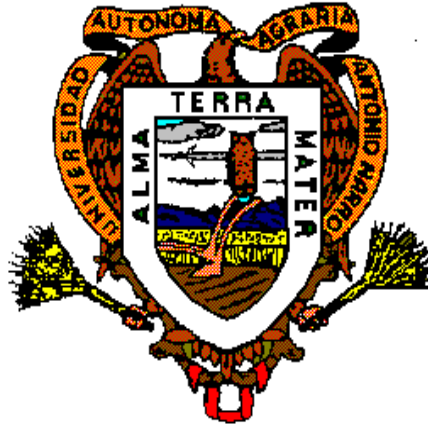


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ ANTONIO NARRO ”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales con Tecnología Natural
para el Municipio de San Ciró de Acosta S.L.P.**

Por:

MARCO CÉSAR CASTILLO LUNA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN MAQUINARIA AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre de 1999

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

**Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales con Tecnología Natural
para el Municipio de San Ciró de Acosta S.L.P.**

Por:

MARCO CÉSAR CASTILLO LUNA

TESIS

**Que Somete a la Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial
para Obtener el Título de**

INGENIERO AGRÓNOMO EN MAQUINARIA AGRÍCOLA

Aprobada por el Comité de Tesis

Asesor Principal

M.C. Héctor Uriel Serna Fernández.

Sinodal

Sinodal

ARQ. Francisco Dávila Ramos.

M.C. Gabriel Mendoza Santillan.

Coordinador de la División de Ingeniería

M.C. Jesús R. Valenzuela García.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre de 1999

AGRADECIMIENTOS

A mi “**ALMA MATER**” Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme abierto las puertas desde el día en que las toqué y haber formado parte de mi vida profesional enriqueciéndome de conocimientos que siempre estarás brindando con tanto orgullo.

Al Arquitecto Francisco Dávila Ramos él más sincero agradecimiento, respeto y admiración por él tiempo y esfuerzo desinteresado que me brindo en la asesoría del presente proyecto.

De la misma manera al M.C. Héctor Uriel Serna Fernández por su asesoría apoyo y amistad que me ofreció en todo momento para la realización de este proyecto.

Al M.C. Gabriel Mendoza Santillan por su valiosa colaboración en la revisión y observaciones durante el proyecto.

Y a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron en la realización de esta tesis les estoy plenamente agradecido por sus observaciones y apoyo que me brindaron.

Gracias.....

DEDICATORIAS

A mis Padres:

Sr. Alvaro Castillo Balderas.

Sra. Angela Luna Orduña.

Quienes quiero y respeto tanto, ¡quien les debo lo que soy ! Gracias por haberme guiado en el buen camino y hacer realidad mi sueño de concluir mis estudios universitarios.

A mis dos Hermanas:

Azucena Castillo Luna.

Alma Délia Castillo luna.

Que quiero, respeto y admiro mucho, por haberme apoyado en todo momento; pido a Dios que un día pueda recompensarles un poco de lo mucho que e recibido de ustedes.

A mis Abuelos (as):

Sr. Porfirio Castillo (+).

Sra. Mercedes Balderas.

Sr. Refugio Luna (+).

Sra. Aurora Orduña.

Por darme tanto amor y hacerme sentir dichoso desde el momento en que nací.

A mis Tíos:

Salvador Castillo.

Rosario Castillo.

Zuzano Castillo.

Jaime Castillo.

Por darme su apoyo y sus consejos incondicional y desinteresadamente.

A mis amigos:

Por darme su amistad incondicional.

COMPENDIO

Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales con Tecnología Natural
para el Municipio de San Ciro de Acosta. S.L.P.

POR
MARCO CÉSAR CASTILLO LUNA.

LICENCIATURA
MAQUINARIA AGRICOLA.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”.
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. OCTUBRE DE 1999.

MC. Héctor Uriel Serna Fernández.
ARQ. Francisco Dávila Ramos.
M.C. Gabriel Mendoza Santillan.

Palabras claves: Pantano, fosa séptica, tanque Imhoff, agua residual, filtro microbiano.

El propósito fundamental de un proyecto de tratamiento de aguas residuales es darle rehuso al agua y nutrientes contenidos en este tipo de aguas para aprovecharlas productivamente en sistemas agrícolas y forestales de una manera ecológicamente perfecta y balanceada; además de reducir los altos índices de contaminación y proporcionar paralelamente un alto grado de renovación del medio ambiente en el que se encuentran.

CONTENIDO.

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
COMPENDIO.....	v
CONTENIDO.....	vi
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
I.-INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Objetivos.....	2
II.-REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Definiciones.....	3
2.2. Características de las aguas residuales.....	3
2.3. Parámetros de calidad del agua.....	5
2.3.1. Parámetros físicos.....	5
2.3.2. Parámetros químicos.....	6
2.3.3. Parámetros biológicos.....	7
2.4. Tratamiento preliminar.....	7
2.4.1. Rejas.....	7
2.4.2. Rejillas finas.....	8
2.4.3. Tanques despumadores o desgrasadores.....	8
2.5. Tratamiento primario.....	8
2.5.1. Tanques sépticos.....	9
2.5.2. Tanques de doble acción.....	9
2.5.3. Tanques de sedimentación simple.....	10
2.5.4. Tratamiento químico.....	12
2.6. Tratamiento secundario.....	12
2.6.1. Filtros percoladores.....	12
2.6.2. Filtros de arena intermitentes.....	13
2.6.3. Lodos activados.....	13

2.6.4. Estanques de estabilización.....	14
2.7. Cloración de las aguas residuales.....	16
2.8. Tratamiento biológico.....	17
2.9. El filtro microbiano para el tratamiento de aguas residuales.....	19
2.10. Importancia del lirio acuático en el tratamiento de aguas residuales.....	21
2.11. Eficiencia de los sistemas de tratamiento.....	23
III.-MATERIALES Y METODOS.....	24
3.1. Descripción del área de estudio.....	24
3.1.1. Ubicación.....	24
3.1.2. Vías de comunicación.....	24
3.1.3. Aspectos de la población.....	25
3.1.4. Aspectos demográficos.....	25
3.1.5. Hidrografía.....	26
3.1.6. Clima.....	26
3.1.7. Orografía.....	27
3.1.8. Geología.....	27
3.1.9. Clasificación y uso del suelo.....	27
3.1.10. Flora y fauna.....	28
3.1.11. Agricultura y ganadería.....	28
3.2. Métodos.....	28
3.2.1. Proyección de la población y su aportación de aguas residuales.....	28
3.2.2. Diagnostico de la descarga de aguas residuales.....	29
3.2.3. Muestreo del agua residual.....	29
3.2.4. Caracterización del agua residual.....	31
3.2.5. Condiciones particulares de descarga para San Ciro de Acosta.....	32
3.2.6. Parámetros de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.....	33
3.2.7. Calidad requerida en el efluente para la planta de tratamiento de agua residual.....	34
3.2.8. Selección de alternativas del sistema de tratamiento.....	35
3.2.9. Diseño del sistema de tratamiento.....	36

IV.-RESULTADOS.....	43
4.1. Diseño de los tanques de separación de sólidos.....	43
4.2. Diseño del filtro microbiano para el tratamiento del agua residual.....	44
4.3. Costos de construcción del sistema de tratamiento con tecnología natural.....	46
V.-DISCUSIÓN.....	50
5.1. Análisis Físicoquímico y Microbiológico al agua residual tratada por el filtro microbiano de la UAAAN.....	50
5.2. Ventajas y desventajas del sistema de tratamiento natural.....	51
5.2.1. Ventajas.....	51
5.2.2. Desventajas.....	51
5.3. Mantenimiento del sistema de tratamiento.....	51
5.3.1. Mantenimiento de la trampa de grasas.....	52
5.3.2. Mantenimiento de los tanques de sedimentación.....	52
5.3.3. Mantenimiento de los filtros microbianos.....	52
VI.-CONCLUSIONES.....	53
VII.-RESUMEN.....	57
VIII.-BIBLIOGRAFÍA.....	58
IX.-APENDICES.....	62
Apéndice A.....	63
Apéndice B.....	68
Apéndice C.....	74
<i>Curriculum Vitae</i>	81

INDICE DE CUADROS.

2.1. Composición de las aguas residuales domésticas.....	4
2.2. Cantidad de nutrientes que pueden ser recuperados por el lirio acuático.....	22
2.3. Eficiencia de los métodos de tratamiento de aguas residuales.....	23
3.1. Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua residual de San Ciro de Acosta.....	31
3.2. Segundo análisis fisicoquímico al agua residual de San Ciro de Acosta.....	31
3.3. Condiciones particulares de descarga para San Ciro de Acosta.....	32
3.4. Límites máximos permisibles cuando el efluente se usa en riego agrícola (NOM-001-ECOL-1996).....	34
3.5. Calidad requerida en el efluente para la planta de tratamiento de agua residual.....	35
4.1. Diseño de los tanques Imhoff para separación de sólidos.....	43
4.2. Diseño del filtro microbiano (pantano artificial) para el tratamiento del agua residual.....	44
4.3. Costos de construcción del sistema de tratamiento.....	46
4.3.1. Preliminares.....	46
4.3.2. Trampa de grasas y carcamo de bombeo.....	46
4.3.3. Tanques de sedimentación y patios de lodos.....	47
4.3.4. Filtros microbianos.....	48
4.3.5. Laguna de almacenamiento de agua tratada.....	49
5.1. Análisis fisicoquímico y microbiológico al efluente del sistema de tratamiento de la UAAAN.....	50
9.1. Frecuencia entre muestras de aguas residuales.....	63
9.2. Proyección de la población y su aportación de aguas residuales.....	66
9.3. Comprobación teórica de la eficiencia del pantano artificial.....	73

INDICE DE FIGURAS.

2.1. Tanque Imhoff para la sedimentación de las aguas residuales.....	10
2.2. Remoción de sólidos en suspensión y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) en aguas residuales por sedimentación simple en tanques primarios.....	11
2.3. Planta de tratamiento para aguas residuales de lodos activados.....	15
2.4. Planta de tratamiento para aguas residuales de estanques de estabilización.....	15
2.5. Organismos asociados en el tratamiento de las aguas residuales.....	18
3.1. Descarga de aguas residuales de San Ciro de Acosta.....	30
3.2. Cuerpo receptor de las aguas residuales (arroyo).....	30
4.1. Croquis de diseño de los tanques Imhoff para separación de sólidos.....	45
4.2. Croquis de diseño del filtro microbiano (pantano artificial) para el tratamiento del agua residual.....	45
6.1. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los diferentes meses del año.....	54

I.-INTRODUCCIÓN.

1.1. ANTECEDENTES.

Las aguas residuales generadas por una comunidad pueden ser una fuente importante de contaminación del medio ambiente.

El tratamiento de las aguas negras se refiere al procesamiento de las aguas residuales, sobre todo las domésticas producidas por las actividades típicas de la comunidad, y pueden provenir de sistemas de drenaje sanitario separado, o bien combinado con agua de lluvia.

Actualmente, las aguas residuales que se generan por las actividades domésticas y comerciales de San Ciro de Acosta S.L.P. no reciben tratamiento alguno. Existe una planta de tratamiento de aguas residuales, que consiste en lagunas aireadas (Lodos Activados), construidas en 1985, pero que dejó de operar por falta de una planeación adecuada, además de que los costos de mantenimiento, operación y ahora los de rehabilitación involucran erogaciones muy fuertes para el organismo operador que dada su situación económica - financiera, no es posible afrontar.

Por tal razón, se requiere la construcción de una nueva planta de tratamiento que resulte económica en su operación y mantenimiento, a la vez de cumplir con los parámetros especificados por la normatividad vigente, con el propósito de que el agua tratada sea susceptible de ser reutilizada fundamentalmente en riego agrícola.

Aunque pueden plantearse muchas alternativas de tratamiento de aguas residuales municipales para San Ciro de Acosta, debe tomarse en consideración principalmente la situación del organismo operador y su capacidad de absorber los costos de construcción, operación y mantenimiento. Ante tal aspecto, entre las alternativas de tratamiento destacan las lagunas de estabilización, sistema que ha sido ampliamente aplicado en México en los últimos años por lo que el municipio cuenta con un proyecto a futuro de esta naturaleza, pero considerando la situación antes mencionada del organismo operador, resulta muy difícil la aprobación de dicho proyecto

por el alto grado de inversión que este requiere (\$ 3,000,259.26 en el año de 1996 de acuerdo al Proyecto Ejecutivo de Lagunas de Estabilización para San Ciro de Acosta) a un que este represente bajo costo de operación y mantenimiento; por tal razón se considera otra alternativa que represente bajos costos de inversión, operación y mantenimiento, destacando el " filtro microbiano de rocas y plantas " mejor conocido como pantano artificial que permite obtener un efluente de calidad aceptable para riego agrícola, propiciando la protección al ambiente que básicamente son los requerimientos del organismo operador de San Ciro de Acosta.

1.2. OBJETIVOS:

1.- Diseñar un sistema que pueda satisfacer la necesidad del tratamiento de las aguas residuales del municipio y tenga la capacidad de suministrar agua para riego a las tierras agrícolas circundantes al sistema.

2.- Que el diseño del sistema pueda competir con sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales y se pueda usar como centro demostrativo para otras comunidades.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. DEFINICIONES:

El departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1995), menciona que se han dado nombres descriptivos a los diferentes tipos de aguas negras según su procedencia. Las definiciones correspondientes son las siguientes:

Aguas negras domésticas.- Son las que contienen desechos humanos, animales y caseros. También se incluye la infiltración de aguas subterráneas. Estas aguas negras son típicas de las zonas residenciales en las que no se efectúan operaciones industriales por lo que son de muy corta escala.

Aguas negras sanitarias.- Son las mismas que las domésticas, pero que incluyen también todos los desechos industriales de la población.

Aguas pluviales.- Formadas por todo el escurrimiento artificial de las lluvias, que fluyen desde los techos pavimentados y otras superficies naturales del terreno.

Aguas negras combinadas.- Son una mezcla de las aguas negras domésticas o sanitarias y de las aguas pluviales, cuando se colectan en las mismas alcantarillas.

Desechos industriales.- Son aguas de desecho provenientes de los procesos industriales. Pueden colectarse y disponerse aisladamente o pueden agregarse y formar parte de las aguas negras sanitarias o combinadas. Estos desechos pueden contener sustancias que, al ser vertidas, son causa de ciertos cambios biológicos, químicos o físicos en la masa de agua que las recibirá.

2.2. CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

La Subsecretaría del Mejoramiento del Medio Ambiente (1979), menciona que las aguas residuales domésticas son aquellas que resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua procedentes de casas habitación, edificios

comerciales e instituciones, junto con las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación pluvial que puedan agregarse. La cantidad de aguas residuales domésticas que se producen varían de acuerdo con el tipo de población y número de habitantes. Se considera que un intervalo normal de desechos de aguas residuales en un Municipio puede variar desde 160 hasta 800 l/hab/día. Esta cantidad puede verse seriamente incrementada con las aguas pluviales que se integran a las alcantarillas conduciendo los efluentes domésticos. Las aguas residuales domésticas están constituidas por: Desechos humanos y animales, desperdicios caseros, corrientes pluviales e infiltración en aguas subterráneas.

En términos generales la Subsecretaría del Mejoramiento del Medio Ambiente (1979), caracteriza a las aguas residuales municipales por elevadas concentraciones de sólidos, materia orgánica, grasas, aceites y detergentes.

S.E.D.U.E. (1988) reporta la composición típica de las aguas residuales de origen doméstico en el siguiente cuadro.

Cuadro 2.1. Composición de las aguas residuales domésticas (todos los valores se expresan en mg/ l).

Constituyentes	Fuerte	Media	Débil
- Sólidos totales (ST)	1,200	700	350
- Sólidos disueltos totales (SDT)	850	500	250
- Sólidos disueltos fijos (SDF)	525	300	145
- Sólidos disueltos volátiles (SDV)	325	200	105
- Sólidos suspendidos totales (SST)	350	200	100
- Sólidos suspendidos fijos (SSF)	75	50	30
- Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	275	150	70
- Sólidos sedimentados (SS, ml /l)	20	10	5
-DBO ₅	300	200	100
- Carbono orgánico total	300	100	100
- Nitrógeno total	85	40	20
- Fósforo total orgánico	5	3	2

Cuadro 2.1.continuación.

- Fósforo total inorgánico	15	7	4
- Cloruros	100	50	30
- Alcalinidad (Ca CO ₃)	200	100	50
- Grasas y aceites	150	100	50

Fuente. Metcalf and Eddy. Inc., Wastewater Engineering. Treatment, Disposal, Reuse., Mc Graw Hill, U.S.A. (1979); mencionado por SEDUE Subsecretaria de Ecología (1988).

2.3. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.

Mercalf and Eddy (1979), explica que los parámetros indicadores de calidad del agua son aquellos parámetros o características que permiten conocer las condiciones de calidad de cualquier agua, sin importar su uso o procedencia. Además de dar una idea a cerca de la calidad de las aguas residuales, los parámetros indicadores sirven como criterio para determinar los procedimientos más adecuados para su tratamiento, en caso de ser necesario, y como base de diseño para el dimensionamiento de los equipos de depuración. Para su estudio, los parámetros de calidad del agua los clasifica en: físicos, químicos y biológicos. A continuación se describen los principales parámetros utilizados para el agua residual.

2.3.1. Parámetros Físicos.

Temperatura.- Es una propiedad termodinámica de las sustancias que sirve para medir la cantidad de calor contenida en las mismas. En el caso específico del agua es la energía en tránsito que fluye de una parte a otra en virtud de una diferencia de temperatura. Generalmente, la temperatura en una agua residual es más alta que la del agua de suministro debido al calor deseado en las diversas actividades domésticas e industriales.

Sólidos Totales.- Son todos aquellos sólidos, que quedan como residuos al ser evaporada el agua a una temperatura de 103⁰ C.

Sólidos Suspendidos.- Son aquellos sólidos suspendidos de tamaño de una micra, por lo que son perceptibles a simple vista y no pueden ser separados por medios físicos o mecánicos, tales como la sedimentación, filtración, etc.

Sólidos sedimentables.- Son la porción de los sólidos suspendidos que debido a la operación de sedimentación se depositan en el fondo de un recipiente llamado como IMHOFF en un termino de una hora.

Materia Flotante.- Es el material que flota libremente en la superficie del agua y que por su gran tamaño, puede ser retenido en mallas.

Sólidos Disueltos.- Se componen de moléculas orgánicas e inorgánicas que se encuentran presentes en dilución verdadera en el agua.

Sólidos Coloidales.- Son partículas con un diámetro que oscilan entre 1 y 0.001 micras. Debido a su pequeño tamaño, éstos sólidos no pueden eliminarse por sedimentación. Por lo general, para su eliminación se requiere de una coagulación u oxidación biológica seguida de sedimentación.

Color.- Es la coloración que toma el agua debido a la presencia de material colorido en estado coloidal y en suspensión.

Olor.- El olor de una agua residual es un indicativo del estado de descomposición de la misma y de la presencia de contaminantes químicos aromáticos que le imparten olores característicos.

2.3.2. Parámetros Químicos.

Potencial de Hidrogeno.- El pH es un termino usado universalmente para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o alcalinas de una solución.

Grasas y Aceites.- Es aquel parámetro que indica la concentración de sustancias grasas y oleasas contenidas en una muestra de agua.

Demanda Bioquímica de Oxígeno.- Es la cantidad de oxígeno requerida para llevar acabo la oxidación biológica de la materia orgánica contenida en una muestra de agua en condiciones aeróbicas.

Demanda Química de Oxígeno.- Es la cantidad de oxígeno requerida para que se lleve la oxidación química de la materia orgánica presente en una muestra de agua en condiciones aeróbicas.

Metales Pesados.- Son los vestigios de metales tales como el níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro y mercurio contenidos en una muestra de agua.

2.3.3. Parámetros Biológicos.

Coliformes Totales.- Los organismos coliformes totales, son bacterias en forma de bastoncillo, contenidos en la materia fecal del hombre y en algunos suelos. El parámetro coliformes totales es una medida del número más probable de bacterias coliformes contenidas en un agua residual y se utiliza para evaluar indirectamente la posibilidad de que en dicha agua puedan existir cantidades importantes de organismos patógenos capaces de dañar la salud del hombre. Desde el punto de vista de la ingeniería sanitaria, la presencia de cantidades excesivas de organismos coliformes en una muestra de agua implica la urgente necesidad de depurar dicha agua con el fin de reducir al mínimo posible sus niveles de peligrosidad.

2.4. TRATAMIENTO PRELIMINAR.

Frederick (1984), el objeto del pretratamiento, es, eliminar de las aguas residuales los materiales gruesos que puedan interferir el tratamiento, que no respondan al mismo, o que puedan dañar o tapar las bombas, tuberías, válvulas y boquillas. Se utilizan con este fin diversos dispositivos de cernido:

2.4.1. Rejas.

Son cernidores fijos compuestos de barras paralelas, colocadas verticalmente o inclinadas en dirección del flujo, con el fin de captar los desechos. Sus espacios entre barras son de 2 pulgadas o más. Las rejas de dimensión media tienen espaciamientos de 0.5 a 1.5 pulgadas.

Aunque es deseable una velocidad mínima de unos 2 pies/s en el canal de acceso, la velocidad a través de la reja debe ser menor, quizá de 0.5 a 1 pie/s. Para tener en cuenta la pérdida de carga hidráulica a través de la reja, el fondo del conducto puede bajarse en la reja, de 3 a 6 pulgadas.

2.4.2. Rejillas finas.

Tienen aberturas de tamaño uniforme, o ranuras de 1/8 de pulgada de ancho o menos, tienen baja eficiencia en el tratamiento de aguas residuales, pero son útiles para eliminar materiales voluminosos y fibrosos de los desechos industriales.

2.4.3. Tanques despumadores o desgrasadores.

Pueden colocarse antes de los tanques de sedimentación. Eliminan el aceite y la grasa, que tienden a formar nata, tapar las rejillas finas, obstruir los filtros y a reducir la eficiencia del cieno activado. El aire comprimido, aplicado a través de planchas porosas situadas en el fondo del tanque, coagula la grasa y el aceite y hace que suban a la superficie. Se requiere como un 0.1 pie³ de aire por galón, en un tiempo de 5 a 15 minutos. Unos 2 miligramos por litro de cloro aumenta la eficiencia de la eliminación de la grasa.

2.5. TRATAMIENTO PRIMARIO.

Frederick (1984), en la mayor parte de las plantas de tratamiento de aguas residuales, la sedimentación constituye un tratamiento primario. El principal objetivo de la sedimentación es la remoción de sólidos que se asientan.

La eficiencia de un tanque de sedimentación depende del tamaño de la partícula, su gravedad específica y velocidad de sedimentación. Depende también de otros factores: concentración de la materia en suspensión, profundidad y forma de la cámara, deflectores, longitud total de flujo, viento y efectos biológicos.

El departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1995), describe varios dispositivos que se usan en el tratamiento primario de aguas residuales que a continuación se describen:

2.5.1. Tanques sépticos.

Están diseñados para mantener a las aguas residuales 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.

2.5.2. Tanques de doble acción.

Diseñados para corregir los dos defectos principales del tanque séptico, en la forma siguiente:

- 1.- 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.
- 2.- Proporcionar un efluente adaptable a un tratamiento ulterior.

El tan conocido y profusamente usado tanque de doble acción se conoce como tanque Imhoff. Puede ser rectangular o circular, y se divide en 3 compartimentos o cámaras, que son:

- 1).- Sección superior que se conoce como cámara de sedimentación.
- 2).- Sección inferior que es la cámara de digestión de lodos.
- 3).- Respiradero y cámara de natas.

La eficiencia de los tanques Imhoff es aproximadamente la misma que la de un tanque corriente de sedimentación. 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% de sólidos suspendidos y reduciéndose la DBO_5 en un 25 a un 35%.

En la figura siguiente se muestra un tanque Imhoff que permite la sedimentación de las aguas residuales en los compartimentos superiores y la digestión de lodos en los inferiores.

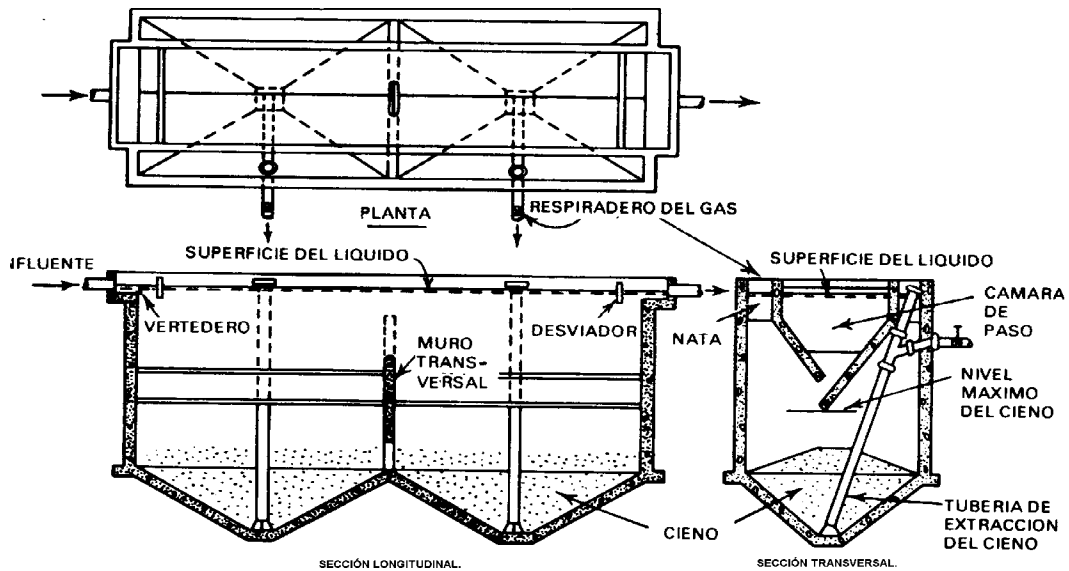


Figura 2.1. Tanque Imhoff para la sedimentación de las aguas residuales.

2.5.3. Tanques de sedimentación simple.

Los sólidos asentados se substraen continuamente, o en intervalos frecuentes, para no dar tiempo a que se desarrolle la descomposición de gases. Los sólidos pueden irse acumulando por gravedad, en una tolva o embudo, o hacia un punto más bajo del fondo del tanque, de donde se bombean o descargan por la acción de la presión hidrostática.

Gordon (1971), la eficiencia de un tanque de sedimentación ideal de flujo continuo se puede dividir en cuatro zonas:

- 1.- Una zona de entrada, en la que el flujo entrante y la materia suspendida se dispersan a través de la sección transversal en ángulo recto al flujo.
- 2.- Una zona de sedimentación, en la que las partículas en suspensión se sedimentan dentro del agua sujeta a flujo.
- 3.- Una zona de fondo, en la que los sólidos removidos se acumulan, y se extraen de ahí como flujo inferior.
- 4.- Una zona de salida, en la que el flujo y las partículas en suspensión remanentes se llevan al conducto del efluente.

Pero por lo general las aguas coaguladas y suavizadas mediante cal, así como las aguas municipales sujetas a sedimentación simple o a coagulación en tanques primarios de cuatro zonas, se diseñan para ser sometidas a periodos de retención de 2 horas aproximadamente o a cargas superficiales de 900 galones por día por pie cuadrado (36,750 lpd por m²) en tanques de 10 pies (3.05 m) de profundidad sobre la zona de lodos.

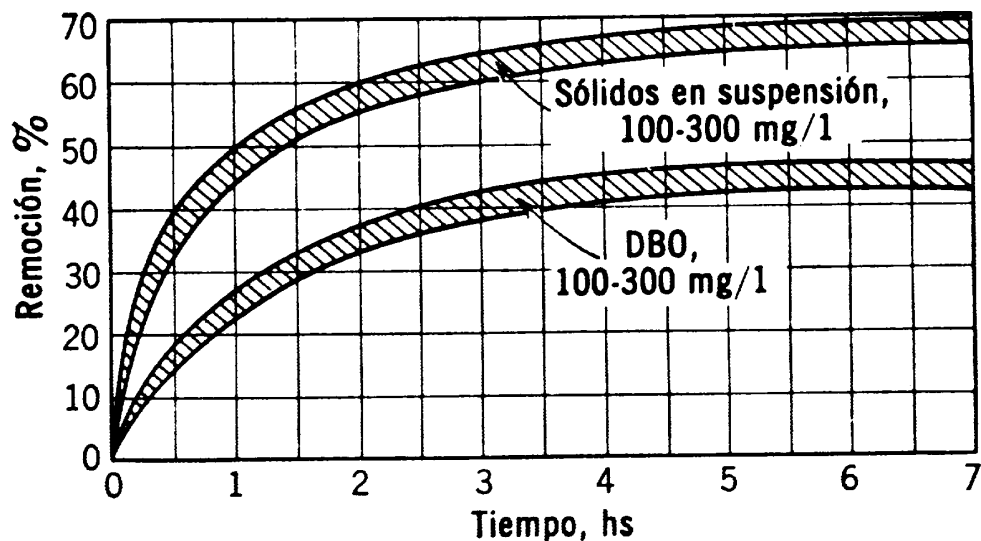


Figura 2.2. Remoción de sólidos en suspensión y Demanda Bioquímica de Oxígeno en aguas residuales por sedimentación simple en tanques primarios.

El Great Lakes-Upper Mississippi River Board of Public Health Engineers (Consejo de Ingenieros en Sanidad Pública de los Grandes Lagos y el Alto Río Mississippi) ha desarrollado las siguientes cargas normales permisibles para tanques de sedimentación, requeridos para remover los porcentajes dados de DBO₅:

Remoción de DBO ₅ en %	20	24	27	30	32	34	36	37
Carga gpd/pie ²	2,200	1,800	1,500	1,200	1,000	800	520	400
Carga lpd/m ²	774.4	633.6	528.0	422.4	281.6	183.0	140.8	

2.5.4. Tratamiento químico.

Metcalf (1979), la precipitación química se utiliza a veces para mejorar el efluente que proviene de la sedimentación. El alto costo de los productos químicos y el grado intermedio de tratamiento que se obtiene con los productos químicos han impedido el uso general de este proceso.

El alumbre (sulfato doble de aluminio y potasio), cloruro férrico, sulfato ferroso y los polielectrolitos, son sustancias químicas utilizadas para acelerar el precipitado.

El departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1995), menciona que con el tratamiento químico se logra una disminución de hasta 90% de sólidos suspendidos y hasta 70% en la DBO₅.

2.6. TRATAMIENTO SECUNDARIO.

2.6.1. Filtros Percoladores.

Son cámaras de agregado grueso sobre el que se pulveriza a las aguas residuales.

Frederick (1984), entre los medios filtrantes se incluye la grava, rocas trituradas, piezas de cerámica, escorias y plásticos. En general el tamaño de las rocas se mantiene entre 2 y 4 pulgadas de diámetro nominal. Los filtros pueden ventilarse a través del sistema de drenaje, o por otros métodos, para suministrar aire a los organismos aeróbicos.

El departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1995), menciona que por economía, los filtros deben ser precedidos por tanques de sedimentación primaria equipados con colectores de natas. Un tratamiento primario antes de estos filtros, permite aprovechar al máximo su capacidad haciendo fácilmente sedimentables a los sólidos no sedimentables, coloidales y disueltos. Tomándose como base las cargas hidráulicas y DBO₅, los filtros percoladores se clasifican en “de gasto normal” y “de gran gasto”.

Filtros Goteadores de Gasto Normal.- Estos operan con cargas hidráulicas de 10,000 a 40,000 metros cúbicos por hectárea por día, (1.1 a 4.4 millones de galones por acre por día) con una carga orgánica de 0.08 a 0.40 kilogramos por metro cúbico de medio filtrante por día (5.0 a 25 libras por 1,000 pies cúbicos de medio filtrante por día).

Filtros Goteadores de Gran Gasto.- Operan con cargas hidráulicas de 80,000 a 400,000 metros cúbicos por hectárea por día (8.7 a 44.0 millones de galones por acre por día) y con cargas orgánicas de 0.40 a 0.80 kilogramos por metro cúbico (25.0 a 50.0 libras por 1,000 pies cúbicos de medio filtrante por día).

2.6.2. Filtros de Arena Intermitentes.

Frederick (1984), menciona que están formados por lechos de arena, generalmente de 2.5 a 3 pies de profundidad, con drenes inferiores para recolectar y llevarse el efluente. El periodo de reposo entre las dosis da tiempo para que el aire ayude en la oxidación de la materia orgánica.

Las cantidades de aplicación varían generalmente desde 20,000 galones por acre por día hasta 125,000 gal cuando los filtros sirven de tratamiento secundario.

El departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1995), reporta que una planta de filtración por arena, intermitente, bien operada, dará un efluente estable, transparente y cristalino, casi completamente oxidado y nitrificado. Puede esperarse una eliminación global del 95% de la DBO₅, o más, así como de los sólidos suspendidos en las aguas negras crudas. Esto supera otros procesos secundarios de tratamiento aceptados.

2.6.3. Lodos Activados.

Frederick (1984), el paso de burbujas de aire a través de las aguas residuales coagula los coloides y la grasa, satisface parte de la DBO₅, y reduce un poco el nitrógeno amoniacal. La reducción de la DBO₅ y sólidos en suspensión en el proceso convencional de lodos activados que incluye predecantación y sedimentación final,

puede variar desde 80 a 95% y la reducción de bacterias coliformes de 90 a 95%. Además, el costo de construcción de una planta de lodos activados puede ser competitivo con otros tipos de plantas de tratamiento que producen resultados comparables. Sin embargo, los costos unitarios de operación son relativamente altos.

Gordon (1971), dice que la velocidad de sedimentación libre de las partículas de 10^{-1} cm de diámetro con un peso específico de 1.005, que generalmente es de 2×10^{-1} cm por segundo, disminuye en 10% a una concentración de sólidos de 2,500 mg por litro. Por lo tanto, bajo condiciones ideales, la carga superficial de los tanques secundarios que traen lodos activados, puede ser tan alta como de 4,000 gpd por pie cuadrado (183,000 lpd por m^2) y el periodo de retención tan bajo como 0.47 horas o 30 minutos en un tanque de 10 pies (3.05m) de profundidad.

El departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1995), dice que pueden lograrse abatimientos de la DBO_5 y eliminación de sólidos suspendidos del 90% o mayores, con plantas correctamente diseñadas y operadas. Hoy en día, el uso de este proceso ha sido restringido a plantas que sirven a pequeños pueblos, o pequeñas agrupaciones similares. Sin embargo, quizá resultaran prácticas las instalaciones mayores con unidades múltiples.

2.6.4. Estanques de Estabilización.

Frederick (1984), son lagunas artificiales para las aguas residuales que utilizan las fuerzas naturales para la purificación. Los efluentes son por lo menos iguales que los de las plantas de tratamiento, que proveen un tratamiento completo.

Los estanques de estabilización son apropiados para lugares donde están disponibles grandes áreas de terreno a bajo costo. La profundidad de los estanques varía normalmente desde 2.5 a 4 pies; los estanques poco profundos permiten que emerja la vegetación.

El tamaño del tanque puede estimarse conservadoramente, para áreas en el sur, como 0.003 acres percápita para desechos con tratamiento primario. Otra base para el

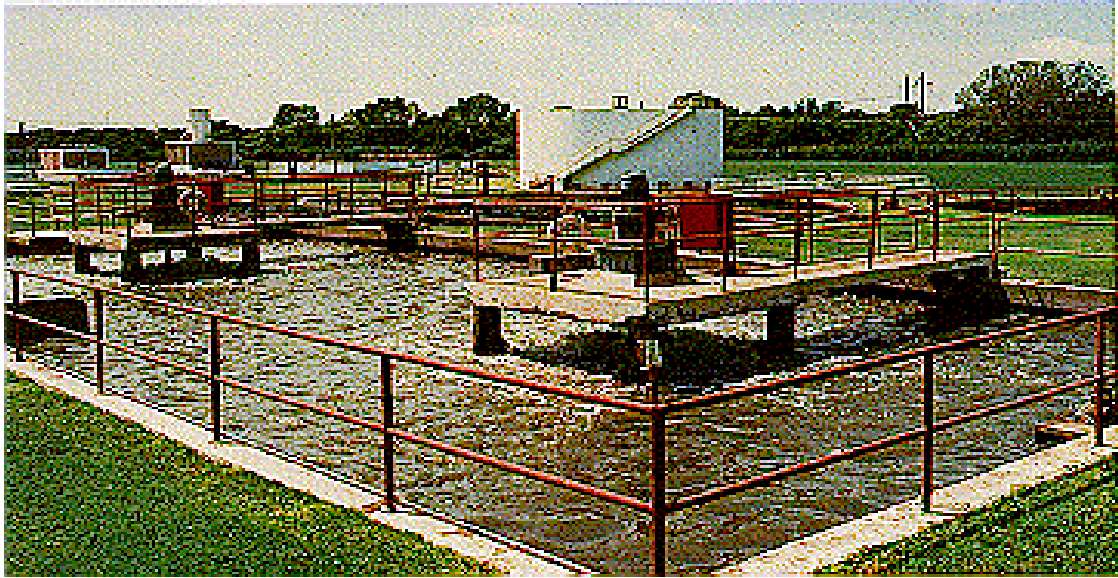


Figura 2.3. Planta de tratamiento para aguas residuales de lodos activados.



Figura 2.4. Planta de tratamiento para aguas residuales de estanques de estabilización.

diseño es la relación-concentración-carga en la cual la DBO₅ de 50 libras por acre por día se considera satisfactoria. Para las regiones del norte, se requieren alrededor del doble de estas áreas.

El departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1995), menciona que la mayoría de los estanques de estabilización tienen una profundidad de 60 a 120cm con flujo continuo a través de ellos. Se han diseñado para cargas de una hectárea por cada 1,000 habitantes y 470 kilogramos de DBO₅ por hectárea por día (1 acre por 400 habitantes, 50 libras de DBO₅ por acre-pie por día), con periodos de retención que generalmente son mayores de 30 días.

Estos estanques son de construcción barata y requieren un mínimo de operación. Su uso se limita a las poblaciones pequeñas en donde pueda disponerse de terreno ya que se requieren grandes superficies y bastante aisladas.

2.7. CLORACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.

El departamento de Salud, Educación y Bienestar de E.U.A (1975), dice que las zanjas de filtración y los filtros de arena artificiales, diseñados y operados apropiadamente, producirán un efluente que es claro y brillante, y la filtración eliminará un porcentaje elevado de bacterias contenidas en las aguas residuales. No obstante, algunas de las bacterias remanentes pueden aún ser capaces de producir enfermedades, y el efluente de aguas residuales debe ser desinfectado si se descarga a una cuenca que es accesible a la gente. El cloro es el desinfectante más usado.

En promedio se requiere una dosificación de cloro en la vecindad de 6ppm para efluentes de filtros de arena. Esto es equivalente a 5.9 miligramos de cloro disponible por cada litro de agua residual o menos de una onza (28.35 gramos) por mil galones (3785 litros).

Frederick (1984), el propósito principal de la cloración en los desechos domésticos tratados es destruir los organismos patógenos. La demanda de cloro de los desechos industriales es la diferencia entre la cantidad añadida de cloro y el residuo

después de un corto tiempo. Es usual tomar este intervalo como 15 minutos, ya que es el tiempo necesario para matar todas las bacterias dañinas. Se debe añadir suficiente cloro para satisfacer la demanda y proveer un residuo de 2 ppm (mg por litro). El periodo de contacto debe ser, por lo menos, 15 minutos en el flujo horario pico, o la máxima tasa de bombeo.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días se reduce unas 2 ppm por cada ppm de cloro añadido. Puede esperarse una reducción de la DBO₅ del 15 a 35% con residuos de cloro de 0.2 a 0.5 ppm después de 10 minutos.

El departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1995), dice que el cloro puede introducirse en forma de gas, de solución acuosa, o en la forma de hipoclorito, ya sea de sodio o de calcio, los cuales al disolverse en agua, desprenden cloro. La cantidad de cloro que se requiere varía con las circunstancias, pero es menor de la que se requiere para producir cloro residual. Generalmente es de un 50% de la demanda de cloro, o de 3 a 6 kg por cada mil metros cúbicos, o sean 3 a 6 ppm (25 a 50 libras por millón de galones); pero la dosis mínima eficaz debe determinarse por tanteos en cada instalación.

2.8. TRATAMIENTO BIOLÓGICO.

Seoáñez (1995), los sistemas biológicos deben separar lo antes posible parte de la materia sólida que llevan las aguas residuales. Los sistemas biológicos deben aplicar tecnologías que comprendan todos los factores implicados en el sistema, es decir, suelos, climatología, vegetación, etc. Se debe hacer especial énfasis en los problemas sanitarios y ecológicos de la instalación de un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales.

Los sistemas biológicos instalados en cualquier lugar deben buscar siempre la máxima producción, la máxima economía y utilidad, aplicación social de los productos del agua recuperados o producidos.

Fair et al (1971), actualmente, el tratamiento biológico de las aguas residuales no se concibe ni se practica como una sola operación, sino una combinación de operaciones

interrelacionadas que pueden diferir en distribución espacial, proceder a diferentes velocidades en el tiempo y llevarse a cabo por masas biológicas que sean disímboles en estructura. Las poblaciones de los organismos responsables de la purificación de las aguas residuales son grandes y variadas como se muestra en la figura 2.5 que presenta los géneros más característicos. Los trabajadores biológicos principales y más numerosos son los organismos sapróbicos, incluyendo a las bacterias autotróficas.

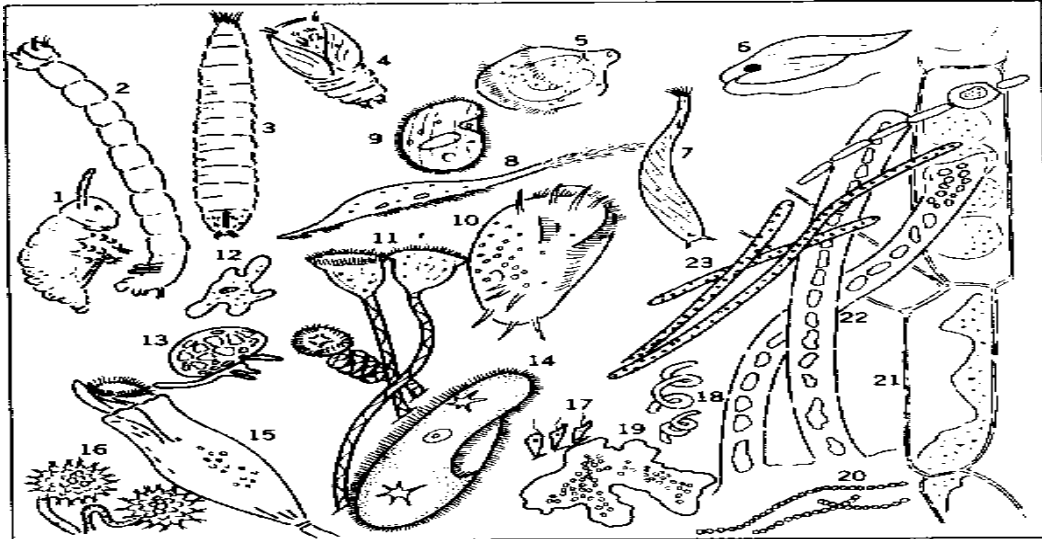


Figura 2.5. Organismos asociados en el tratamiento de las aguas residuales.

Los números del 1 al 4, insectos.

- | | |
|---|---|
| 1. Cola en espiral acuática, <i>Podura</i> ;
el genero que se encuentra en los
filtros rociadores es <i>Achorutes</i> . | 3. Larva de la mosca de los filtros,
<i>Psychoda</i> . |
| 2. Larva de los gusanos rojos, <i>Chi-
ronomus</i> . | 4. Pupa de la mosca de los fitos,
<i>Psychoda</i> . |

Los números del 5 al 17, Protozoarios.

- | | | | |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| 5. <i>Didinium</i> . | 9. <i>Solpidium</i> | 13. <i>Arcella</i> . | 17. <i>Oikomonas</i> |
| 6. <i>Euglena</i> . | 10. <i>Stylonychia</i> . | 14. <i>Paramecium</i> . | |
| 7. <i>Chaenea</i> . | 11. <i>Vorticella</i> . | 15. <i>Opercularia</i> . | |
| 8. <i>Lionotus</i> . | 12. <i>Ameba</i> . | 16. <i>Anthophysa</i> . | |

Números del 18 al 23, Bacterias y hongos. .

- | | | |
|------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 18. <i>Thiospirillum</i> . | 20. <i>Streptococcus</i> . | 22. <i>Sphaerotilus</i> . |
| 19. <i>Zooglearamigera</i> . | 21. <i>Leptomitus</i> . | 23. <i>Beggiatoa</i> . |

El departamento de Salud, Educación y Bienestar de E.U.A. (1975), menciona que los sólidos o líquidos en una fosa son sedimentados a descomposición por procesos naturales y bacteriológicos. Las bacterias presentes son de la variedad llamada anaerobia que prosperan en la ausencia de oxígeno libre. El agua residual que ha sido sujeta a tal tratamiento, causa menos atascamientos que el agua residual no tratada que contenga la misma cantidad de sólidos en suspensión.

2.9. EL FILTRO MICROBIANO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Kadlec, et al (1996), el significado técnico de la palabra pantano incluye un amplio rango de ecosistemas que van desde áreas que nunca están inundadas hasta áreas con inundaciones profundas que persisten todo el tiempo. Las áreas que no están inundadas pueden clasificarse como pantanos debido a las condiciones de saturación del suelo, en estos el agua esta en o por debajo de la superficie del suelo. Las áreas de pantanos con inundaciones profundas pueden cambiar de forma imperceptible a sistemas acuáticos tan pronto como la profundidad del agua excede los límites de crecimiento de la vegetación emergente.

Alexander, et al (1987), menciona que los primeros estudios sobre los pantanos artificiales fueron realizados en Alemania por el Dr. Kickuth de la Universidad de Stuttgart. Estos dos investigadores desarrollaron dos tipos de sistemas, los cuales se basaron en el principio de que ciertas plantas acuáticas emergentes como el carrizo (*Phragmites australis*) y el junco (*Schoenoplectus laccustris*) pueden airear sus zonas de raíces de tal forma que les permite sobrevivir en las condiciones anaerobias de los pantanos. Esta habilidad es aprovechada en los pantanos artificiales estabilizando la carga orgánica y transformando el amoníaco, por medio de la nitrificación, en nitratos. Naturalmente, una parte de los nutrientes es asimilada por las plantas, pero el principal mecanismo de depuración del agua es la acción de las bacterias.

Kadlec, et al (1996) dice que los sistemas naturales para el tratamiento de aguas residuales se diferencian de los sistemas convencionales en las fuentes de energía

utilizadas. Los sistemas de tratamiento naturales utilizan fuentes renovables de energía mientras que los convencionales utilizan fuentes de energía no renovables. Los sistemas naturales hacen uso intensivo del terreno y los sistemas convencionales hacen uso intensivo de la energía.

Turner (1994), evaluó las propiedades hidráulicas de pantanos artificiales de flujo subsuperficial en los que utilizó desechos de llantas como substrato, se reportaron mejores conductividades hidráulicas que los substratos de grava.

Alexander, et al (1986), realizaron experimentos utilizando materiales como dolomita, ladrillo molido y cenizas de una planta de producción de energía. Encontraron comportamientos similares a los de grava y arena.

Gillette (1992), reporto que mas de 150 pantanos artificiales industriales y municipales depuran exitosamente el agua residual de los E.U. Las plantas de tratamiento de aguas residuales no son normalmente la clase de agua que atrae a visitantes admirados, al menos que uno este hablando de la clase de sistema donde la planta este realmente construida de plantas verdes que desarrollan y florecen. Este tipo de sistema de tratamiento no solamente son aguas purificadas de manera natural y muy económica, si no que son tan atractivos que en ella se puede doblar su efectividad y preservar su naturaleza.

Gillette (1992), comenta que los pantanos artificiales operan mediante canales tipo embudo que conducen el agua residual a través de un sistema de plantas acuáticas, en donde la materia orgánica es absorbida y biodegradada por las plantas y microorganismos que conviven en las raíces y tallos de las plantas.

Kadlec, et al (1996), siguen mencionando que las cargas hidráulicas típicas están entre 2.5 a 25 ha/1000 m³/d en pantanos naturales y 2 a 14 ha/1000 m³/d en pantanos artificiales.

Gordon (1982), comenta que existen muchas preguntas sin respuesta acerca de cómo manejar óptimamente los pantanos artificiales. Agrega que los estudios indican que el cosechado de la planta es necesario por dos razones:

- Remoción de nutrientes, que será mas alto cuando las plantas están todavía desarrollando y no maduran.

- Cuando las plantas mueren en invierno, ellas pueden descomponerse y liberar minerales de DBO₅ dentro del agua, produciendo con esto un problema de calidad del agua.

Los nuevos sistemas de tratamiento mas grandes de Wolverton, utilizan lentejillas acuáticas para la depuración del agua residual, los estudios han demostrado que los canales con lentejas acuáticas de 36.6 cm de profundidad con tiempos de detención hidráulico de 7 a 8 días, pueden reducir los niveles de DBO₅ de agua residual doméstica desde un promedio de 35.5 mg/l hasta un promedio de 3 mg/l, y a la vez mantener un pH de 7.24 en el efluente.

La lenteja acuática tiene un valor alimenticio equivalente al de la harina de soya que requiere solamente secado, sin ningún otro procesamiento antes de ser suministrado a los animales de engorda.

Cortes, et al (1991), en la relación de una evaluación de la calidad de aguas residuales con fines de riego agrícola, antes y después de cada tratamiento físico - biológico en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, concluyeron a través de los muestreos que en forma general, el filtro microbiano mejora las condiciones físicas y químicas del efluente, resultados que están dentro de los criterios de calidad de aguas para riego. Por lo cual recomiendan continuar con la evaluación y analizar los efectos que pueden producirse en el suelo y en los cultivos.

2.10. IMPORTANCIA DEL LIRIO ACUATICO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Kungman y Asthon (1980), mencionan que el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) es considerado como una maleza, pero que a través del tiempo su imagen ha ido cambiando ya que tiene una gran capacidad de remoción de nutrientes, debido a la

gran rapidez con que se reproduce teniendo así una gran utilidad en el tratamiento y purificación de aguas contaminadas.

Garza (1987), menciona que al lirio acuático, normalmente se le a utilizado para el tratamiento de aguas negras debido a que tiene una gran capacidad de absorber grandes cantidades de elementos disueltos en el agua, incorporándolos rápidamente en sus tejidos o estructura, estas plantas tienen la capacidad de remover algas y bacterias fecales reduciendo en gran medida los materiales que se encuentran en suspensión en el agua y los compuestos que provocan olores desagradables. El agua así tratada resulta de un color amarillo claro, sin olor y con un pH alrededor de neutro.

Gopal, et al (1991), mencionan que el lirio acuático, puede ser utilizado para eliminar varios elementos pesados, como: cobre, cadmio, mercurio, plomo, dentro de otros. La calidad del agua así tratada, se a probado con peces poniéndolos de 14 a 48 horas a fin de observar efectos negativos.

Garza (1987), al realizar un experimento con lirio acuático en cuanto a tratamiento de aguas negras, determino en un análisis químico la cantidad de algunos nutrientes que pueden ser recuperados por plantas de lirios. Obteniendo los resultados que se muestran en el cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Cantidad de nutrientes que pueden ser recuperados por el lirio acuático.

NUTRIENTE	CANTIDAD (kg/ha/día)
Nitrógeno	22 – 44
Fósforo	8 – 17
Potasio	22 – 44
Calcio	11 – 22
Magnesio	2 – 4
Sodio	18 – 34
Proteína cruda	13 – 127

Por otra parte Low, (1994), a determinado que el jacinto de agua es capaz de absorber 20.90 mg de cobre/gr de muestra seca.

Nor (1994), menciona que de acuerdo a varios estudios se ha considerado que el lirio acuático sirve como un medio para remover algunos elementos que se encuentran disueltos en el agua, como el cobre y zinc, incorporándolos en sus constituyentes celulares, principalmente en las raíces.

Nogales (1994), utilizando el lirio acuático en el tratamiento de aguas se ha observado que también recupera grandes cantidades de fierro, dentro de otros.

2.11. EFICIENCIA DE LOS METODOS DE TRATAMIENTO.

Cuadro 2.3. Eficiencia de los métodos de tratamiento de aguas residuales.

TIPO DE TRATAMIENTO	% DE REDUCCIÓN		
	Materia en Suspensión.	DBO ₅ .	Bacterias.
Rejilla fina.	5 – 20		10 – 20
Sedimentación sencilla.	35 – 65	25 – 40	50 – 60
Precipitación química.	75 – 90	60 – 85	70 – 90
Filtro percolador lento o de capacidad baja, incluye presedimentación y sedimentación final.	70 – 90+	75 – 90	90+
Filtro percolador rápido o de capacidad alta, incluye presedimentación y sedimentación final.	70 – 90	65 – 95	70 – 95
Cieno activado normal, incluye presedimentación y sedimentación final.	80 – 95	80 – 95	90 - 95+
Cieno activado de alta tasa, incluye presedimentación y sedimentación final.	70 – 90	70 – 95	80 – 95
Aireación por contacto, incluye presedimentación y sedimentación final.	80 – 95	80 – 95	90 – 95+
Filtración intermitente por arena, incluye presedimentación.	90 – 95	85 – 95	95+
Cloración.	-	-	-
Aguas residuales decantadas.	-	-	90 – 95
Aguas residuales tratadas biológicamente.	-	-	98 – 99

Tomado de E.W Steel, Water Supply and Sewerage, McGraw-Hill Book Company, New York.

+ La reducción depende de la dosificación.

III.-MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

3.1.1. Ubicación.

El municipio de San Ciro de Acosta, se localiza en la Región Media del estado de San Luis Potosí, entre los 21° 26' a 21° 43' latitud norte, y 99° 39' a 100° 04' longitud oeste, a una altura de 883 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte y oeste con el municipio de Río Verde, al sur con el estado de Guanajuato, al este con el municipio de Lagunillas; al nordeste con el municipio de Rayón y al sudeste con el estado de Querétaro,

El municipio tiene una superficie total de 732.14 Kilómetros cuadrados, integrado por una cabecera municipal y 38 localidades del medio rural. La cabecera municipal considerada dentro del rango de zonas urbanas (mayor 2511 habitantes).

3.1.2. Vías de Comunicación.

Para llegar a la cabecera municipal de San Ciro de Acosta, partiendo de la Ciudad de San Luis Potosí se sigue la carretera federal No.70 hacia la Ciudad de Río Verde, recorriéndose 135 kilómetros; posteriormente, se sigue por una carretera estatal pavimentada en buen estado, siguiendo hacia el sur tomando como referencia la ciudad de Río Verde, un recorrido de 35 kilómetros para llegar a San Ciro de Acosta.

En el municipio de San Ciro de Acosta cuenta con una red de caminos de 35 kilómetros de longitud, 6 km de los cuales corresponden a carretera federal No.70 y 27 km a caminos rurales.

Además, se cuenta con correo, telégrafo, teléfono y fax públicos, pero únicamente localizados en la cabecera municipal del mismo nombre. Cuenta con una línea de autobuses foráneos de transportes " Vencedor ", con diferentes corridas San Ciro-San Luís Potosi-Río Verde y San Ciro-Arroyo Seco, Qro.-Jalpan,Qro.

3.1.3. Aspectos de la Población.

La cabecera municipal de San Ciro de Acosta cuenta con los servicios de energía eléctrica, agua potable, mercado, restaurantes, rastro, jardines, panteón y camiones urbanos, escuelas en el ámbito preescolar, primaria, secundaria y bachillerato, clínica familiar del ISSSTE. El trazo de sus calles está muy bien definido, un 80 % de sus calles están pavimentadas. Se tienen 5 canchas deportivas, además de las que se encuentran dentro de las escuelas. Las casas en su mayoría son de material de construcción de carácter duradero.

La fuente de abastecimiento está constituida por el agua subterránea, que se extrae mediante dos pozos profundos; las descargas de las aguas residuales se hacen actualmente a un arroyo que finalmente descarga a cielo abierto en una zona alejada del centro de la población.

3.1.4. Aspectos Demográficos.

El crecimiento demográfico de las poblaciones e influye directamente en el nivel de desarrollo de sus habitantes, ya que incide en los requerimientos para una mejor educación, mejores servicios de salud y mejores servicios públicos etc., siendo igualmente importante también en las consecuencias que ello conlleva.

La densidad de población de un territorio es el resultado de dividir la población asentada entre la extensión territorial que ocupan; de esta forma, en el municipio de San Ciro de Acosta, de acuerdo a los resultados del Censo Inegi de 1995, la densidad fue de 17 habitantes por kilómetro cuadrado. Para el municipio, dicho censo arrojó datos de población de 5,256 hombres y 5,568 mujeres, para un total de 10,824 habitantes.

La cabecera municipal, que es la única localidad urbana en el municipio, según datos del Censo 1995 cuenta con 3,070 hombres y 3,330 mujeres, para un total de 6,400 habitantes. Existen 1,414 viviendas particulares habitadas, con un promedio de hacinamiento de 4.5 habitantes por vivienda. 1,159 viviendas cuentan con energía eléctrica, 728 con agua entubada y 374 con drenaje conectado a la calle.

Para los cálculos de las proyecciones de la población para San Ciro de Acosta, se emplearon diversos métodos tales como: mínimos cuadrados lineal, mínimos cuadrados exponencial, mínimos cuadrados logarítmico, mínimos cuadrados potencial, método utilizado por Banobras y método utilizado por Coepo-Inego, eligiéndose finalmente el método de mínimos cuadrados potencial, ya que es el que arroja los valores más apegados a la realidad de la localidad (Datos tomados del Proyecto Ejecutivo de Lagunas de Estabilización).

3.1.5. Hidrografía.

El municipio de San Ciro de Acosta, se ubica en la región hidrológica RH-26 "Cuenca Baja del Pánuco ". Los recursos hidráulicos del subsuelo son la principal fuente de abastecimiento de agua para usos diversos en el municipio. Sin embargo, se encuentran tres corrientes superficiales con agua todo el año que atraviesan por este municipio: los ríos Verde, Vaqueros y Santa María. Se detectan arroyos de carácter intermitente como el Rancho Viejo, La Paloma, La Luisa y El Grande, así como La Laguna, la cual se encuentra inundada en tiempo de lluvia; por ser cuerpos superficiales, en todos ellos se manifiesta una gran contaminación por desechos humanos.

3.1.6. Clima.

El clima para la zona de estudio se considera, con temperatura media anual de 22°C con máximas de 43°C y mínimas de 0°C; los meses más cálidos son de marzo a octubre y el período de frío de noviembre a febrero. La precipitación pluvial total anual registrada llega a ser de 522 milímetros, con un período de lluvias de junio a octubre.

3.1.7. Orografía.

San Ciro de Acosta se encuentra ubicado en la provincia de la Sierra Madre Oriental Sub-provincia Carsa-Huasteco 1X- I. Esta provincia comprende toda la parte nororiental del Estado de San Luis Potosí, en general conformada por un conjunto de sierras de rocas sedimentarias marinas, calcarias y clásticas con altitudes que varían entre los 2000 y 3000 metros sobre el nivel del mar.

Las regiones oeste y sudoeste están en zonas montañosas con alturas hasta de 1,500 metros sobre el nivel del mar, destacando el Cerro La Virgen, la Uva, el Sarro y el Pedregoso. Hacia el sur una zona montañosa con alturas de 1,400 metros sobre el nivel del mar, como los cerros Bola, Xalapa, Conchil y la Palma.

3.1.8. Geología.

La roca más antigua que se tiene en la zona son calizas de la formación el abra, las cuales contienen mineralización de fosforita y Óxidos de fierro y manganeso con valores bajos de oro, depositados en fractura y fallas, también se encuentran en esta formación horizontes dolomitizados que son explotados en pequeña escala; subyacen concordantemente a esta formación calizas arcillosas y lutitas bituminosas en la formación agua nueva, la base de esta unidad consta de capas bentoníticas, se explota como material para construcción.

Estas unidades se encuentran cubiertas por derrames y tobas de tipo riolítico hacia el poniente del área y colocadas de basaltos en la parte central del oriente del área, en las rocas riolíticas se tienen mineralización de estaño en vetillas o acumulación en algunos pequeños depósitos, también son explotadas las riolitas y basaltos como materiales para la construcción.

3.1.9. Clasificación y uso del suelo.

Los suelos son de origen sedimentario, de color gris amarillento a gris blancuzco, poco profundos, de textura franca a franco-arcillosa. Su suelo se explota en

las actividades agrícola y pecuaria; se tiene un 46.08% del total del suelo municipal que se dedica para el tipo de propiedad ejidal-comunal, y el 35.47% restante es de propiedad privada.

3.1.10. Flora y fauna.

Se observan arbustos como gobernadora, mezquite, huizache, hojasen y granjeno, también nopal, maguey, guapilla, sotal, palo blanco, encino, pingüica, pino y nogal. Los animales silvestres característicos de la zona son: coyote, venado cola blanca, liebre, tejón, jabalí, víbora, gavilán, zopilote, tecolote, leoncillo, escorpión y alacrán, entre otros.

3.1.11. Agricultura y ganadería.

Según datos al año de 1990, de la superficie total regable solamente se sembraron 8,043 hectáreas, de las cuales se cosecharon 2,173 correspondiendo 266 a riego y 1,907 a temporal. Los cultivos que normalmente se riegan son maíz, frijol, chile serrano, melón, sandía, sorgo y limón.

La existencia ganadera por especie más significativa, según datos al año de 1992, es de ganado bovino (19,764 cabezas), caprino (3,779 cabezas), ovino (1,886 cabezas) y porcino (1044 cabezas de ganado)

3.2. METODOS.

3.2.1. Proyección de la Población y su Aportación de Aguas Residuales.

De acuerdo a la información recabada del Anuario Estadístico del Estado de S.L.P. y de más fuentes bibliográficas se obtuvieron los datos pertinentes para el diseño del sistema, mismos que se mencionan enseguida:

La cabecera municipal de San Ciro de Acosta tiene 6400 habitantes con 1,414 viviendas habitadas y un promedio de 4.5 habitantes por vivienda; cuenta con 374

viviendas con drenaje conectado a la calle que equivale al 26 % de cobertura de alcantarillado, 226 con drenaje conectado a suelo o fosa que es igual al 16 % y el 58 % restante (814 viviendas) son las viviendas que carecen tanto de drenaje como de fosa.

Se cuenta con dos fuentes de abastecimiento de agua potable (2 pozos) con un volumen promedio diario de extracción de 950 m³/día y 1866 tomas domiciliarias de agua potable; 1700 de uso domestico, 159 comerciales y 7 industriales. El gasto proporcionado por el organismo operador de agua potable es de alrededor de 18 l/s, considerando un 30 % de perdida (5.4 l/s) obtenemos el gasto teórico en la descarga siendo de 3.33 l/s.

Para el gasto de diseño se considerará una cobertura de 75% de la red de alcantarillado, contando con este servicio 1061 viviendas y 4800 usuarios dando como resultado un gasto teórico en la descarga de 9.44 l/s que equivale a 170 l/hab/día siendo este el flujo de diseño.

3.2.2. Diagnostico de la Descarga de Aguas Residuales.

El colector de aguas residuales que conduce el caudal hacia el canal de acceso a la planta de tratamiento, se encuentra a una elevación inferior al espejo del agua, por lo que la descarga se realiza en forma ahogada, como se muestra en la figura 3.1.

El cuerpo receptor de las descargas es un arroyo que pasa aledaño a la planta de tratamiento existente (figura 3.2.), y que finalmente descarga a cielo abierto; toda el agua residual descargada llega al cuerpo receptor sin tratamiento previo, afortunadamente no se a utilizado el agua residual cruda en riego agrícola; por tal razón resulta inminente que se lleve acabo su tratamiento ya que en las condiciones actuales son una forma de contaminación ambiental.

3.2.3. Muestreo del Agua Residual.

De acuerdo al proyecto ejecutivo para la planta de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de estabilización para San Ciro de Acosta S.L.P. se realizo un muestreo en la descarga de agua residual en un periodo de tres días siendo el 4, 5 y 6



Figura 3.1. Descarga de las aguas residuales de San Ciro de Acosta.



Figura 3.2. Cuerpo receptor de las aguas residuales (arroyo).

de diciembre de 1996 para su posterior análisis Físicoquímico y Microbiológico, posteriormente se realizó un segundo muestreo en la descarga el 25 de octubre de 1998 para un segundo análisis Físicoquímico con la finalidad de obtener muestras recientes y resultados más confiables para el diseño.

3.2.4. Caracterización del Agua Residual.

Los resultados de la caracterización del agua residual generada por las actividades municipales en San Ciro de Acosta se muestran en los siguientes cuadros.

Ya que se genera un bajo caudal descargado actualmente no se analizaron metales pesados y cianuros por no existir zonas industriales o talleres mecánicos que pudieran contaminar por este concepto.

Cuadro 3.1. Análisis Físicoquímico y Microbiológico del Agua Residual en San Ciro de Acosta.

PARÁMETRO	PERIODO DE MUESTREO		
	4/DIC/96	5/DIC/96	6/DIC/96
pH	7.10	7.06	7.03
Conductividad (μ mhos/cm)	908	952	1,250
Color (unidades pt – co)	65	80	95
Grasas y aceites (mg/l)	272.5	306.5	430.5
DBO ₅ (mg/l)	275	295	400
Detergentes (mg SAAM/l)	1.5	2.3	2.9
Fosfatos totales (mg/l)	53	60	68
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	30	31	53
Sólidos sedimentables (mg/l)	2.5	2	5
Materia flotante	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Nitrógeno amoniacal (mg/l)	21	20	28
Nitrógeno total (mg/l)	42.9	43.3	51.3
Coliformes totales (NMP/100 ml)	93×10^8	43×10^8	23×10^8

Nota: El análisis se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de S.L.P.

Cuadro 3.2. Segundo Análisis Físicoquímico del Agua Residual en San Ciro de Acosta.

PARAMETRO	25/OCT/98
pH	7.16
Grasas y aceites (mg/l)	53.2
Sólidos sedimentables (ml/l)	5.2
Sólidos suspendidos (mg/l)	167
Nitrógeno total (mg/l)	26.7

Cuadro 3.2.continuación.

Fosfatos totales (mg/l)	4.6
Conductividad (micromhos/cm)	911

Nota: El análisis se realizó en el laboratorio químico industrial por la Q.I. Patricia Portillo Zugasty en Saltillo Coah.

3.2.5. Condiciones Particulares de Descarga para San Ciro de Acosta.

Las condiciones particulares de descarga que la Comisión Nacional del Agua tiene establecida para el municipio de San Ciro de Acosta, son las que se muestran en el siguiente cuadro

Cuadro 3.3. Condiciones Particulares de Descarga para San Ciro de Acosta.

PARAMETRO	CONCENTRACIÓN PROMEDIO	CONCENTRACIÓN MÁXIMA INSTANTANEA	CARGA (kg/Día)
DBO ₅ total (mg/l)	75	90	54
DQO	150	180	108
Sólidos suspendidos totales(mg/l)	75	90	54
pH		6.5 – 8.5	
Temperatura		(CN ± 2)	
Grasas y aceites (mg/l)	10	15	7.2
Materia flotante	Ausente	Ausente	
SAAM (mg/l)	10	15	
Fluoruros (mg/l)	3	3	
RAS (mg/l)	6	6	
Conductividad (Mmhos/cm)	1500	1500	
Aluminio (mg/l)	5	5	
Arsénico (mg/l)	0.10	0.10	
Boro (mg/l)	1.5	1.5	
Cadmio (mg/l)	0.01	0.01	
Cianuro(mg/l)	0.02	0.02	
Cobre (mg/l)	0.02	0.02	
Cromo (mg/l)	0.10	0.10	
Fierro (mg/l)	5	5	
Manganeso (mg/l)	0.2	0.2	
Níquel (mg/l)	0.2	0.2	
Plomo (mg/l)	5	5	
Selenio (mg/l)	0.02	0.02	
Zinc (mg/l)	0.02	0.02	
Coliformes Totales (NMP/100ml)		10,000	
Coliformes Fecales (NMP/100ml)		1000	

Fuente: Título de Concesión No. 3SLP100761/26HMGE95

3.2.6. Parámetros de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, publicada en el Diario Oficial. Tal como establece esta norma en su artículo 1° transitorio, que el responsable de la descarga podrá optar por el cumplimiento de lo establecido en la Norma NOM-001-ECOL-1996 o bien por seguir cumpliendo con sus condiciones particulares, previa notificación ante la Comisión Nacional del Agua.

Los parámetros que restringe la norma oficial mexicana, son los siguientes:

- El rango permisible del potencial de hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.
- Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.
- Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego no restringido, y de cinco huevos por litro para riego restringido.

Dado que en San Ciro de Acosta no se realizan actividades de carácter industrial, las descargas se consideran más bien de carácter doméstico. El efluente de la planta de tratamiento se propone sea usado en el riego agrícola. Por lo tanto, para efectos del proyecto en la calidad del efluente, se aplicaran los parámetros establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 para la aplicación del efluente en el riego agrícola; considerando que la **Ley Federal de Derechos en Materia de Agua** establece en su artículo 278-A que los cuerpos de propiedad nacional, receptores de las descargas residuales, se consideran como tipo "A", excepto los señalados, en los cuales para el Estado de San Luis Potosí aparece que San Ciro de Acosta se ubica en un cuerpo receptor tipo "B" (Embalse natural).

Por lo tanto las condiciones que se aplicarán para obtener el efluente en el caso de San Ciro de Acosta, contándose las alternativas de uso en riego agrícola cuando el cuerpo receptor es un río y cuando es el suelo, son las indicadas en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.4. Límites máximos permisibles cuando el efluente se usa en riego agrícola (NOM-001-ECOL-1996).

PARAMETROS (mg/l, excepto cuando se especifique)	RIOS		SUELO	
	Uso en riego Agrícola (A)		Uso en riego Agrícola (A)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
CONTAMINANTES BASICOS				
Temperatura °C	N.A	N.A	N.A	N.A
Grasas y Aceites	15	25	15	25
Materia Flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos sedimentables (ml/l)	1	2	N.A	N.A
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	N.A	N.A
DBO ₅	150	200	N.A	N.A
Nitrógeno Total	40	60	N.A	N.A
Fósforo Total	20	30	N.A	N.A
METALES PESADOS				
Arsénico	0.2	0.4	0.2	0.4
Cadmio	0.2	0.4	0.05	0.1
Cianuro	1	3	2	3
Cobre	4	6	4	6
Cromo	1	1.5	0.5	1
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4
Plomo	0.5	1	5	10
Zinc	10	20	10	20

3.2.7. Calidad Requerida en el Efluente para la Planta de Tratamiento de Agua Residual.

Una vez analizados los parámetros que se incluyen en las condiciones particulares de descarga establecidos por la C.N.A al Organismo Operador de San Ciro de Acosta, así como un análisis de los parámetros incluidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, para efectos de diseño del sistema de tratamiento se determinan los parámetros indicados en el cuadro 3.5.

Cuadro 3.5. Calidad requerida en el efluente para la planta de tratamiento de agua residual.

PARAMETRO	CONCENTRACIÓN PROMEDIO MENSUAL	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DIARIO
Grasas y Aceites (mg/l)	15	25
Materia Flotante (mg/l)	Ausente	Ausente
Sólidos Sedimentables	1	2
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	150	200
DBO ₅ (mg/l)	150	200
Nitrógeno Total (mg/l)	40	60
Fósforo Total (mg/l)	20	30
pH		5-10
Coliformes Totales (NMP/100ml)		10,000
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	1,000	2,000
Huevos de Helminto		1-5

Nota: El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego Agrícola) es de un huevo de helminto por litro para riego no restringido, y de cinco huevos por litro para riego restringido.

3.2.8. Selección de Alternativas del Sistema de Tratamiento.

Una vez que se tienen caracterizados los parámetros de diseño, así como la calidad requerida en el efluente, con la posibilidad de rehuso en riego agrícola, se procederá a analizar las diferentes alternativas del sistema de tratamiento.

Como ya se ha mencionado en apartados anteriores, entre las alternativas de solución para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la ciudad de San Ciro de Acosta se tenía la alternativa de rehabilitar la planta de tratamiento de aguas residuales existente en la localidad, pero debido a sus costos de operación y mantenimiento, más que de inversión inicial, no la hace redituable para la capacidad económica-financiera del Organismo Operador de San Ciro de Acosta, por lo que se analizaron otras alternativas como las lagunas de estabilización proyecto con el cual ya cuenta el municipio desde el año de 1996 pero que actualmente no se a puesto en marcha su construcción debido al alto costo de inversión (\$3,000,259.26) que requiere este tipo de sistema.

Por tal razón se busca una tercer alternativa tecnológica para la depuración de aguas residuales en la que destaca el filtro microbiano (pantano artificial) a un que es

poco conocido en México estos sistemas que han sido diseñados para simular los procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en los pantanos naturales. Estos constituyen un sistema de equilibrio entre organismos microscópicos, substratos aeróbicos y anaerobios y una columna de agua que se mueve a una determinada velocidad. A pesar de que todavía no se comprenden totalmente los procesos que tienen lugar en estos sistemas, ellos dan lugar a remociones significativas de nutrientes, compuestos orgánicos, iones metálicos, coliformes fecales, y fosfatos en menor grado. Además pueden manejar diferentes tipos de pH y aumentan el contenido de oxígeno en el agua.

El diseño, la construcción y la operación de los sistemas artificiales es mucho más sencillo que el de los sistemas mecánicos convencionales. Los costos principales incluyen: adquisición del terreno, excavación y movimiento de tierra, nivelación, compactación del terreno y/o impermeabilización del mismo, instalación de los sistemas de distribución y recolección del agua y plantación de la vegetación. Dependiendo del pretratamiento, de los niveles y tipo de contaminantes, y de la topografía del terreno, los costos de construcción pueden variar de un 80 a un 20 % del costo de sistemas convencionales para tratamiento de agua.

Los costos de operación resultan mucho más bajos que en los sistemas tradicionales, debido principalmente a que la mayoría de estos sistemas son diseñados para funcionar por gravedad, eliminándose los costos de energía y la adición de productos químicos así como la supervisión diaria.

3.2.9. Diseño del sistema de tratamiento.

Selección del Equipo de Bombeo.

De acuerdo al diagnóstico de la descarga de aguas residuales que se realizó y determinando que la descarga se encuentra a una elevación inferior al espejo del agua, se optó por seleccionar un equipo de bombeo para trasladar el agua al sistema de tratamiento, el equipo fue el siguiente:

Del manual de referencias técnicas 98 de la marca EVANS código 31067 ver. 0498 61 tenemos que se requiere una motobomba centrífuga de uso industrial de 3450 rpm de 3 HP con diámetro de succión de 3 pulgadas y 2 pulgadas de descarga, Motor eléctrico de 2 polos, voltaje monofásico de 220 y trifásico de 220/440.

Diseño de los Tanques de Sedimentación.

Como tratamiento primario para la separación de sólidos previo a la alimentación para el filtro de flujo subsuperficial se seleccionó el tanque Imhoff ya que es la opción más económica y requiere menos volumen de excavación.

Por consideraciones de mantenimiento se ha dividido el flujo de agua residual en dos partes para dar lugar a la construcción de dos tanques de sedimentación, por consiguiente los resultados que continuación se mostraran serán para el tanque numero 1 para el tanque numero 2 se utilizaran las mismas dimensiones.

Los parámetros considerados para el cálculo de los tanques Imhoff fueron los siguientes:

Flujo de agua residual,(Q, m³/día).

Carga hidráulica,(H, m³/m²/día).

Tiempo de retención,(Tr, días).

Volumen de sedimentación,(V_s, m³).

Capacidad de la cámara de digestión, (C_d, m³).

Canales de ventilación (C_v, m)

Relación largo ancho 2:1

Las formulas utilizadas son las siguientes (Kadlec et al, 1996; Turner, 1994; EPA, 1993; TVA, 1991).

$$S_s = \frac{Q}{H} \quad (1)$$

Donde:

S_s = superficie de sedimentación (m²).

$$V_S = QT_R \quad (2)$$

$$T_{Si} = 1.25 \frac{A_S}{2} \quad (3)$$

Donde:

T_{Si} = tirante de la sección de paredes inclinadas (m).

A_S = ancho del tanque de sedimentación (m).

$$V_{Si} = T_{Si}L \frac{A_S}{2} \quad (4)$$

Donde:

V_{Si} = volumen de la sección de paredes inclinadas (m^3).

L = largo del tanque de sedimentación.

$$V_{Sr} = V_S - V_{Si} \quad (5)$$

Donde:

V_{Sr} = volumen de la sección rectangular (m^3).

$$T_{Sr} = \frac{V_{Sr}}{A_S L} \quad (6)$$

Donde :

T_{Sr} = tirante de sección rectangular.

$$A_{TT} = A_S + 2C_V \quad (7)$$

Donde:

A_{TT} = ancho total del tanque (m).

C_V = ancho de los canales de ventilación (m).

$$V_{td} \quad (8)$$

Donde:

V_{td} = volumen de la tolva de digestión.

Nota: el volumen de la tolva de digestión está diseñada a un 40% de capacidad del tanque de sedimentación.

$$T_{dr} = \frac{V_{td}}{LA_{TT}} \quad (9)$$

Donde:

T_{dr} = tirante de sección rectangular de la cámara de digestión (m).

$$T_{di} = \frac{V_{td}^3}{(A_{bs} + A_{bi} + \sqrt{A_{bs}A_{bi}})} \quad (10)$$

Donde:

T_{di} = tirante de la sección de paredes inclinadas de la cámara de digestión (m).

A_{bs} = área de la base superior (m²).

A_{bi} = área de la base inferior (m²).

$$P_t = b_l + T_{sr} + T_{si} + Z_n + T_{di} + T_{dr}. \quad (11)$$

Donde:

P_t = profundidad total del tanque (m).

b_l = borde libre (m).

Z_n = zona neutra (m).

Diseño del Filtro Microbiano (Pantano Artificial).

Para el tratamiento del agua residual se consideró el sistema de pantanos artificiales, pues como ya se indicó en apartados anteriores, este tipo de sistema es

técnicamente viable y además es más económico y requiere menos mantenimiento y energía para su operación que otros sistemas convencionales.

Los parámetros considerados para el cálculo del filtro son los siguientes:

Flujo influente al sistema.

Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Tipo de medio para el lecho del filtro.

Temperatura media mensual de la región.

Precipitación pluvial promedio mensual.

Tiempo de retención del sistema.

Profundidad del lecho.

Porosidad del lecho.

Pendiente del lecho.

La información que a continuación se trata sugiere procedimientos para el diseño y construcción de filtros microbianos de rocas y plantas que permiten la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y los sólidos suspendidos totales (SST) ver cuadro 3.1 y 3.5. No existen ecuaciones específicas relacionadas solamente con la remoción de la concentración de SST, pero se ha demostrado que existe una relación directa entre los SST y la DBO_5 en el efluente (EPA, 1993).

El proceso de diseño de los filtros involucra varias etapas:

- 1.- Determinar las condiciones existentes del agua influente: temperatura promedio, flujo diario promedio, DBO_5 y SST.
- 2.- Determinar la calidad deseada del efluente (DBO_5 y SST).
- 3.- Seleccionar la profundidad de la cama del medio filtrante y tipo de medio.
- 4.- Seleccionar el valor para la porosidad del medio filtrante.
- 5.- Se deberá seleccionar una relación largo/ancho dependerá de las consideraciones hidráulicas.
- 6.- Cálculo del área superficial requerida usando la ecuación de primer orden para la remoción de demanda bioquímica de oxígeno.

$$K_t = K_{20} \Theta^{T-20^{\circ}C} \quad (12)$$

$$A_s = (L)(W) = \frac{Q \ln \frac{C_o}{C_e}}{K_t h n} \quad (13)$$

Donde:

$$K_{20} = 1.104$$

$$\Theta = 1.06$$

A_s = área superficial del filtro (m^2).

L = longitud (m).

W = ancho (m).

Q = flujo ($m^3/día$).

C_o = DBO₅ en el influente.

C_e = DBO₅ en el efluente.

K_t = constante de velocidad de reacción a la temperatura T .

K_{20} = constante de velocidad de la reacción 20° C.

h = profundidad promedio del agua en el filtro (m).

n = porosidad del medio filtrante (%).

7.- Después de determinar el área superficial requerida y las correspondientes dimensiones, se utiliza la ecuación de Darcy con las modificaciones establecidas por Dupuit Forcheimer (Turner, 1994) para determinar la capacidad del sistema para manejar el flujo necesario.

$$Q_{\max} = \frac{K_s W}{2L} (h_1 - h_2)(h_1 - h_2 + b) \quad (14)$$

Donde:

Q_{\max} = flujo manejado a través del sistema ($m^3/día$).

K_s = conductividad hidráulica (m/día).

b = cambio en altura en el fondo del lecho (m).

h_1 = profundidad del agua en el influente (m).

h_2 = profundidad del agua en el efluente (m).

Si Q_{\max} en la ecuación (14) no es mayor al flujo de diseño, la relación largo/ancho debe ser ajustada, disminuyendo la longitud y aumentando el ancho para mantener el área superficial obtenida de la ecuación (13) . Este proceso se repite hasta que el flujo de diseño sea igual o menor que el calculado por la ecuación (14).

Es decir $Q_{\max} \geq Q_{\text{dis}}$.

Reacomodando la ecuación (13) se obtiene:

$$\frac{C_o}{C_e} = e^{\left(\frac{-K_t V_b n}{Q}\right)} \quad (15)$$

De donde se obtiene el volumen del medio sumergido en el filtro.

$$V_b = LW \left[\frac{h_1 + h_2}{2} \right] \quad (16)$$

Y de aquí puede obtenerse también el tiempo de retención del sistema.

$$Tr = \frac{V_b}{Q} \quad (17)$$

IV.- RESULTADOS.

4.1. Diseño de los Tanques de Separación de Sólidos.

Los resultados obtenidos para el proceso primario de sedimentación se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.1. Diseño de los tanques Imhoff para separación de sólidos.

DATOS	SIMBOLOGIA	
Numero de habitantes	Hab	2,400
Flujo de agua residual (l/s).	Q	4.72
Carga hidráulica ($m^3/m^2/día$).	H	30
Tiempo de retención (hr).	Tr	2
Superficie de sedimentación (m^2).	Ss	13.593
Longitud de la cámara de sedimentación (m).	L	5.214
Ancho de la cámara de sedimentación (m).	As	2.607
Volumen del tanque de sedimentación (m^3).	Vs	33.980
Tirante de sección de paredes inclinadas (m).	Tsi	1.629
Tirante de sección rectangular (m).	Tsr	1.685
Altura de la sección de sedimentación (m).	Tsi + Tsr	3.314
Volumen de la sección de paredes inclinadas (v^3).	Vsi	11.073
Volumen de la sección rectangular (m^3).	Vsr	22.906
Zona neutra (m).	Zn	0.40
Canales de ventilación 2 (m).	Cv	0.60
Ancho total del tanque (m).	A _{TT}	3.807
Profundidad total (m).	Pt	5.994
Tirante de la sección de paredes inclinadas (m).	Tdi	1.448
Volumen de la tolva de digestión (m^3).	Vtd	13.592
Tirante de sección rectangular (m).	Tdr	0.684
Borde libre (parte superior del tanque) (m).	Bl	0.20

Nota: Estas mismas dimensiones tendrá el tanque de sedimentación No.2

4.2. Diseño del Filtro Microbiano para el Tratamiento del Agua Residual.

Los resultados obtenidos en el diseño para el proceso de filtración se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.2. Diseño del filtro microbiano (pantano artificial) para el tratamiento del agua residual.

DATOS.	SIMBOLOGÍA	
Flujo influente (l/s).	Q	9.44
Numero de habitantes	Hab.	4,800
Flujo de agua residual por habitante (l/día).	Q	169.91
Flujo influente al sistema (l/día).	Q	815,600
PARAMETROS CONSTANTES.		
DBO ₅ en el influente (mg/l).	Co	210
DBO ₅ en el efluente (mg/l).	Ce	150
NH ₄ en el influente (mg/l).	NH ₄	23
Tipo de medio (grava de 1 pulgadas de diámetro).		
Conductividad hidráulica (m/día).	K _S	16,000
Porosidad en (%).	n	0.25
Constante de velocidad de reacción a 20°C (1/día).	K ₂₀	1.104
PARAMETROS MANIPULADOS.		
Ancho de la cama (m).	W	37
Longitud de la cama (m).	L	70
Profundidad del medio en el influente (m).	Pr ₁	0.60
Profundidad del agua en el influente (m).	h ₁	0.55
Pendiente del fondo del lecho (%).	S	-0.10
PARAMETROS CALCULADOS.		
Relación largo – ancho	L : W	3.7
Area superficial (m ²).	A _S	2589.84
Carga orgánica (kg DBO ₅ /hectárea).		1199.993
Volumen del medio requerido (m ³).	V _r	1424.5
Profundidad del agua en el efluente (m).	h ₁	0.15
Profundidad del medio en el efluente (m).	Pr ₂	0.50
Volumen del medio sumergido (m ³).	V _b	906.5

Nota: Por consideraciones de diseño y mantenimiento se dividió el área superficial en dos partes, dando como resultado dos filtros microbianos de iguales dimensiones terminados en punta, con la finalidad de eliminar los diversos accidentes que puedan quedar en la plataforma del filtro (fondo).

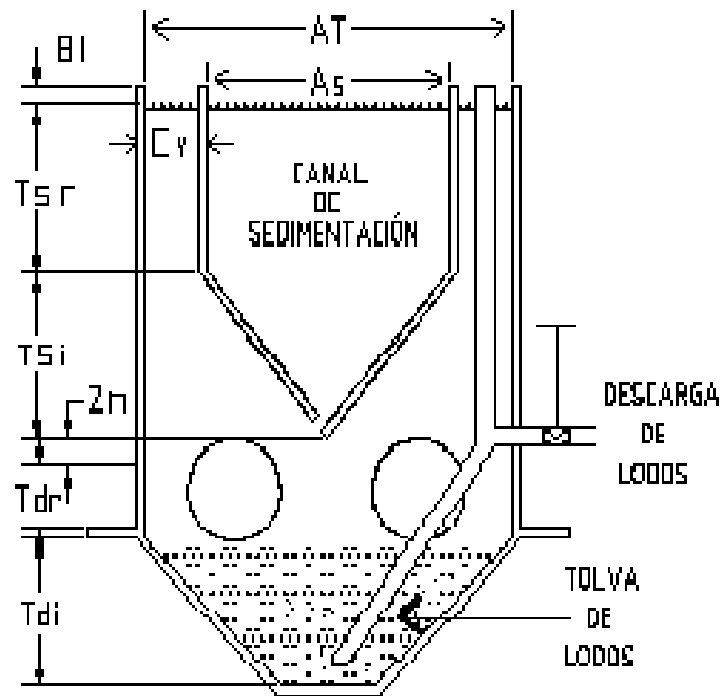


Figura 4.1. Croquis de diseño de los tanques Imhoff para separación de sólidos.

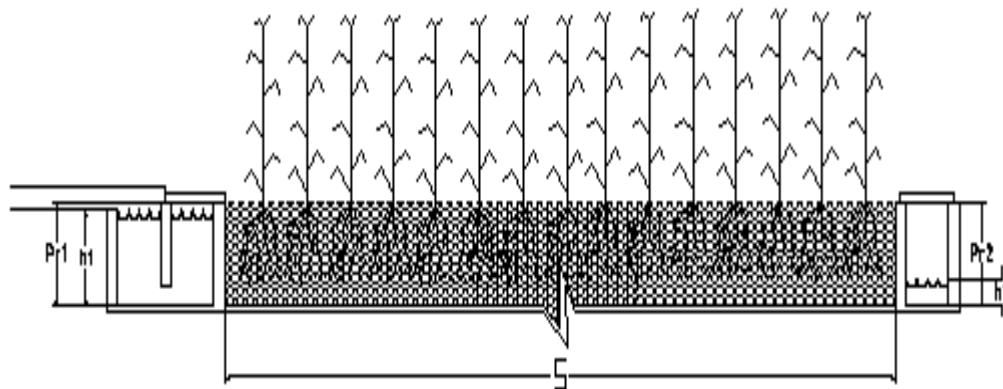


Figura 4.2. Croquis de diseño del filtro microbiano (pantano artificial) para el tratamiento del agua residual.

4.3. Costos de Construcción del Sistema de Tratamiento con Tecnología Natural.

Cuadro 4.3. Costos de construcción del sistema de tratamiento.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
4.3.1. Preliminares.				
Desmonte y limpieza del terreno.	m ²	800	2.91	2328.00
Trazo de obra.	m ²	4400	3.50	15400.00
Excavación con retroexcavadora case 580K de 1.25 yds ³ (1.143 m ³).	m ³	1968	12.8	25190.40
Relleno y compactación a mano con material producto de excavación al 80% proctor.	m ³	3197	35.06	112098.00
Demolición de concreto armado.	m ³	62	265.56	16454.72
SUBTOTAL				171471.12
4.3.2. Trampa de grasas y carcamo de bombeo.				
Cimientos de concreto ciclópeo con 40% de piedra bola ahogada en concreto de 100 kg/cm ² .	m ³	23.48	676.55	15885.39
Cadenas de desplante de muros de concreto armado de 15 x 20cm de sección con 4 varillas de 3/8 con estribos de alambren de 1/4 a cada 30cm.	m	97.9	78.19	7654.80
Muros de contención de concreto armado de 12cm de espesor y de profundidad variable armados con varillas de 3/8 a cada 30cm en ambos sentidos(concreto de 150kg/cm ²).				
a). Concreto.	m ³	6.46	930	6007.80
b). Acero.	kg	200.43	4.22	845.81
Construcción de plataformas y pisos de concreto igual al punto anterior.				
a). Concreto.	m ³	8.71	930	8100.30
b). Acero	kg	270	4.22	1139.70
Firmes con F ¹ C=200 kg/cm ² armados con malla electrosoldada de 6 x 6 x 12cm. Espesor 10cm.	m ²	45.6	115.87	5283.76
Muros de block de concreto de 15 x 20 x 40cm. Asentados con semento-arena en proporción 1 : 5.	m ²	66.52	97.26	6470.00

Cuadro 4.3.continuación.

Ventilas de plástico Marca Duralón de 8 pulgadas de diámetro.	m	5	62	310.00
Losa de 10cm de espesor de concreto armado de F ¹ C=200 kg/cm ² y acero de 3/8 a cada 20cm en sentido de la carga y acero de 3/8 a cada 45cm. a). Concreto. b). Acero.	m ² kg	4.56 255.36	930 4.22	4240.80 1077.61
Bomba de 3450 rpm de 3HP con 3pul. de succ. y 2pul. de descarga.	Pieza	1	5190	5190.00
Columna de succión con tubería de fierro galvanizado de 2pul.	m	2.4	59.17	142.01
Columna de descarga con tubería de fierro galvanizado de 3pul.	m	50	128.60	6429.68
Anclaje de la bomba a la plataforma del piso.	Pieza	1	146.5	146.50
Instalación de luminarias.	Pieza	5	12.50	62.50
Contactos.	Pieza	5	15	75.00
Instalación de cometida y centro de carga.	Pieza	1	400	400.00
Puerta metálica	Pieza	1	570	570.00
SUBTOTAL <u>70031.66</u>				
4.3.3. Tanques de sedimentación y patios de lodos.				
Construcción de muros carteles y pisos de tanques de sedimentación de concreto armado de F ¹ C=300 kg/cm ² , armado con varillas de 3/8 a cada 25cm en ambos sentidos formando parrilla. Espesor de paredes de 15cm. a).- Concreto. b).- Acero.	m ² kg	46.14 1378.13	1487.16 4.22	68617.60 5815.70
Concreto de 200kg/cm ² en plataforma de patios de lodos armados con malla electrosoldada de 6 x 6 x 12cm. Espesor 10cm.	m ²	24	115.87	2780.92
Instalación de tubería de plástico Duralón de 8 pul. de diam. para succión de lodos.	m	32	62	1984.00
Válvulas de compuerta de 8 pulgadas de diam. para salida de lodos.	Pieza.	4	10000	40000.00

Cuadro 4.3.continuación.

Tapas para tanques de sedimentación de lamina de fierro antiderrapante tipo irving, calib. No.18 de 3.05 x 4.2 y de 0.7 x 2.60m acabadas con pintura anticorrosiva	kg	475	5.70	2710.86
SUBTOTAL				<u>121909.08</u>
4.3.4. Filtros microbianos.				
Excavación para desplante de muro de contención de 80cm de ancho por profundidad variable.	m ³	200.29	12.8	2563.71
Construcción de muro de contención de sección trapezoidal de 0.80 de base y 0.30 de corona con piedra braza juntada con mortero, cemento- arena en proporción 1:5. Altura variable.	m ³	200.29	676.55	135506.20
Construcción de plataforma de concreto de 150 kg/cm ² con malla electrosoldada de 6 x 6 x 12cm de 5cm de espesor.	m ²	2606.16	35.52	92574.01
Muros de concreto armado de 10cm de espesor anclados a las plataformas con malla electrosoldada de 6 x 6 x 12cm concreto de 200 kg/cm ² .	m ²	224.45	104.27	23403.45
Construcción de muros en canales de entrada y salida de los filtros.				
a).- Cadenas de desplante de 10 x 20cm armados con 2 varillas de 3/8 y estribos a cada 30cm con concreto de F ¹ C=200Kkg/cm ² .	m	180	51.07	9193.68
b).- Block de concreto asentado sobre su cara lateral con mortero cemento arena 1:3	m ²	144	97.26	14005.44
c).- Cadena de remate sobre muros de 5 x 20cm armada con malla electrosoldada de 6 x 6 x 12cm.	m	180	12.60	2268.55
d).- Tapas de concreto de F ¹ C=100 kg/cm ² de 60 x 80cm armados con malla electrosoldada de 6 x 6 x 12cm. Espesor 5cm.	m ²	140	47.90	6706.08

Cuadro 4.3.continuación.

Substrato de los filtros distribución en 4 capas de 15cm de espesor c/u de grava triturada graduada desde 1.5 pul. a ¼ de pul. en la capa superficial.	m ³	1541	138	212658.00
SUBTOTAL				<u>498879.12</u>
4.3.5. Laguna de almacenamiento de agua tratada.				
Paredes y fondo de concreto de F ¹ C=300 kg/cm ² con malla de 6 x 6 x 12cm con 5cm de espesor.	m ²	823.02	80.77	66478.10
Bomba de 3pul. de succión y 3pul. de descarga con motor eléctrico de 2 polos. Voltaje monofasico: 110/220 y trifasico:220/440 (5HP).	Pieza.	1	6890	6890.00
Tubería de succión y descarga de la bomba.	m	19	128.60	2443.40
Anclaje de la bomba a la plataforma.	Pieza.	1	146.5	146.50
Instalación de tubería de plástico duralon de 8 pul. para rebosadero en la laguna de almacenamiento de agua tratada.	m	100	62	6200.00
Instalación de cometida y centro de carga.	Pieza	1	400	400.00
SUBTOTAL.				<u>82558.00</u>
TOTAL.				<u>944848.98</u>

Fuente: Guía de costos de construcción. Ejemplar verde, Agosto de 1999.

V.- DISCUSIÓN.

5.1. Análisis Físicoquímico y Microbiológico al Agua Residual Tratada por el Filtro Microbiano de la UAAAN.

Los análisis que a continuación se muestran en el cuadro 5.1 son un ejemplo del tipo de calidad de agua que se pretende obtener en el presente proyecto. De acuerdo a los parámetros obtenidos podemos deducir que el agua puede ser reutilizada para fines de uso agrícola en la UAAAN.

Cuadro 5.1. Análisis físicoquímico y microbiológico al efluente del sistema de tratamiento de la UAAAN.

PARAMETRO	UNIDADES	INFLUENTE	EFLUENTE
pH	Unidad de pH	7.11	8.16
Sólidos Sedimentables	mg/l	<0.1	<0.1
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	100.0	25.0
Grasas y Aceites	mg/l	32.0	7.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	364.4	155.5
Nitrógeno Total	mg/l	47.3	30.1
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	45.0	24.5
Fósforo Total	mg/l	3.22	1.18
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1,500,000	11,000

Estos análisis fueron realizados gracias a la participación de la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales en Diciembre del 98; y es de importancia aclarar para el presente proyecto que era en período invernal, además de que el sistema tenía poco tiempo de funcionamiento y todavía no proliferaba el lirio acuático en los tanques igualadores de gasto, mencionando también que no había vegetación sembrada en los filtros microbianos, por lo que se puede deducir que el sistema no estaba operando todavía a su máxima eficiencia pero aún así se obtuvieron grandes remociones significativas en el efluente.

5.2. Ventajas y Desventajas del Sistema de Tratamiento.

En comparación con los sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales, el Sistema de Tratamiento con Tecnología Natural presenta ciertas ventajas en relación con las desventajas.

5.2.1. Ventajas.

- Bajo costo de construcción.
- Costos bajos de operación y de mantenimiento.
- Mínimo consumo de energía.
- Consistencia y confiabilidad.
- Operación sencilla.
- Supresión de lodos y uso de productos químicos.
- Aceptación de variaciones de flujos.
- Creación de un ecosistema atractivo (construcción de paisaje).

5.2.2. Desventajas.

- Tecnología poco conocida en nuestro país.
- Necesidad de áreas grandes de terreno.

5.3. Mantenimiento del Sistema de Tratamiento.

El sistema de tratamiento por muy sencillo que parezca requiere de su mantenimiento eventual en cada fase de tratamiento para que este nos rinda su máxima eficiencia y de esta manera evitar el mantenimiento correctivo por lo que a continuación se menciona su respectivo mantenimiento por cada etapa de tratamiento.

5.3.1. Mantenimiento de la Trampa de Grasas.

El mantenimiento de la trampa de grasas de acuerdo a los cálculos obtenidos basándose en el parámetro analizado de grasas y aceites, debe de hacerse semanalmente; pero en la práctica se puede prolongar el tiempo hasta 15 días máximo, debido a que en las descargas de aguas residuales el flujo es muy variable. Este tipo de mantenimiento no consiste más que en extraer o remover del espejo del agua los sólidos y grasas acumulados en los diferentes deflectores por los que circula el agua, pudiéndose hacer este mantenimiento mecánicamente con pala y carretilla como herramienta.

5.3.2. Mantenimiento de los Tanques de Sedimentación.

En los tanques de sedimentación también se tendrán que remover grasas y natas acumulados en el espejo del agua de cada tanque, de la misma forma y en el período de tiempo que en la trampa de grasas. De igual manera; de los sólidos suspendidos totales podemos deducir que de 4 a 6 meses se puede hacer la extracción de lodos de las tolvas, abriendo las válvulas de descarga de las cuales esta provisto cada tanque.

5.3.3. Mantenimiento de los Filtros Microbianos.

El filtro microbiano por muy sencillo que parezca también requiere mantenimiento, y consiste básicamente en la inspección eventual del flujo tanto de entrada como de salida no estén obstruidos al igual que los canales de infiltración, que la vegetación existente en el filtro (*Phragmites communis*) sea la adecuada y este libre de plagas y enfermedades.

Para que el medio filtrante sea renovado puede ser en un periodo de tiempo de 25 a 30 años pero esto estará en función de la eficiencia del tratamiento primario de sedimentación.

VI.- CONCLUSIONES.

Después de recabar toda la información necesaria, de haber aplicado la metodología ya descrita y de los resultados obtenidos podemos concluir que:

En base al cuadro 2.3 podemos obtener en el tratamiento preliminar (Trampa de grasas) una reducción del 5 - 20% de materia en suspensión y del 10 - 20% de reducción de bacterias.

Como sistema de separación de sólidos previo al pantano artificial se selecciono el tanque Imhoff por que es la opción más económica y requiere menos volumen de excavación; es un dispositivo que se a usado en el tratamiento primario de aguas residuales ya que provee la sedimentación y digestión de los lodos en una sola unidad produciendo un efluente primario de calidad satisfactoria, eliminando de 40 - 60% de sólidos suspendidos y reduciendo la DBO_5 en un 25 - 35% al igual que un 50 - 60% de disminución de bacterias (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York 1995).

De acuerdo a la ecuación (13) de primer orden para la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, se obtuvo para el filtro microbiano un área superficial de 2589.84 m^2 con una profundidad promedio de 0.55 m para disminuir la DBO_5 a 150 mg/l que es lo que se requiere en el efluente. En el cuadro 9.3 que es una comprobación teórica de la eficiencia del pantano artificial se puede apreciar una DBO_5 promedio de 106 mg/l que es todavía menor. Con valores de diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para una comunidad rural del municipio de Irapuato, Gto. (Manuel Cabrera S; Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guanajuato) y DBO_5 promedio calculada para el Sistema de Tratamiento Natural; en la siguiente gráfica se observa de manera esquemática el comportamiento que puede tener la Demanda Bioquímica de Oxígeno en condiciones estables promedio de temperatura y precipitación pluvial. Así como la variación estacional que puede tener la DBO_5 en condiciones variables de temperatura, precipitación y sustrato de los filtros, con referencia a los valores máximos permitidos por la norma.

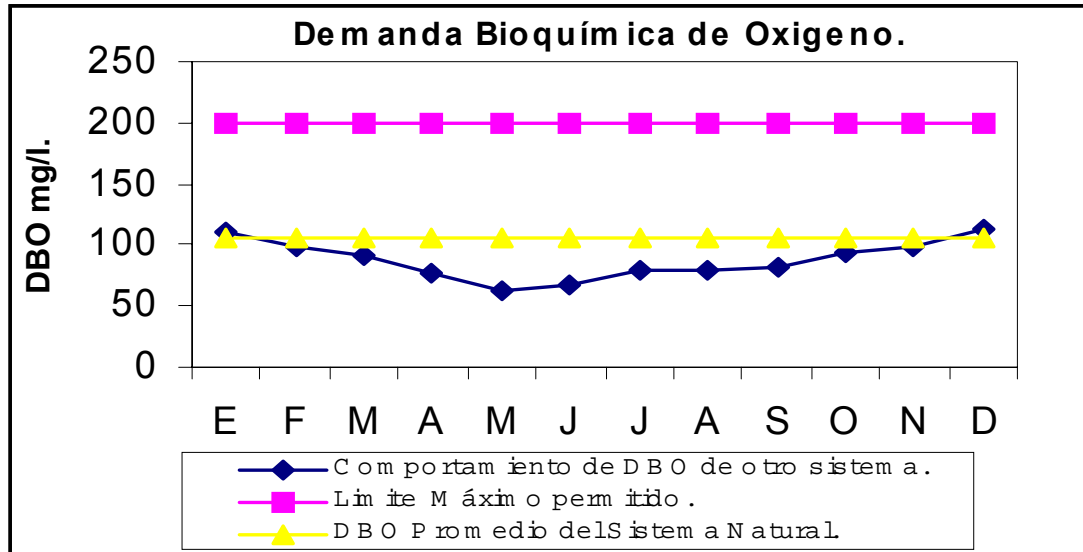


Figura 6.1. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los diferentes meses del año.

De la misma forma las colonias de coliformes deberán mantenerse por debajo de 100 – 150 NMP / 100 ml, o menos (Ingeniería y Medio Ambiente de Coahuila S.A de C.V).

En la laguna de almacenamiento se considera un ultimo tratamiento opcional mediante la siembra del lirio acuático u otras plantas acuáticas, con la finalidad de mejorar algunas características físicas del agua; debido a que esta planta flotante tiene una gran capacidad de absorber grandes cantidades de elementos disueltos en el agua, incorporándolos rápidamente en sus tejidos o estructura, estas plantas tienen la capacidad de remover algas y bacterias fecales reduciendo en gran medida los materiales que se encuentran en suspensión en el agua y los compuestos que provocan olores desagradables. El agua así tratada resulta de un color amarillo claro, sin olor y con un pH alrededor de neutro (Garza 1987).

Como ya se había mencionado en apartados anteriores este sistema de tratamiento es de bajo costo de construcción, operación y mantenimiento de acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro 4.3 de costos de construcción y lo aclarado anteriormente en cuanto a operación y mantenimiento sien dejar de mencionar que la desventaja de grandes extensiones de terreno deja de ser una limitante en este tipo de sistema.

Haciendo un análisis comparativo entre el sistema de tratamiento natural y el proyecto ejecutivo de Lagunas de Estabilización con el que ya cuenta el municipio podemos deducir:

Que el Sistema de Tratamiento Natural tiene la capacidad de tratar un gasto de 9.44 l/s con una superficie aproximada de 0.45 hectáreas y con un costo de inversión alrededor de \$944,848.98 para el año de 1999, y el Sistema de Tratamiento de Lagunas de Estabilización esta diseñado para tratar 9.2 l/s con una superficie de cuatro hectáreas y una inversión de \$3,000,259.26 en el año de 1996 por lo que en superficie y costos existe una gran diferencia significativa entre los dos sistemas.

Haciendo hincapié nuevamente en las ventajas que ofrece el Sistema de Tratamiento Natural podemos decir que en primer termino nos proporcionará un efluente de características aceptables para riego de áreas verdes y cultivos agrícolas sin un consumo adicional de agua; los lodos de los tanques de sedimentación una vez extraídos y secados pueden incorporarse como materia orgánica a suelo agrícola, debido a que tiene propiedades fertilizantes.

Por otra parte las plantas emergentes (carrizo) sembradas en el pantano artificial pueden ser cosechadas y comercializadas si así se dispone. En caso de que se opte por la siembra del lirio acuático en la laguna de almacenamiento y si las condiciones son favorables, diez plantas se pueden multiplicar a 1,500,000 y cubrir una hectárea de superficie de agua en menos de ocho meses y medio (el área cubierta por lirios se duplica cada 6 – 7 días), las plantas crecidas en aguas residuales miden entre 50 – 120 cm desde la punta de la raíz hasta la parte superior del racimo de flores y producen cosechas anuales de 27 a 200 toneladas/hectárea en peso seco (Aproximadamente el 95% del peso de la planta esta constituido por agua), por lo cual esta planta puede tomar gran importancia si se extrae y se le considera como forraje para los animales (previo análisis bromatológico).

En términos generales podemos concluir que el Sistema de Tratamiento con Tecnología Natural nos proporcionará paisaje y un hábitat estéticamente placentero para la vida silvestre, teniendo la capacidad de satisfacer la necesidad del tratamiento de aguas residuales generadas por el municipio y resolver los problemas de contaminación que estas producen; así como también puede competir con sistemas convencionales

(Lodos Activados, Lagunas de Estabilización) en el tratamiento de aguas residuales domésticas, proporcionando un efluente de calidad aceptable para riego agrícola, destinándose a la siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, excepto legumbres y verduras que se consumen crudas.

No obstante se deben tomar las debidas precauciones verificando periódicamente los análisis correspondientes al efluente para un mejor aprovechamiento y explotación del agua tratada, de esta manera se podrá tener un conocimiento de la eficiencia del sistema, monitoreando los parámetros de la norma ya señalados; si se encuentran dentro de los límites máximos permisibles que esta tiene establecidos para riego no restringido se puede aprovechar el agua en la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas en forma ilimitada como forrajes, granos, frutas e inclusive legumbres y verduras que se consumen crudas (riego libre).

Por lo que el Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales con Tecnología Natural para el municipio de San Ciro de Acosta S.L.P. es técnica y económicamente viable, y tentativamente pretende ser construido en la parte sudeste de la cabecera municipal.

VII.-RESUMEN.

El diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de San Ciro de Acosta S.L.P. se realizó mediante un proceso que integra tres etapas de tratamiento (T. preliminar, T. primario y T. secundario).

En la primera etapa (T. preliminar) se seleccionó una trampa de sólidos y grasas (Tanque despumador o desgrasador) para eliminar y neutralizar sustancias que puedan bajar la eficiencia del equipo de bombeo.

En la segunda etapa (T. primario) que constituye básicamente un proceso de sedimentación para eliminar los sólidos flotantes y los sólidos en suspensión, tanto como finos como gruesos; se seleccionó el tanque Imhoff siendo la opción más viable y económica en función de sus costos, mantenimiento y operación.

En la tercera etapa (T. secundario) se consideró y aplicó el sistema de tratamiento natural conocido como filtro microbiano o pantano artificial el cual constituye el tratamiento del agua residual, realizándose bajo los siguientes parámetros: flujo de agua residual, demanda bioquímica de oxígeno del agua residual, tipo de medio para el lecho del filtro, temperatura media mensual de la región, tiempo de retención del sistema, profundidad del lecho.

Tratamiento opcional: Se consideró un ultimo tratamiento mediante la siembra de lirio acuático en la laguna de almacenamiento con la finalidad de mejorar algunas características físicas del agua como: color, olor, turbidez, pH, etc. Además de que se puede extraer y suministrar a los animales como forraje (previo análisis bromatológico).

VIII.-BIBLIOGRAFIA.

Asociación Mexicana de Ingeniería Agrícola. Memoria de VI Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola del 14 – 16 de Noviembre de 1996. E9 –E21pp.

Alexander W. V. and Wood A. 1987. Experimental investigations into the use of Emergent plants to treat sewage in south Africa. In “The use of macrophytes in Water pollution control”. Water Science Technology. Vol. 19, No.10, 51 – 59pp.

Cortéz B.J. Silvia J.N.H. y M Bolivar . D. 1991. Evaluación de las aguas residuales con fines de riego agrícola antes y despues de un tratamiento físico – biológico. Resúmenes de XXIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Pachuca. Hgo. 70pp.

Culp Gordon.1982. Design guide for the land treatment of wastewaters. Post office Box 160. Gering Nebraska 69341. 1 – 50pp.

Departamento de Salud, Educación y Bienestar de E.U.A Servicio de Salud Publica 1975. Manual de fosas sépticas 1ª. Ed. Centro regional de Ayuda Técnica. 26pp.

Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. 1995. Manual de tratamiento de aguas negras. Editorial Limusa, SA de CV. 17, 101 – 106pp.

Evans 1997, Lista de precios, Motobombas Centrifugas, Equipos Hidroneumaticos, Motobombas de Piston, Motocompresores de Aire, Generadores, Vibradores. 1 – 13pp.

Evans 1998, Manual de referencias técnicas, bombas, compresores, hidroneumáticos, Motobombas de Pistón, Motocompresores de Aire, Generadores, Vibradores. 7, 23pp.

Frederick S. Merritt 1984. Manual del Ingeniero Civil Vol. 3. 2 ed McGraw – Hill De México S.A. de C.V. 22 – 28, 22 – 44pp.

Gillete Becky. 1992. The green revolution in wastewater treatment natural systems. Biocycle. Vol – 44 – 48pp.

Gordon Maskew Fair, John Charles Geyer, Daniel Alexander o Kun. 1971. Purificación de aguas, tratamiento y remoción de aguas residuales. Editorial Limusa. S.A, Vol. 2. 153 – 185, 531 – 542pp.

Garza. T Gloria 1987. Parte del trabajo elaborado por la Dra. Gloria T. De garza asesora de Dukcs. Unlimited de México A.C. (DUMAC) para el diseño del sistema de tratamiento de aguas negras de la UAAAN. Saltillo Coah.

Gopal, V; Maheshwari; K, Devi; R. Gopal. 1991. A biological technique of differential depollution of heavy metals and pesticides. Journal of Ecotoxicology and Environmental Monitoring. 1 (4) 250 – 264pp.

Kungman, C. Gleen, Asthon M. Flody 1980. Estudio de las plantas nocivas “principios y prácticas”. 1ª. Ed. Editorial Limusa. México.

Kadlec H. R, Knight R. L, 1996. Treatment wetlands. Lewis Publishers. U.S.A.

Metcalf and Eddy. 1979 “Wastewater engineering treatment and disposal” . Second edition . Ed. McGraw – Hill. Chapters 7,8,9,10,11, y 12.

Mancilla Reyes Victor A. 1997 – 2000. Plan de Desarrollo Municipal. San Ciro de Acosta S.L.P.

Norma Oficial Mexicana NOM – 001 – ECOL – 1996, que establece los limites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. 6 de Enero 1997 Publicada en el Diario Oficial de la federación el 24 de diciembre de 1996.

Nogales, R; E. Benitez; C. Gutierrez. 1994. Nutriente removal potential of water Hyacinth grow in static feenriched sewage water. Fresenius Environmental Bulletin 3 (6) 325 – 330pp.

Orús Asso Felix. 1965. Materiales de construcción. Editorial Dossat. S.A 285pp.

Plan maestro para el mejoramiento de la eficiencia y desarrollo institucional del Organismo Operador de Agua Potable y Alcantarillado, de San Ciro de Acosta. 1997. Proyecto Ejecutivo Lagunas de Estabilización.

SEDUE. 1988. Programa Nacional de Capacitación Ambiental. Control de la Contaminación del Agua. México 33 – 45pp.

Seoánes Calvo. 1995. Aguas Residuales Urbanas; Tratamientos Naturales de Bajo Costo y Aprovechamiento. Ediciones Mundi – Prensa. 22pp.

Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de S.L.P. Los Municipios de San Luis Potosi. 1a. Ed. 1988. 143 – 146pp.

Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. S.S.A. 1979. Características generales y Clasificación de las Aguas Residuales. México.

Turner Glenn A. 1994. Long – term Hydraulic properties of subsurface flow constructed Wetlands. Thesis. Master of Science. Agricultural Engineering. Texas Agricultural and Mechanic. University.

Zaranyka, M. F; F. Mutoko; H. Murahwa. 1994. Uptake of Zn, Co, Fe, and Cr by Water hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) Environment. 153 (1 – 2) 117 – 121pp.

IX.-A P E N D I C E S.

APENDICE A

DEFINICIONES

Aguas costeras.- Son las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fija el derecho internacional; así como las aguas marinas interiores, las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar.

Aguas nacionales.- Las aguas propiedad de la nación, en los términos del párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Aguas residuales.- Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

Aguas pluviales.- Aquéllas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.

Bienes nacionales.- Son los bienes cuya administración está a cargo de la Comisión Nacional del Agua en términos del artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales.

Carga contaminante.- Cantidad de un contaminante expresada en unidades de masa por unidad de tiempo, aportada en una descarga de aguas residuales.

Condiciones particulares de descarga.- El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por la Comisión Nacional del Agua para el responsable o grupo de responsables de la descarga o para un cuerpo receptor específico, con el fin de preservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

Contaminantes básicos.- Son aquellos compuestos y parámetros que se presentan en las descargas de aguas residuales y que pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales. En lo que corresponde a la Norma Oficial Mexicana solo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno total, fósforo total, temperatura y pH.

Contaminantes patógenos y parasitarios.- Son aquellos microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a la norma solo se consideran los coliformes fecales y huevos de helminto.

Cuerpo receptor.- Son las corrientes, depósitos naturales de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos donde se infiltran o inyectan dichas aguas cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos.

Descarga.- Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando este es un bien del dominio público de la nación.

Embalse artificial.- Vaso de formación artificial que se origina por la construcción de un bordo o cortina que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

Embalse natural.- Vaso de formación natural que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

Estuario.- Es el tramo del curso de agua bajo la influencia de las mareas que se extiende desde la línea de costa hasta el punto donde la concentración de cloruros en el agua es de 250 mg/l.

Humedales naturales.- Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas donde el suelo es predominante hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos, originadas por la descarga natural de acuíferos.

Límite máximo permisible.- Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales.

Metales pesados y cianuros.- Son aquéllos que en concentraciones por encima de determinados límites, pueden producir efectos negativos en la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a la norma sólo se consideran los siguientes: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc y cianuros.

Muestra compuesta.- La que resulta de mezclar el número de muestras simples, según lo indicado en el cuadro No. 9.1 Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

Cuadro 9.1. Frecuencia entre muestras de aguas residuales.

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

N.E. = No especificado.

Muestra simple.- La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos mas representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven acabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento del muestreo.

Parámetro.- Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.

Promedio diario (P.D).- Es el valor que resulta del análisis de una muestra compuesta. En el caso del parámetro grasas y aceites, es el promedio ponderado en función del caudal, y la media geométrica para los coliformes fecales, de los valores que resulten del análisis de cada una de las muestras simples tomadas para formar la muestra compuesta. Las unidades de pH no deberán estar fuera del rango permisible, en ninguna de las muestras simples.

Promedio mensual (PM).- Es el valor que resulte de calcular el promedio ponderado en función del caudal, de los valores que resulten del análisis de al menos dos muestras compuestas.

Riego no restringido.- La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, en forma ilimitada como forrajes, granos, frutas, legumbres y verduras.

Riego restringido.- La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, excepto legumbres y verduras que se consumen crudas.

Río.- Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar.

Suelo.- Cuerpo receptor de descargas de aguas residuales que se utiliza para actividades agrícolas.

Tratamiento convencional.- Son los procesos de tratamiento mediante los cuales se remueven o estabilizan los contaminantes básicos presentes en las aguas residuales.

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

Uso público urbano.- La utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización.

Sedimentación.- Es el asentamiento gravitacional, de las partículas en suspensión más pesadas que el agua.

Sedimentación simple.- Es la separación de las impurezas del fluido mediante fuerzas naturales (gravitación y la agregación natural de partículas asentadas).

Coagulación.- Es cuando se agregan productos químicos o de otra naturaleza para provocar o favorecer la agregación o asentamiento de la materia finamente dividida.

Precipitación química.- Cuando se agregan productos químicos para separar de la solución las impurezas disueltas.

APENDICE B

CÁLCULOS

Cuadro 9.2. Proyección de la población y su aportación de aguas residuales.

CONCEPTO	CANTIDAD	(%)
Numero de habitantes.	6,400	-
Viviendas particulares avitadas.	1,414	100
Promedio de habitantes por vivienda	4.5	-
Viviendas particulares con drenaje conectado a la calle.	374	26.44
Viviendas particulares con drenaje conectado a suelo o fosa.	226	15.98
Viviendas particulares sin drenaje.	814	57.57
Gasto proporcionado de agua potable.	18 l/s	100
Gasto de agua potable consumido (perdida).	5.4 l/s	30
Gasto teórico en la descarga.	3.33 l/s	26.44
Gasto de diseño cubriendo el 75% de alcantarillado.	9.44 l/s	75
Gasto en la descarga en m ³ /día.	815.6	-
Numero de viviendas con drenaje.	1060.5	75
Numero de usuarios con drenaje.	4,800	75
Gasto por habitante por día.	169.91	-

Cálculos para el tanque Imhoff.

Datos:

$$Q = 407.800 \text{ m}^3/\text{día} \text{ (16.990 m}^3/\text{hora)}.$$

$$H = 30.000 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}.$$

$$Tr = 2 \text{ horas.}$$

C_d = La capacidad de la cámara de digestión se propone para un 40% del total del volumen de sedimentación.

Relación largo ancho 2:1

$$C_v = 0.60 \text{ m}$$

Procedimiento:

$$S_s = \frac{407.800 \text{ m}^3/\text{día}}{30.000 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{día}} = 13.593 \text{ m}^2 \quad (1)$$

Relación L : A (2 : 1).

$$L = 5.214 \text{ m.}$$

$$A_s = 2.607 \text{ m.}$$

$$V_s = (16.99 \text{ m}^3/\text{hora})(2 \text{ horas}) = 33.980 \text{ m}^3 \quad (2)$$

$$T_{si} = 1.25 \frac{2.607 \text{ m}}{2} = 1.629 \text{ m} \quad (3)$$

$$V_{si} = (1.629 \text{ m})(5.214 \text{ m}) \frac{2.607 \text{ m}}{2} = 11.073 \text{ m}^3 \quad (4)$$

$$V_{sr} = (33.980 \text{ m}^3 - 11.073 \text{ m}^3) = 22.906 \text{ m}^3 \quad (5)$$

$$T_{sr} = \frac{22.906 \text{ m}^3}{(2.607 \text{ m})(5.214 \text{ m})} = 1.685 \text{ m} \quad (6)$$

$$A_{TT} = 2.607 \text{ m} + 2(0.60 \text{ m}) = 3.807 \text{ m} \quad (7)$$

$$V_{td} = 13.592 \text{ m}^3 / 2_{\text{Totlvas}} = 6.796 \text{ m}^3 \quad (8)$$

$$T_{dr} = \frac{13.592 \text{ m}^3}{(5.214 \text{ m})(3.807 \text{ m})} = 0.684 \text{ m} \quad (9)$$

$$T_{dr} = \frac{(6.796 \text{ m}^3)3}{\left[9.924 \text{ m}^2 + 1 \text{ m}^2 + \sqrt{(9.924 \text{ m}^2)(1 \text{ m}^2)} \right]} = 1.448 \text{ m} \quad (10)$$

$$P_t = 0.20 \text{ m} + 1.685 \text{ m} + 1.629 \text{ m} + 0.40 \text{ m} + 1.448 \text{ m} + 0.684 = 6.02 \text{ m} \quad (11)$$

Cálculos para el filtro microbiano (pantano artificial).

Datos:

$$K_{20} = 1.104$$

$$\Theta = 1.06$$

$$Q = 815.6 \text{ m}^3/\text{día.}$$

$$C_o = 210 \text{ mg/l.}$$

$$C_e = 150 \text{ mg/l.}$$

$$h = 0.35 \text{ m.}$$

$$n = 0.25\%$$

$$T = 21.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Procedimiento:

$$K_t = 1.104 (1.06)^{21.6 \text{ } ^\circ\text{C} - 20 \text{ } ^\circ\text{C}} = 1.211 \quad (12)$$

$$A_s = (L)(W) = \frac{815.6 \text{ m}^3/\text{día} \left[\ln \frac{210}{150} \right]}{(1.211)(0.35)(0.25)} = 2589.84 \text{ m}^2 \quad (13)$$

Por lo tanto:

$$W = 37 \text{ m.}$$

$$L = 70 \text{ m.}$$

$$h_1 = 0.55 \text{ m.}$$

$$h_2 = 0.15 \text{ m.}$$

$$b = 0.10 \text{ m}$$

$$K_s = 16,000 \text{ m/día.}$$

$$Q_{\max} = \frac{(16,000 \text{ m/día})(37 \text{ m})}{2(70 \text{ m})}(0.55 \text{ m} - 0.15 \text{ m})(0.55 \text{ m} - 0.15 \text{ m} + 0.10 \text{ m})$$

$$Q_{\max} = 1479.9 \text{ m}^3 / \text{día} \quad (14)$$

$$Q_{\max} \geq Q_{\text{diseño}}$$

$$V_b = (70 \text{ m})(37 \text{ m}) \left[\frac{0.55 \text{ m} + 0.15 \text{ m}}{2} \right] = 906.5 \text{ m}^3 \quad (16)$$

$$Tr = \frac{906.5 \text{ m}^3}{815.6 \text{ m}^3 / \text{día}} = 1.11 \text{ días} \quad (17)$$

Determinación de la carga orgánica en el filtro (pantano artificial).

Datos:

$$C_o = 210 \text{ mg/l}$$

$$A_S = 0.258984 \text{ hectáreas.}$$

$$Q_{\max} = 1479.9 \text{ m}^3 / \text{día.}$$

Factores de conversión.

$$1 \text{ kg} = 1000,000 \text{ mg.}$$

$$1 \text{ lt} = 1000 \text{ cm}^3.$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000,000 \text{ cm}^3.$$

Por lo tanto:

$$210 \text{ mg/l} = 0.000000210 \text{ kg/cm}^3.$$

$$0.000000210 \text{ kg/cm}^3 = 0.210 \text{ kg/m}^3.$$

$$0.210 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \left(\frac{1479.9 \text{ m}^3}{1 \text{ día}} \right) = 310.779 \text{ kg/día de DBO}$$

$$\text{Carga de DBO} = \frac{\text{kg de DBO}}{\text{Superficie}}$$

$$\text{Carga de DBO} = \frac{310.779 \text{ kg/día.}}{0258984 \text{ hectáreas.}} = 1199.993 \text{ kg/hectárea/día.}$$

Cuadro 9.3. Comprobación teórica de la eficiencia del pantano artificial.

Días	Temp. Media °C	Precip. Media mm.	Evapo. Media mm.	Coeficiente de Cultivo.	Flujo Efluente m ³ /mes	Flujo Promed. m ³ /mes	Tiempo de Retenc. días.	Kt Promed.	DBO Efluente
mes	22.07	43.49	129.19	1.0	25061.6	25172.6	1.11	1.24	106.17

Nota: La Demanda Bioquímica de Oxígeno puede tener variaciones en los diferentes meses del año ya que esta en función de la temperatura, precipitación, evaporación y de la eficiencia que tengan las plantas emergentes sembradas en el sustrato.

APENDICE C

PLANOS

CURRICULUM VITAE

INFORMACIÓN PERSONAL.

NOMBRE: Marco César Castillo Luna.
EDAD: 24 Años.
FECHA DE NACIMIENTO: 26 de Julio de 1975
LUGAR DE NACIMIENTO: San Ciro de Acosta S.L.P.
C.P. 79680
NACIONALIDAD: Mexicana.
ESTADO CIVIL: Soltero.
TELEFONO: 01 (487) 4 – 03 – 15 San Ciro de Acosta
S.L.P ó 01 (84) 17 – 01 – 57 Saltillo. Coah.

DOCUMENTOS.

LICENCIA DE CONDUCIR. 02N0017989
CARTILLA MILITAR LIBERADA
R.F.C. CALMC750726

DATOS FAMILIARES

NOMBRE DEL PADRE: Alvaro Castillo Balderas.
NOMBRE DE LA MADRE: Angela Luna Orduña.

EDUCACIÓN.

PRIMARIA (1981-1987) Escuela Primaria Federal Casa del Pueblo
San Ciro de Acosta S.L.P.
SECUNDARIA (1987-1990) Escuela Secundaria Técnica No.17
San Ciro de Acosta S.L.P.

PREPARATORIA (1990-1993)

C.B.T.a. No. 187

San Ciro de Acosta S.L.P.

LICENCIATURA (1993-1998)

Universidad Autónoma Agraria

“Antonio Narro”

Saltillo Coah. México

ESPECIALIDAD:

Ingeniero Agrónomo en Maquinaria Agrícola.

DISTINCIONES Y RECONOCIMIENTOS.

- 1.- Reconocimiento por el primer lugar de aprovechamiento Académico del C.B.T.a. No.187 de San Ciro de Acosta S.L.P.

DOCUMENTACION:

- 1.- Asistencia a la VI Semana Nacional de Maquinaria Agrícola. Buenavista, Saltillo, Coah. México, Agosto de 1995.
- 2.- Participación como Asistente en la VII Semana de Ingeniería. Buenavista Saltillo, Coah. México, Mayo de 1996.
- 3.- Asistencia a la VII Semana Nacional de Maquinaria Agrícola. Buenavista Saltillo, Coah. México, Septiembre de 1996.
- 4.- Carta de Servicio Social en Mantenimiento de Maquinaria Agrícola y Areas verdes de la UAAAN.
- 5.- Reconocimiento por haber asistido al curso de mantenimiento de Maquinaria Agrícola del 21 al 25 de Mayo de 1996 con una duración de 10 horas.
- 6.- Asistencia al VI Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola del 14 al 16 de Noviembre de 1996 en Monterrey N.L.

- 7.- Asistencia al VII Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola octubre de 1997
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- 8.- Curso de Inglés básico en el Instituto Tecnológico de Saltillo Coah. en
noviembre del 98.
- 9.- Agente de ventas y servicio en Fabrica Mexicana de Aspersoras (FMA) en el
periodo junio – septiembre del 99.

ABILIDADES.

Manejo de Excel, Word y PowerPoint 97 y AutoCAD R13.

Buenavista Saltillo Coah. México.

octubre del 99