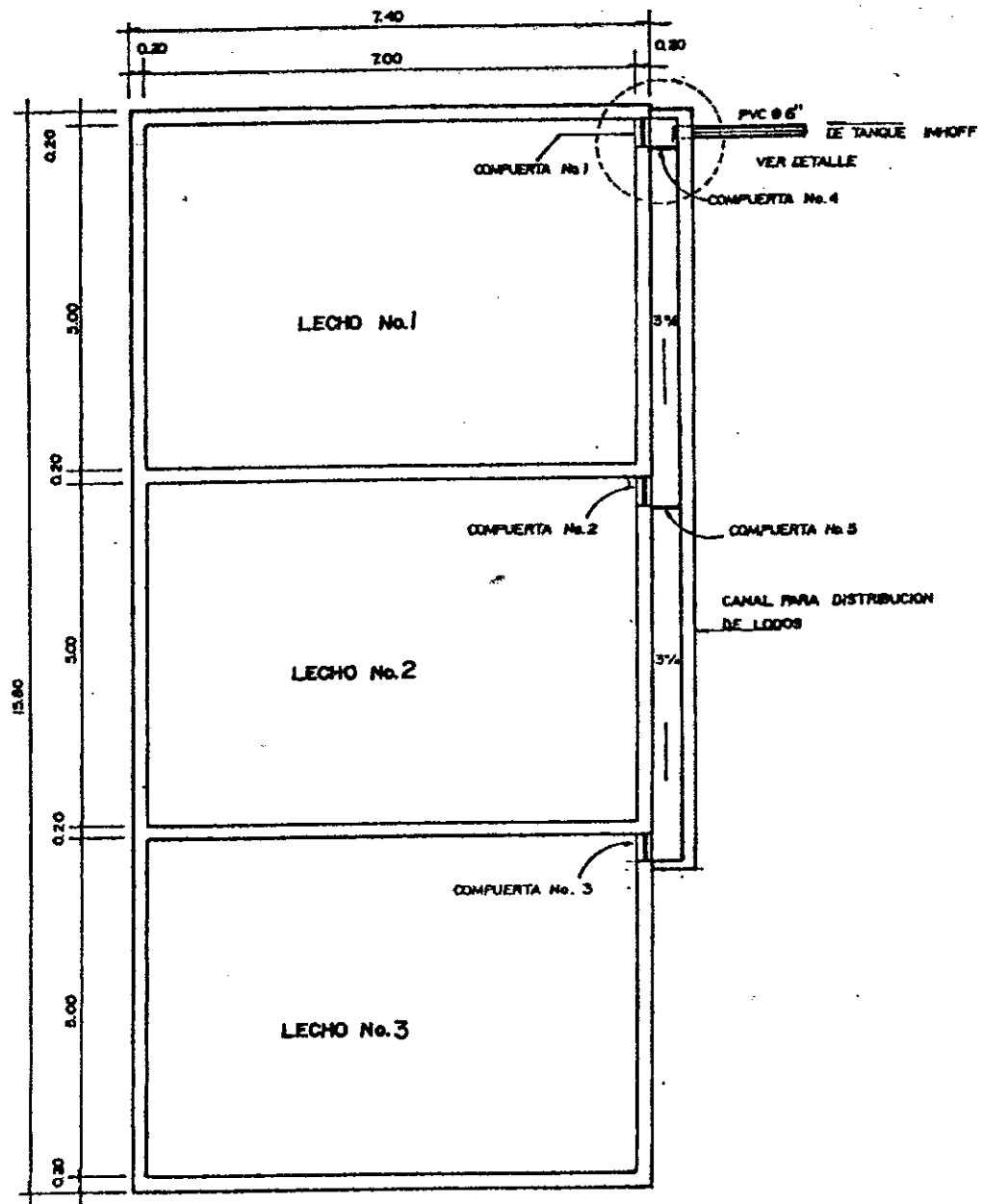
ANEXOS



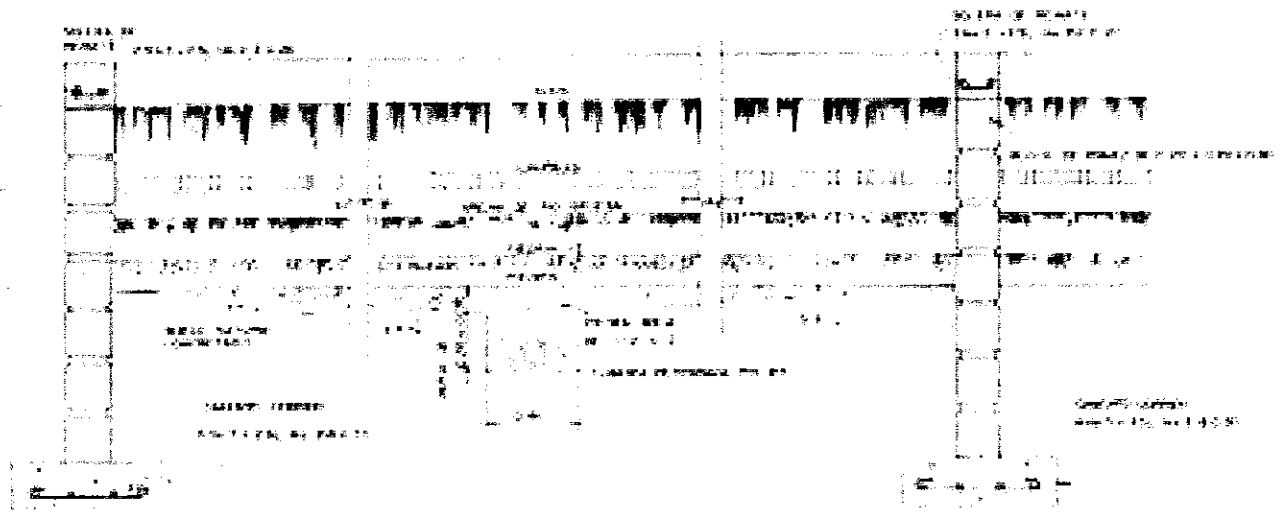
PLANTA TANQUE IMHC



PERFIL TANQUE IMHOFF



PLANTA PATIO DE SECADO DE LODOS



PERFIL PATIO DE SECADO DE LODOS

