

**PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN
PARA LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.
CASO: ZONA PANAMERICANA DEL ESTADO MÉRIDA.**

Por
Mabel Onedis Mejías Monsalve

Trabajo de grado para optar al título de Magíster Scientiae en Gestión de los Recursos
Naturales y Medio Ambiente con énfasis en Impacto Ambiental.

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
E INVESTIGACION AMBIENTAL Y TERRITORIAL.
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Mérida, Venezuela
2008

AGRADECIMIENTO

Este trabajo de grado, no hubiese sido posible culminarlo sin la cooperación desinteresada de algunas personas las cuales han sido un soporte durante esta trayectoria.

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

Al Consejo de Desarrollo Humanístico y Tecnológico (CDCHT) por el apoyo económico para la realización de este trabajo de grado.

A la Empresa Hidrológica Regional Aguas de Mérida, en especial a los Ingenieros Manuel Padilla, Ingrid Rosales y Janneth Mora, por su colaboración y hacer suyo este trabajo de grado.

A las Alcaldías de los municipios Obispo Ramos de Lora y Caracciolo Parra y Olmedo y a sus Cámaras Municipales, por la colaboración y facilitar sus espacios para la realización de las encuestas.

A todas aquellas personas que participaron en las encuestas impartidas.

A todos los profesores de la Maestría, en especial a Carlos Espinosa, José A. Pérez Roas y Pedro Misle, sin la formación que recibí de ustedes no habría podido realizar este trabajo de grado.

A todo el personal del CIDIAT por brindarme su cariño.

A mis compañeros de Maestría: Annie, Betsaida, Carmen Cecilia, Joalys, Maicol, Nesmark, Octaviano, Olymar, Pedro, Roger, Wilder y Yorman, gracias por su apoyo y todos los momentos compartidos.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de este trabajo, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

*A mi padre Dr. David Mejias M. por sus sabias palabras y confiar en mi.
A mi hijo Carlos David, por ser lo más bello que la vida me ha dado.*

INDICE

	Página
AGRADECIMIENTO	iv
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE SIMBOLOS	xv
RESUMEN	xvii
Capítulos	
1 INTRODUCCION	1
1.1. Justificación.....	2
1.2. Objetivo General.....	5
1.2.1. Objetivos Específicos	5
2 METODOLOGIA	7
3 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	17
3.1. Introducción.....	17
3.2. Caracterización de Aguas Residuales, Medición de Caudales y Recolección y Preservación de Muestras.....	19
3.3. Tren de Tratamiento a través de una Laguna de Estabilización.....	21
3.3.1. Tratamiento Primario.....	22
• Rejillas.....	22
• Desarenadores.....	24
• Trampas de Grasa.....	26
3.3.2. Tratamiento Secundario.....	26
• Lagunas de Oxidación o de Estabilización	27
3.3.3. Tratamiento Terciario.....	30
• Desinfección.....	30
3.4. Operación y Mantenimiento.....	31
3.4.1. Medición de Caudales.....	31
3.4.2. Control de Niveles del Agua.....	32
3.4.3. Detecciones Sensoriales: Olores y Colores.....	32
3.4.4. Medición de la Profundidad de Lodos.....	32
3.4.5. Mantenimiento Rutinario.....	33
3.4.6. Rejillas.....	33
3.4.7. Desarenadores.....	33
3.4.8. Trampas de Grasa.....	34
3.4.9. Remoción de Natas y Sólidos Flotantes.....	34
3.4.10. Céspedes, Vegetación y Malezas.....	35

3.4.11. Taludes.....	36
3.4.12. Cercos y Caminos.....	36
3.4.13. Remoción de los Lodos en Lagunas Facultativas.....	36
3.5. Personal requerido para operar y mantener un sistema lagunar.....	37
3.6. Método para analizar problemas y propuestas de soluciones desde la óptica de los actores involucrados.....	40
3.6.1. Quantitative Sorting (Q-SORT). Metodología Cuantitativa.....	40
· Pasos para aplicar el Q-SORT.....	40
4 ANALISIS DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS E IDENTIFICACION DE POSIBLES SOLUCIONES.....	45
4.1. Diagnostico Técnico.....	45
4.1.1. Sistemas de Tratamientos de la Zona Panamericana del estado Mérida.	45
· Población Guayabones.....	46
· Población de El Pinar.....	52
4.2. Análisis Causa-Efecto de los principales problemas presentes en los Sistemas Lagunares.....	56
4.3. Identificación de Actores posiblemente involucrados en la problemática de los Sistemas Lagunares.....	60
4.3.1. Aplicación de la metodología Quantitative Sorting (Q-Sort).....	61
· Aplicación del Q-Sort para identificar la percepción de los actores con respecto a los problemas.....	61
· Aplicación del Q-Sort para identificar la percepción de los actores con respecto a soluciones.....	65
4.4. Propuestas de solución a los problemas técnicos identificados en los Sistemas Lagunares de las poblaciones de Guayabones y El Pinar.....	69
5 ANALISIS Y EVALUACION DE PROPUESTAS TECNICAS.....	73
5.1. Situación Actual con ampliación del Sistema.....	73
5.2. Un Sistema Nuevo.....	73
6 ANALISIS DE LA PROPUESTA ORGANIZACIONAL.....	77
6.1. Actores requeridos para el desarrollo de la alternativa seleccionada.....	77
6.2. Análisis de los posibles de Responsables.....	80
6.3. Propuesta Organizacional para la alternativa seleccionada.....	84
7 PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTION PARA LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.....	87
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
8.1. Conclusiones.....	91
8.2. Recomendaciones.....	92

BIBLIOGRAFIA CITADA	93
APENDICE A. Guía de instrucciones para la encuesta.....	99
APENDICE B. Resultados arrojados por el programa al procesar la pregunta ¿Cuáles son los problemas que a su juicio presentan las Lagunas de tratamiento? Para la Población de Tucaní.....	111
APENDICE C. Resultados arrojados por el programa al procesar la pregunta ¿Soluciones que se proponen para solventar los problemas? Para la población de Mérida.....	125
APENDICE D. Diseño de las Lagunas de Estabilización para una construcción nueva.....	139
APENDICE E. Funciones de los Actores y Análisis Legal.....	157
APENDICE F. Resultados arrojados por el programa al procesar la pregunta ¿Quién se debe responsabilizar por la Operación y Mantenimiento del Sistema Lagunar? para la población de Santa Elena de Arenales.....	163
APENDICE G. Perfil del Operador.....	175

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1.1	Lagunas de estabilización construidas y operadas por el Servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR-MINFRA) y la Empresa Regional Aguas de Mérida en la Zona Panamericana del estado Mérida.	4
2.1	Sistemas de tratamientos visitados en la zona panamericana del estado Mérida.....	9
2.2	Actores identificados.....	11
3.1	Resumen de muestreos especiales o requerimientos para el manejo de preservación y almacenamiento de muestras.....	20
3.2	Implementos y herramientas de Operación y Mantenimiento requeridos para un Sistema de Lagunas de Estabilización.....	38
3.3	Observaciones de Campo en Lagunas de Estabilización.....	38
3.4	Actividades y observaciones del operador.....	39
4.1	Resultados obtenidos del análisis físico-químico del Sistema Lagunar de la población de Guayabones.....	50
4.2	Eficiencia del Sistema Lagunar de la Población de Guayabones basados en valores de la DBO.....	51
4.3	Resultados obtenidos del análisis físico-químico del Sistema Lagunar de la población de El Pinar.....	55
4.4	Eficiencia del Sistema Lagunar de la población de El Pinar basados en valores de la DBO.....	56
4.5	Actores Estadales y Municipales identificados.....	60
4.6	Oraciones en Consenso y Oraciones en las que se diferencian los grupos de las poblaciones de Tucaní, Santa Elena de Arenales y Mérida para la pregunta: ¿Cuáles son los problemas que a su juicio presentan las Lagunas de Tratamiento?.....	62
4.7	Oraciones en Consenso y Oraciones en las que se diferencian los grupos en la unión de los municipios y estado para la pregunta: ¿Cuáles son los problemas que a su juicio presentan las Lagunas de Tratamiento?.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1.1	Distribución Geográfica del Estado Mérida.....	3
2.1	Esquema de Metodología utilizada.....	8
2.2	Esquema del plan de muestreo en los Sistemas Lagunares seleccionados.	10
2.3	Tabla en donde se ordenaban las fichas entregadas a los participantes.....	14
3.1	Esquema de tratamiento Secundario o Biológico.....	18
3.2	Inclinación de rejilla entre 45 a 60 °.....	23
3.3	Rejilla que no ha sido limpiada en 24 horas.....	23
3.4	Rejilla después de la limpieza del día.....	24
3.5	Desarenador con compuertas.....	25
3.6	Una rejilla y un desarenador diseñados para una laguna facultativa, seguidos por una canaleta Parshall prefabricada para controlar el nivel de agua, la velocidad horizontal en el Desarenador, y medir los caudales.....	25
3.7	Trampas de Grasa.....	26
3.8	La interacción de bacterias y algas en las zonas aeróbicas y anaeróbicas en una laguna facultativa de estabilización.....	28
3.9	Laguna Facultativa en buen funcionamiento. Choloma, Honduras.....	29
3.10	Operador realizando el mantenimiento de las rejillas.....	33
3.11	Operador realizando mantenimiento del desarenador.....	34
3.12	Natas y sólidos flotantes.....	35
3.13	Laguna sin mantenimiento de vegetación y malezas.....	36
3.14	Lodos secados por evaporación formación de grietas.....	37
3.15	Menú principal del programa PQSORT.....	42
3.16	Ejemplo de un resumen de oraciones de consenso y disputa.....	44

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo

DBO : Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO : Demanda Química de Oxígeno

OD : Oxígeno Disuelto

O&M : Operación y Mantenimiento

CAE : Costo Anual Equivalente

Q-Sort : Quantitative Sorting

RESUMEN

Las obras de saneamiento en el medio rural venezolano enfrentan un problema en el momento en que son proyectadas y puestas en marcha pues carecen de una estructura organizativa que garantice su adecuada operación y mantenimiento, y por consiguiente su sustentabilidad.

En tal sentido, el objetivo de este trabajo es desarrollar una propuesta de modelo que garantice una gestión sustentable de las lagunas de estabilización como herramienta para el saneamiento en el medio rural de la zona panamericana del Estado Mérida, Venezuela.

El modelo propuesto consta de tres ejes: una propuesta técnica, en donde se desarrolló un diagnóstico técnico que permitió determinar el desempeño, las condiciones operativas de los Sistemas Lagunares, y se identificaron algunas propuestas de solución para garantizar la operatividad en el tiempo; un análisis y evaluación de las propuestas técnicas donde se identificaron algunas alternativas y por medio de un indicador financiero se encontró la alternativa más viable para el caso en estudio; y por último, una propuesta organizacional en donde se identificaron los actores presentes en la problemática existente en los Sistemas Lagunares y en base a la normativa legal que existente en el país, se propuso la organización que debe encargarse de la gestión del sistema.

Así mismo en la propuesta del modelo de gestión se definió la organización que se encargue de los Sistemas Lagunares, y su interrelación con las instituciones gubernamentales y no gubernamentales que se ajusten al marco legal normativo que la sustente.

El modelo desarrollado fue aplicado a dos poblaciones representativas en la zona de estudio.

Entre los resultados cabe destacar que los sistemas visitados no cumplen su desempeño en su totalidad, por lo tanto su eficiencia de remoción es baja. También cabe destacar que al estudiar algunas alternativas de solución técnico operativa, la ampliación de los sistemas fue la alternativa seleccionada con más viabilidad financiera.

Se pudo observar la carencia de un organismo que se encargue de la operación y mantenimiento de los sistemas, así como también la ausencia de un operador en los sistemas. El modelo de Gestión propuesto consta de una organización que se encargue de las Lagunas de Estabilización, la cual debe contar con apoyo financiero, técnico e institucional para que garantice su sustentabilidad.

Palabras claves: *Modelo de Gestión; Lagunas de Estabilización; Sustentabilidad; Saneamiento en el medio rural.*

CAPITULO 1

INTRODUCCION

El agua es un elemento esencial para los seres vivos. El hombre ha utilizado y utiliza agua en muchas actividades; el consumo de agua aumenta para satisfacer las nuevas demandas y atender al crecimiento de la población, el establecimiento de nuevas industrias y actividades agrícolas y pecuarias.

El uso del agua por el hombre implica que una fracción se evapora, otra se consume y la parte restante vuelve a ser vertida al ambiente o curso de agua. Esta última recibe sustancias y materiales durante el uso, que deterioran su calidad y le imparten características indeseables, que hacen necesario un tratamiento de las aguas usadas, de manera que sean menos perjudiciales para los cuerpos de aguas que las reciben.

En el año 1958, el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas propugnó la política de no utilización de recursos de mayor calidad en usos que pueden tolerar calidades más bajas. Esta política equivale en la práctica a una mejor planificación en el uso de los recursos hídricos, teniendo en consideración su calidad, y conduce obligatoriamente al desarrollo del concepto de tratamiento y reutilización.

El objetivo de tratar las aguas residuales domésticas es reducir una gran cantidad de contaminantes presentes, a tal nivel, que esa agua pueda ser vertida nuevamente a cuerpos receptores, sin el perjuicio de afectar el medio acuático y la capacidad autodepuradora del sistema.

El tratamiento de aguas residuales, para su disposición apropiada, constituye uno de los problemas de salud inherente en la actividad humana diaria. Los procesos de tratamiento suponen elevadas inversiones de capital y costos de operación altos, que la mayoría de las comunidades no están en capacidad de asumir ni de financiar.

Las lagunas de estabilización constituyen un sistema práctico y económico de tratamiento de las aguas servidas de poblaciones e industrias, efluentes de plantas de tratamiento y tanques sépticos.

Una laguna de estabilización es una estructura diseñada para detener las aguas residuales un período apreciable de tiempo, en un embalse de poca profundidad, donde se realizan y controlan los procesos naturales de degradación de la materia orgánica biodegradable, los cuales constituyen el tratamiento o la estabilización de los desechos (Cubillos, 1994).

En una laguna de estabilización existe una cadena trófica, es decir, unos organismos se alimentan de otros y hay transporte de energía. Existen algas y bacterias en suspensión. El oxígeno liberado por las algas, a través de metabolismo fotosintético, es usado por las

bacterias en la descomposición aeróbica de la materia orgánica. A la vez, los nutrientes y dióxido de carbono producidos por la actividad bacteriana son usados por las algas. Otros organismos, como los rotíferos y los protozoarios, tienen como función depurar el efluente (Romero, 1998).

1.1. JUSTIFICACION.

Debido al alto crecimiento de la población en el medio rural venezolano, a un urbanismo indiscriminado, el incremento de las coberturas de acueducto y alcantarillado en estas áreas y el bajo cubrimiento en el tratamiento de las aguas residuales domésticas, ha aumentado significativamente el deterioro de los cuerpos de agua.

Toda agua residual afecta en alguna manera la calidad del agua de la fuente o cuerpo receptor, (Romero, 1998), es por ello que se debe hacer un tratamiento a esta agua residual antes de enviarlas a un cuerpo receptor.

Con mucha frecuencia, las plantas de lagunas de estabilización existentes trabajan sobrecargadas, generando problemas de malos olores y efluentes de baja calidad sanitaria. Esta situación ha ocasionado en muchos casos el rechazo de la comunidad por esta tecnología. Por tanto, es necesario resaltar que diseñar una laguna de estabilización es tan importante como operarla adecuadamente. Este problema de las sobrecargas generalmente está ligado a la falta de programas de ampliación y mejoramiento de los sistemas de tratamiento.

Las obras de saneamiento en el medio rural no disperso del país enfrentan un problema en el momento en que son proyectadas y puestas en marcha, ya que no existe una herramienta que permita realizar evaluación de los sistemas. A lo anterior hay que añadir la carencia de un modelo de gestión que garantice una adecuada gerencia, operación y mantenimiento, factores indispensables para garantizar la sustentabilidad de tan importante infraestructura.

Sin embargo, a pesar de que ha habido un esfuerzo institucional, todavía no se ha alcanzado un desarrollo sostenible. En parte es consecuencia del predominio de ciertos conceptos de la ciencia moderna, como la exigencia de la especialización, el uso de la tecnología de punta y la dependencia de insumos externos "confiables". La mayoría de los proyectos de tratamiento de aguas residuales tienen como único objetivo el saneamiento ambiental, más no el aprovechamiento de ese recurso para desarrollar áreas verdes y agricultura. Estas empresas de agua aún no han comprendido que los efluentes tratados tienen un alto valor para la actividad agrícola y que pueden vender ese recurso al igual que el agua potable.

La Zona Panamericana del estado Mérida, está definida por una franja territorial que se extiende a lo largo de la carretera Panamericana en el costado noroeste del estado. Comprende los municipios Alberto Adriani, Obispo Ramos de Lora, Andrés Bello, Caracciolo Parra, Julio César Salas y Tulio Febres Cordero. Recientemente el gobierno nacional declaró en esta zona una de las Áreas Estratégicas de Desarrollo Agrícola Sustentable del país.

El Servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR-MINFRA) y otros entes gubernamentales y estatales, han construido una serie de obras de saneamiento en la Zona Panamericana del estado Mérida, a fin de crear las condiciones sanitarias requeridas para impulsar el desarrollo rural en la zona. Entre estas obras sanitarias destacan los sistemas lagunares para el tratamiento de las aguas residuales de los centros poblados y los asentamientos campesinos. La Figura 1.1 ilustra su distribución geográfica en el estado Mérida. La Tabla 1.1 presenta un resumen de algunas de estas obras sanitarias.

Desde su puesta en servicio estos sistemas no han sido estudiados ni evaluados. Muestran evidencias de una precaria operación y mantenimiento, razón por la cual se les considera propios para analizarlos a la óptica de un modelo que garantice su sustentabilidad.



Figura 1.1. Distribución Geográfica del Estado Mérida
 ● Municipios del Estado Mérida de la zona Panamericana

Tabla 1.1. Lagunas de estabilización construidas y operadas por el Servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR-MINFRA) y la Empresa Regional Aguas de Mérida en la Zona Panamericana del estado Mérida.

COMUNIDAD	MUNICIPIO	TIPO DE SISTEMA	UBICACIÓN
Caño Seco	Alberto Adriani	Dos (2) lagunas de estabilización en serie	Sector Ambulatorio.
Caño Amarillo	Alberto Adriani	Una (1) laguna de estabilización	Vía Hacienda los Grisolia.
Guayabones	Obispo Ramos de Lora	Dos (2) lagunas de estabilización en serie	Parte baja de la comunidad. Vía 4 esquinas.
San Rafael de Alcázar	Obispo Ramos de Lora	Dos (2) lagunas de estabilización en serie	Parte baja de la comunidad.
El Pinar	Caracciolo Parra	Dos (2) lagunas de estabilización en serie	Parte baja de la comunidad.
Guachizón	Obispo Ramos de Lora	Dos (2) lagunas facultativas	Finca del Sr. Tulio Vitoria.
Guachicapazón	Obispo Ramos de Lora	Dos (2) lagunas aerobias	Finca del Sr. César Contreras.
Tucanizón	Caracciolo Parra y Olmedo	Dos (2) lagunas de estabilización en serie	Parte baja del poblado.
Arapuey	Julio César Salas	Dos (2) lagunas de estabilización en serie	Parte baja del poblado.

Fuente: Servicio Autónomo de Vivienda Rural. Ministerio de Infraestructura región Mérida. Empresa Hidrológica Regional Aguas de Mérida

1.2. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de un modelo que garantice una gestión sustentable de las lagunas de estabilización como herramienta del saneamiento en el medio rural de la zona panamericana del Estado Mérida.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Desarrollar un Diagnóstico Técnico e identificar propuestas de solución técnica.
- Analizar y evaluar diferentes alternativas para una solución técnica.
- Desarrollar una propuesta organizacional para la alternativa seleccionada.
- Desarrollar una propuesta del Modelo de Gestión para las Lagunas de Estabilización de la Zona Panamericana del Estado Mérida.

CAPITULO 2

METODOLOGIA

Para la realización de este proyecto de grado y con el fin de lograr los objetivos propuestos, se elaboró una metodología que se puede observar en el diagrama de la Figura 2.1

Se efectuó una revisión bibliográfica en donde se pudo conocer las características propias de los Sistemas de Tratamiento entre los que se encuentran las Lagunas de Estabilización para el tratamiento de aguas residuales municipales, la Operación y Mantenimiento de estas y; para determinar las incumbencias de los diferentes actores involucrados se revisó el marco legal vigente en Venezuela.

El objetivo principal para llevar a cabo el diagnostico técnico era definir las actividades que permitieran determinar el desempeño, las condiciones operativas, identificar las deficiencias y las mejoras requeridas de un sistema lagunar, así como el mantenimiento para garantizar la operatividad en el tiempo.

Para ello se comenzó por realizar un reconocimiento a los sistemas de tratamiento de todos los municipios que se encuentran en la Zona Panamericana del estado Mérida, como lo son: Alberto Adriani, Obispo Ramos de Lora, Caracciolo Parra y Olmedo, Tulio Febres Cordero y Julio César Salas. Los sistemas visitados así como su condición en ese momento se encuentran especificados en la Tabla 2.1.

Se comenzó por una inspección visual de los sistemas en donde se analizaron algunos parámetros físicos como, el olor y color característicos de las Lagunas de Estabilización, las condiciones de la infraestructura, la limpieza de las natas, el mantenimiento de los alrededores y zonas de acceso y la presencia del operador.

Luego de esto, se llevó a cabo la elección de los sistemas para la caracterización de estas aguas y así poder corroborar los problemas existentes en la zona y proponer las mejoras necesarias. Para escoger estos sistemas se llevó a cabo un análisis en cuanto a población servida, lagunas de estabilización en funcionamiento y sobre todo la accesibilidad al sistema, ya que muchos de ellos se encontraban con sus caminos obstruidos por el crecimiento excesivo de maleza. Es entonces como se seleccionaron los sistemas lagunares de las poblaciones de Guayabones y El Pinar en los municipios Obispo Ramos de Lora y Caracciolo Parra y Olmedo respectivamente.

La caracterización de las aguas se realizó mediante muestras compuestas en un lapso de seis horas con intervalos de media hora a una hora en tres puntos seleccionados: la entrada a la laguna primaria, la salida de la laguna primaria y entrada a la laguna secundaria y la salida de la laguna secundaria, como se pueden observar en la Figura 2.2.

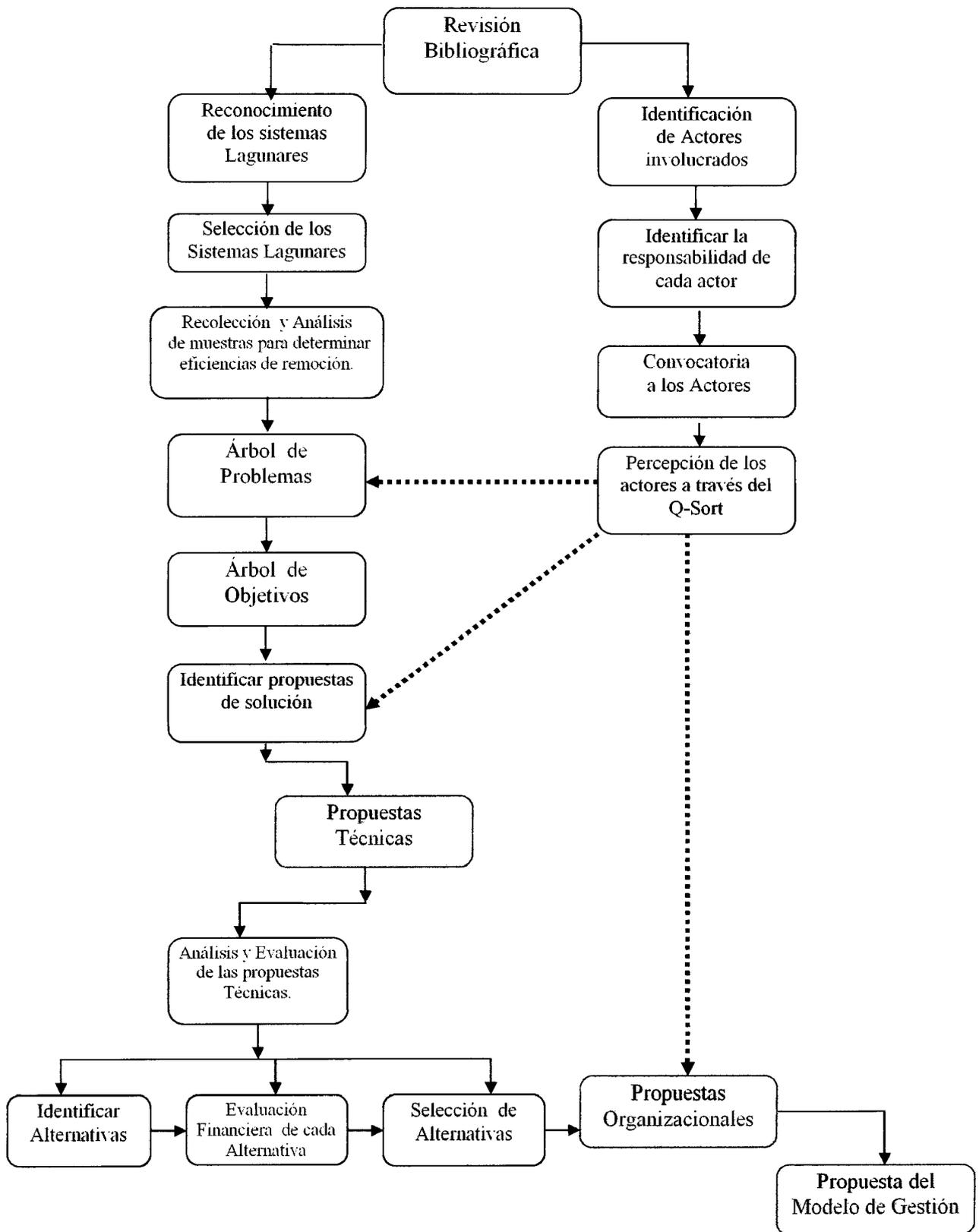


Figura 2.1. Esquema de Metodología utilizada.

Tabla 2.1. Sistemas de tratamientos visitados en la zona panamericana del estado Mérida.

Comunidad	Municipio	Tipo de Sistema	Ubicación	Población (N° de habitantes)	Condiciones actuales
Caño Seco	Alberto Adriani	Dos lagunas en serie	Sector Ambulatorio	17836*	Desmantelada la estación de bombeo, por lo tanto no está operando
Caño Amarillo	Alberto Adriani	Una laguna facultativa	Vía Hacienda Los Grisolia	11586*	Inundada por Caño cercano
Guayabones	Obispo Ramos de Lora	Dos lagunas en serie	Parte baja de la población. Vía 4 Esquinas	6440**	Buen mantenimiento de alrededores y de la laguna. No está en mal estado visual
Guachizón	Obispo Ramos de Lora	Dos lagunas en serie	Finca del Sr. Tulio Vitoria	4346*	Falta de mantenimiento. Eutrofizada.
Guachicapazón	Obispo Ramos de Lora	Dos lagunas en serie	Finca del Sr. César Contreras		Falta de mantenimiento. Imposible acceso a la segunda Laguna
San Rafael de Alcázar	Obispo Ramos de Lora	Dos lagunas en serie	Parte baja del poblado	4241**	Buen mantenimiento en los alrededores más no en las lagunas. Están eutrofizada
El Pinar	Caracciolo Parra Olmedo	Dos lagunas en serie	Parte baja del poblado	5935**	Falta de mantenimiento. Laguna Secundaria eutrofizada.
Tucaní	Caracciolo Parra Olmedo	2 lagunas en serie	Parte baja del poblado	16589**	No está operando. La población la cerró por problemas de infiltración
Nueva Bolivia	Tulio Febres Cordero	Sistema Lagunar	Parte baja del poblado	6560*	La vía de acceso a la laguna está totalmente cerrada
Arapuey	Julio César Salas	Laguna Facultativa	Parte baja del poblado	9753**	Eutrofizada. Falta de mantenimiento y de operador
San José de Palmira	Julio César Salas	Séptico-Biofiltro	Al lado del Cementerio	2454**	Buen funcionamiento

* Población estimada para el año 2007.

** Población según el censo 2001.

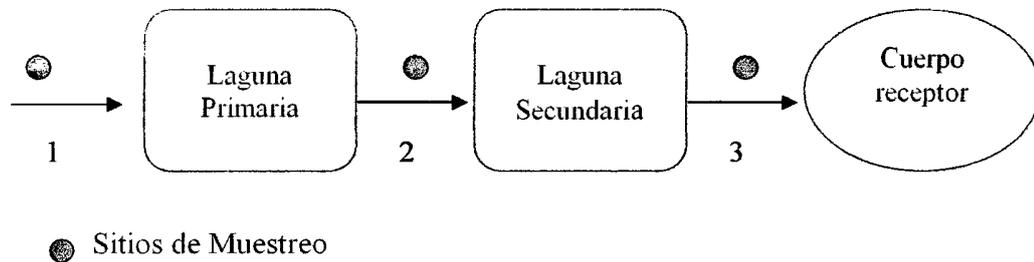


Figura 2.2. Esquema del plan de muestreo en los Sistemas Lagunares seleccionados.

Punto 1: Entrada a la Laguna Primaria.

Punto 2: Salida de la Laguna Primaria, Entrada a la Laguna Secundaria

Punto 3: Salida de la Laguna Secundaria, Entrada al cuerpo receptor de Agua.

Los parámetros seleccionados como indicadores de remoción de materia orgánica y de patógenos presentes en las lagunas fueron los siguientes:

- 1- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5^{20}).
- 2- Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- 3- Oxígeno Disuelto (OD).
- 4- Numero más probable de Coliformes fecales ($NMP/100ml$)
- 5- Temperatura de la muestra y del ambiente.
- 6- Olor.
- 7- Sólidos Totales.
- 8- Sólidos Disueltos.
- 9- Sólidos Suspendidos.
- 10- pH
- 11- Temperatura del ambiente.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio de la Empresa Hidrológica Regional “Aguas de Mérida” para realizarle los análisis.

Con estos sitios de muestreo y los resultados de las muestras, se pudo calcular la eficiencia basada en la demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de cada laguna y en todo el sistema, ya que son sistemas lagunares que trabajan en serie.

Para calcular la eficiencia de remoción del Sistema Lagunar, se usó la Ecuación 2.1 que se muestra a continuación:

$$E_n = \frac{C_t - C_s}{C_s} * 100 \quad (2.1)$$

donde:

E_n = Eficiencia en el punto n. (n= 1,2 ó total)

C_i = parámetro medido en el inicio.

C_s = parámetro medido en la salida.

Seguidamente, se realizó un análisis causa-efecto a los principales problemas presentes en los Sistemas Lagunares, con la ayuda de un instrumento metodológico, como lo es el árbol de problemas, en donde se esquematizaron las causas y efectos de los problemas, tomando en cuenta el diagnóstico técnico realizado anteriormente y clasificando a los problemas en tres grupos: técnicos, organizacionales y sociales.

Con el árbol de problemas ya esquematizado, se revirtió llevándolo a árbol de objetivos, en donde las causas pasan a ser medios y los efectos se convierten en fines.

Luego de tener los problemas descritos, se procedió a identificar a diferentes actores para determinar su percepción en los problemas existentes en los Sistemas Lagunares, las posibles soluciones que ellos consideran y la responsabilidad que pudiera tener cada uno de ellos en la gestión del sistema. Los actores identificados fueron clasificados en estatales y municipales.

Entre los actores estatales se encontraban los entes con funcionarios encargados en los municipios pero con oficinas en el estado, y en los municipales se encontraban los funcionarios que habitan en los municipios. Estos actores se encuentran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Actores identificados.

Actores Municipales	Actores Estadales
Alcaldías de los Municipios.	Aguas de Mérida.
Consejos Comunales.	Ministerio para el Poder Popular del Ambiente
Mesas Técnicas de Agua Municipales.	Servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR)
Cámara Municipal.	Instituto para la Conservación del Lago de Maracaibo (ICLAM)
Juntas Parroquiales.	Gobernación del estado. Consejos locales de planificación.
Comité de Salud.	Universidad de los Andes.
Ministerio de Educación.	
Fundos Zamoranos	
Cooperativas de Mataderos.	

Se convocó a los actores identificados y se realizó una encuesta. Se tomó como herramienta una metodología que cuenta con un programa estadístico llamado “Quantitative Sorting” (Q-SORT); el cual consiste en la elaboración de preguntas sencillas y concretas en donde los participantes no dan una respuesta específica sino le

dan un orden de prioridad a las posibles respuestas, que se pueden analizar desde el punto de vista del entrevistado.

La encuesta contaba con tres preguntas paraguas, a cada una de ellas les correspondía veintitrés oraciones. Estas preguntas fueron elaboradas tomando en cuenta el diagnóstico técnico, el árbol de problemas y el árbol de objetivos.

La primera pregunta realizada tenía que ver con los problemas existentes en los sistemas, la segunda con las soluciones propuestas por los participantes en la encuesta y en la tercera con la organización que debía de encargarse del Sistema Lagunar.

Las preguntas paraguas con sus respectivas oraciones se muestran a continuación.

¿Qué problemas a su juicio presenta el Sistema Lagunar?

1. Malos olores
2. Infiltración.
3. Desbordamientos.
4. Aspecto desagradable a la vista.
5. No se respetan los límites de la Laguna, construyendo viviendas en los alrededores.
6. Plagas y mosquitos.
7. Enfermedades como diarrea.
8. Perdida de valor de las viviendas cercanas.
9. Contaminación del río donde cae el agua residual.
10. Rechazo de la comunidad al sistema lagunar.
11. Falta de información a la población.
12. Riesgo de accidentes que se pueden presentar con personas y animales.
13. Ocupa grandes espacios.
14. Ausencia de un operador.
15. Falta de capacitación del operador.
16. Incumplimiento del pago del operador.
17. Insuficiencia de recursos para la Operación y Mantenimiento.
18. El sistema de alcantarillado no funciona adecuadamente.
19. Carencia del organismo encargado en la Operación y Mantenimiento.
20. Desperdicios ajenos a las Aguas residuales arrojados por la comunidad.
21. Defecto en la construcción de la Laguna
22. Crecimiento excesivo de malezas dentro del área de la laguna.
23. Falta de Rejillas y desarenadores.

¿Qué soluciones propone usted a los problemas presentes en el Sistema Lagunar?

1. Contratación de operador para operación y mantenimiento.
2. Utilizar o construir otro sistema de tratamiento que no sean lagunas.
3. Mudar el sistema lagunar a otro lugar.
4. Contratación de un grupo multidisciplinario (ingenieros, técnicos, analistas de laboratorio) que se encarguen de la O&M del sistema lagunar.

5. Que se encargue la población de la O&M.
6. Planificación para el manejo y disposición de subproductos. (Lodos, residuos sólidos, natas).
7. Obtener colaboración de los usuarios del sistema.
8. Despertar interés en futuros beneficios sanitarios
9. Participación de empresas privadas para la O&M.
10. Cursos de capacitación para los operadores del sistema.
11. Plan de manejo ambiental para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales generados por las lagunas.
12. Cumplir la normativa establecida para las descargas a cuerpos de agua. (Decreto 883).
13. Identificar los recursos disponibles para proyectar acciones para el adecuado manejo de la laguna.
14. Introducir la reutilización de las aguas residuales.
15. Mejorar el sistema de alcantarillado de la población.
16. Implementar rejillas, desarenadores y trampas de grasa.
17. Reubicar las viviendas que se encuentran en los alrededores.
18. Garantizar los recursos para el pago del operador y de la O&M.
19. Campañas de información sobre la importancia que existe en el tratamiento y los beneficios que aporta a la población.
20. Elaborar un manual de O&M para que sirva de guía a las personas que laboren en el sistema.
21. Facilitarle al operador los implementos necesarios para la O&M.
22. Implementar un muestreo permanente en donde se midan parámetros que permita verificar el funcionamiento y la eficiencia de la laguna.
23. Implementar un modelo de gestión adecuado para el sistema de tratamiento.

¿Quién cree usted que se debe responsabilizar por la operación y mantenimiento del Sistema Lagunar?

1. MARN. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales).
2. Aguas de Mérida.
3. ICLAM (Instituto para la conservación del Lago de Maracaibo).
4. Alcaldía del Municipio.
5. INTI (Instituto Nacional de Tierras).
6. Consejos Comunales.
7. SAVIR (Servicio Autónomo de Vivienda Rural).
8. Malariología.
9. Ministerio de Educación.
10. Mesas Técnicas de Agua Municipales.
11. Gobernación del estado... Consejos locales de planificación.
12. CORPOANDES.
13. Cámara Municipal.
14. Juntas Parroquiales.
15. Comité de Salud.

A los actores estatales se les impartió la encuesta en la sede de cada organismo, ya que fue difícil organizar un taller.

Con la identificación de los problemas mediante el diagnóstico técnico, y tomando en cuenta el análisis de las preguntas suministradas en la encuesta impartida a los diferentes actores, se plantean algunas propuestas de soluciones técnicas para la situación actual de los sistemas con el fin de mejorar el sistema operativo de los Sistemas Lagunares.

Considerando que los Sistemas Lagunares de las poblaciones de Guayabones y El Pinar tienen una capacidad insuficiente para obtener una eficiencia mayor en éstos, se estudiaron algunas alternativas de solución técnica. Estas eran:

1. Situación Actual con ampliación del Sistema, que consiste en: Inversión de Tratamiento Primario, ampliación al sistema de Lagunas y Operación y Mantenimiento para una población futura con proyección a 15 años y,
2. Un Sistema Nuevo, que consta de Inversión en terreno, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario como también costos de operación y mantenimiento para una población futura con vida útil de 15 años.

Se analizaron y evaluaron las alternativas de ampliación del sistema y del sistema nuevo; tomando en cuenta los costos de construcción y de operación y mantenimiento. Las condiciones comunes a las dos alternativas serían el periodo de proyección de 15 años y la operación y mantenimiento del sistema por este tiempo. A estas se les aplicó un instrumento de análisis matemático financiero que ayudara a tomar decisiones económicas, como lo es el Costo Anual Equivalente (CAE).

A cada alternativa se le aplicó el siguiente indicador:

$$\frac{CAE}{N^{\circ} \text{ habi tan tes}} \quad (2.2)$$

El indicador fue aplicado para las dos poblaciones, Guayabones y El Pinar, en cada una de las alternativas. Seguidamente se pudo obtener la alternativa con mayor viabilidad financiera para las soluciones técnicas de este proyecto.

Para llevar a cabo la Propuesta Organizacional se comenzó por analizar los actores identificados anteriormente e identificar aquellos que tuvieran de una u otra forma capacidad en las etapas de un proyecto para diseñar, financiar, construir e inspeccionar y operar y mantener los sistemas lagunares de acuerdo con la alternativa seleccionada.

Luego a estos actores seleccionados se les aplicó una Matriz de Análisis de Involucrados para poder obtener los mandatos, recursos, intereses y problemas percibidos por los actores involucrados.

Se realizó un análisis al marco legal, tomando en cuenta diferentes leyes vigentes en nuestro país como lo son: la Constitución de la Republica Bolivariana de Venezuela, la Ley de Aguas, la Ley Orgánica de Régimen Municipal, la Ley Orgánica para la Prestación de Servicios de Agua Potable y Saneamiento, la Ley Orgánica del Ambiente y la Ley de Consejos Comunales.

Con los actores seleccionados y el análisis de involucrados realizado a cada uno de ellos, se pudo proponer un grupo de organismos responsables para llevar a cabo las diferentes etapas del proyecto y así poder implementar la alternativa seleccionada.

Finalmente, con base en las propuestas de evaluación técnica y organizacional, analizando algunas alternativas de solución identificadas y la percepción de los actores mediante la metodología Q-Sort, se desarrolló la propuesta del Modelo de Gestión para las lagunas de estabilización que fuese sustentable y sostenible en el tiempo la cual era el objetivo principal de este trabajo de grado.

CAPITULO 3

REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1. INTRODUCCIÓN

Se ha dicho que las aguas que quedan como residuo de la actividad humana son de origen doméstico y de naturaleza industrial. Sin duda que el mayor volumen de aguas servidas corresponden a aquellas que son propias de la vida del ser humano como la limpieza, preparación de alimentos y necesidades fisiológicas. Se calcula que cada persona consume 200 litros diarios para satisfacer estas necesidades.

El empleo del agua potable en los hogares genera agua servida que contiene los residuos propios de la actividad humana. Parte de estos residuos son materia que consume o demanda oxígeno por oxidación de ésta, como la material fecal, restos de alimentos, aceites y grasas; otra parte son detergentes, sales, sedimentos, material orgánico no biodegradable y también microorganismos patógenos. La materia orgánica biodegradable y algunas sales inorgánicas son nutrientes para los microorganismos. Estas aguas servidas se denominan también aguas negras o municipales y, como es sabido, se vierten en los sistemas de alcantarillado que las conducen, en la inmensa mayoría de los casos, a los cuerpos de agua, como mar, lagos y ríos, produciendo por lo tanto la contaminación de estas agua naturales.

Para caracterizar estos residuos, se utiliza una serie de parámetros analíticos que determinan su calidad física, química y biológica. Dentro de estos parámetros se podrían mencionar, la turbidez, los sólidos suspendidos, los sólidos disueltos, la acidez, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), el oxígeno disuelto, el número más probable de coliformes totales y fecales, entre otros. La demanda bioquímica de oxígeno que requieren los microorganismos para vivir, junto con la presencia de materia orgánica que les sirve de nutrientes, se emplea como medida de la cantidad de residuos que existen en el agua con carácter de nutrientes.

El proceso usual del tratamiento de aguas residuales domésticas puede dividirse en tres etapas:

- Tratamiento primario o físico;
- Tratamiento secundario o biológico y
- Tratamiento terciario.

El tratamiento primario consiste en la remoción de sólidos insolubles como arena y materiales como grasas y espuma. El primer paso de la etapa inicial es la sedimentación y filtración de sólidos a través de rejillas.

La sedimentación separa tanto los sólidos decantables como aquellos que flotan. Durante esta decantación primaria existe la tendencia a que las partículas floculables

formen agregados, hecho que puede ayudarse con la adición de compuestos químicos. El material que flota consiste en aceites, ácidos grasos y jabones insolubles que se conocen genéricamente como grasa.

El tratamiento secundario se aplica para descomponer por microorganismos y luego flocular la materia orgánica presente, la cual al degradarse flocula. Como este mismo proceso biológico ocurre naturalmente, la aplicación de éste en aguas servidas, ejecutado en forma regulada, previene la contaminación de los cuerpos de agua cuando en ellos se descargan estas aguas. Por lo tanto, el tratamiento biológico emplea, con diversas técnicas, la materia orgánica biodegradable de las aguas residuales domésticas, como nutrientes de una población bacteriana a la cual se le proporciona oxígeno y condiciones controladas para que crezca en un lugar en el cual este crecimiento no tenga influencia en el medio ambiente. El tratamiento biológico es por tanto una oxidación de la materia orgánica biodegradable con participación de bacterias que se ejecuta para acelerar un proceso natural, y evitar la presencia de contaminantes y la ausencia de oxígeno en los cuerpos de agua.

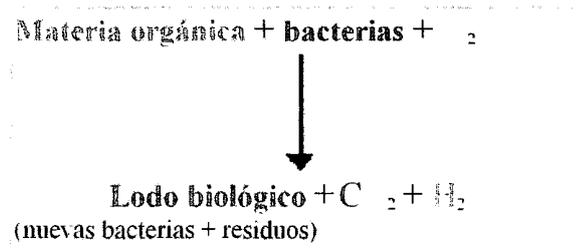


Figura 3.1. Esquema de tratamiento Secundario o Biológico.

La cloración es parte del tratamiento terciario o avanzado que se emplea para lograr un agua más pura. Los objetivos del tratamiento avanzado son eliminar la carga orgánica remanente de un tratamiento secundario, desinfectarla para eliminar microorganismos patógenos, eliminar color y olor indeseables, remover detergentes, fosfatos y nitratos residuales que ocasionan espuma y eutrofización respectivamente.

Antes de entrar a detallar los procesos involucrados en cada tratamiento y su operación y mantenimiento; es importante reseñar brevemente como debe ser la caracterización de estas aguas, la medición de caudales y la toma de muestras.

3.2. CARACTERIZACION DE AGUAS RESIDUALES, MEDICION DE CAUDALES Y RECOLECCION Y PRESERVACION DE MUESTRAS.

Para caracterizar las aguas residuales se debe tener en cuenta la medición de caudales y la determinación de concentraciones mediante análisis de laboratorio.

Los análisis de laboratorio deben realizarse de acuerdo a los métodos internacionalmente aceptados como lo es el publicado en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater de la APHA, en su última edición.

La determinación del caudal de las descargas debe efectuarse por lo menos 3 jornadas de medición horaria durante las 24 horas del día y en cada uno de los emisarios que se consideren representativos.

Los caudales deben relacionarse con la población de aporte de cada descarga para determinar los correspondientes aportes de agua residual per cápita. En caso de existir descargas industriales dentro del sistema de alcantarillado, deben calcularse por separado los caudales domésticos e industriales.

Deben efectuarse mediciones para determinar la cantidad de agua de infiltración y otros caudales afluentes asociados a conexiones erradas al sistema de alcantarillado, así como tomar en cuenta los periodos de sequía y de lluvia.

La toma de muestras de agua residual para el análisis de estas, según el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento (RAS-2000), se puede realizar mediante una muestra simple o mediante una muestra compuesta.

La muestra simple representa la composición del agua para ese tiempo y lugar específicos. Dicha muestra puede ser representativa de espacios y tiempos mayores si se sabe con anterioridad que la composición es constante en el tiempo y que no existen gradientes de concentración espaciales.

Las muestras compuestas son la mezcla de varias muestras instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma.

En la tabla 3.1 se puede observar algunos parámetros medidos en la toma de aguas residuales con su requerimiento para el manejo y preservación de la muestra.

Tabla 3.1. Resumen de muestreos especiales o requerimientos para el manejo de preservación y almacenamiento de muestras.

Determinación	Recipiente	Tamaño mínimo de la muestra mL	Preservación	Almacenamiento máximo (Recomendado / Regulatorio)
Acidez	P, V	100	Refrigerada	24 h/14 días
Alcalinidad	P, V	200	Refrigerada	24 h /14 días
DBO	P, V	1000	Refrigerada	6 h / 48 h
DQO	P, V	100	Analizar tan pronto como sea posible o adicionar H ₂ SO ₄ a pH < 2 ; refrigerar	7 d / 28días
Color	P, V	500	Refrigerar	48 h / 48 h
Conductividad	P, V	500	Refrigerar	28 d / 28 días
Dureza	P, V	100	Adicionar HNO ₃ a pH< 2	6 meses/ 6 meses
Sulfuros	P, V	100	Refrigerar, adicionar 4 gotas Zinc 2N acetato/100 ml ; adicionar NaOH a pH>9	28 d 7 días
Nitratos	P, V	100	Analizar tan pronto como sea posible o refrigerar.	48 h / 48 h (28 días para muestras cloradas)
Nitratos +Nitritos	P, V	200	Adicionar H ₂ SO ₄ ; refrigerar	ninguna / 28 días
Nitrógeno total Kjeldahl (Orgánico)	P, V	500	Refrigerar, adicionar H ₂ SO ₄ a pH<2	7 / 28 días
Nitritos	P, V	100	Analizar tan pronto como sea posible, refrigerar.	ninguno/ 48 días
Amonio	P, V	500	Analizar tan pronto como sea posible o adicionar H ₂ SO ₄ a pH< 2 ; refrigerar	7 d / 28 días
Olores	V	500	Analizar tan pronto como sea posible ; refrigerar	6 h/ N.S
Aceites y grasas	V, Boquilla amplia calibrada	1000	Adicionar H ₂ SO ₄ , refrigerar	28 d/ 28 días
Sólidos	P, V		Refrigerar	7 d/2 - 7 días
pH	P, V		Analizar inmediatamente.	2 h / N.S

Tabla 3.1. Continuación del resumen de muestreos especiales o requerimientos para el manejo de preservación y almacenamiento de muestras.

Determinación	Recipiente	Tamaño mínimo de la muestra mL	Preservación	Almacenamiento máximo (Recomendado / Regulatorio)
Fosfatos	V(A)	100	Para fosfatos disueltos, filtrar inmediatamente; refrigerar	48 h / N.S
Cloro residual	P, V	500	Analizar inmediatamente	0.5 h / stat
Metales	P(A),V(A)	300	Para metales disueltos filtrar inmediatamente ; adicionar HNO ₃ a pH < 2.Refrigerar	6 meses/ 6 meses
Oxígeno disuelto : -Método de electrodo -Método de Winkler	V, botella de DBO	300	Analizar inmediatamente. La titulación puede ser retrasada después de la acidificación	h / stat 8h / 8 h
Dióxido de cloro	P, V	500	Analizar inmediatamente	0.5 h / S.N
Temperatura	P, V		Analizar inmediatamente	stat / stat
Turbidez	P, V		Analizar el mismo día	24 h / 48 h

Refrigerada = almacenada a 4°C en la oscuridad. P = plástico (polietileno o equivalente). V = vidrio; V(A) = enjuagadas con 1+1 HNO₃ ácido nítrico; V(s) = vidrio, enjuagado con solventes orgánicos; stat = El almacenamiento no está permitido; analizar inmediatamente. S.N= sin información.

Fuente: Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. (RAS-2000)

3.3. TREN DE TRATAMIENTO A TRAVES DE UNA LAGUNA DE ESTABILIZACION.

El tratamiento a través de lagunas de estabilización debe tener tres etapas:

- Tratamiento primario;
- Tratamiento secundario y
- Tratamiento terciario

3.3.1 Tratamiento Primario

Según Mara (1992), la función de un tratamiento primario es:

- Remover los sólidos grandes (gruesos) que flotan o están suspendidos. Estos sólidos gruesos consisten principalmente de papel, plásticos, trapos y tela, y otros desechos sólidos que pueden entrar el alcantarillado. Dependiendo de la abertura de las barras en una rejilla, los sólidos gruesos también pueden consistir de excretas humanas.

- Remover los sólidos inorgánicos pesados, los que se llaman sólidos arenosos, que han entrado al alcantarillado. Estos sólidos van al alcantarillado por las conexiones de tubería y los pozos de inspección y consisten principalmente de arena y otros sólidos que tienen una gravedad específica alrededor de 2.5.

Los sólidos flotantes y gruesos pueden causar problemas en la operación de las lagunas: ellos ayudan en la formación de nata que puede producir malos olores, sirven como un foco para la reproducción de insectos, y producen condiciones desagradables a la vista. Los sólidos arenosos pueden llenar la entrada de la laguna primaria, donde se impide la mezcla del afluente con el contenido de la laguna, erosionan el revestimiento y los taludes interiores, ocasionan malos olores, y condiciones desagradables a la vista (Gloyna, 1971). También, los sólidos arenosos pueden elevar significativamente el volumen de lodos que llena una laguna primaria, y como resultado la laguna necesitará limpieza con más frecuencia.

- *Rejillas.*

Para la separación de sólidos gruesos se utilizan rejillas ubicadas transversalmente al flujo. Al pasar el agua, el material grueso queda retenido en el enrejado. El material retenido debe ser retirado manualmente con un rastro y enterrado diariamente. La cantidad de material retenido varía dependiendo de la abertura entre las barras de las rejillas.

Las rejillas deben colocarse aguas arriba de las estaciones de bombeo o de cualquier dispositivo de tratamiento que sea susceptible de obstruirse por el material grueso que trae el agua residual sin tratar.

Se recomienda un espaciamiento entre las barras de la rejilla de 15 a 50 mm para rejillas limpiadas manualmente, y entre 3 y 77 mm para rejillas limpiadas mecánicamente (Rolim, 2000).

Una rejilla bien diseñada debe tener barras rectangulares con ancho de 5—15 mm y espesor de 25—40 mm, con una plataforma de drenaje para poder sacar los sólidos gruesos retenidos—que tienen una humedad promedio de 80%—antes de disponerlos en una manera sanitaria. La inclinación con la vertical de la rejilla varía entre 45° y 60° para que se remueva el material retenido fácilmente con un rastro. Se recomienda una abertura entre las barras de 50 mm para que las heces humanas pasen por la rejilla sin ser retenidas (Véanse las Figuras 3.3 y 3.4). El material de construcción de las barras y la

metal y resistente a la corrosión, como acero inoxidable, acero galvanizado, o aluminio.

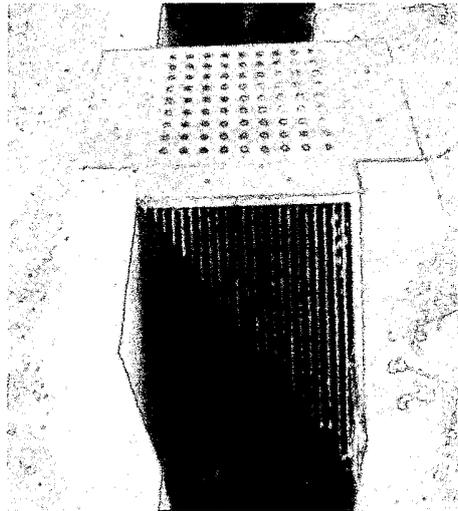


Figura 3.2. Inclinación de rejilla entre 45 a 60 °.



Figura 3.3. Rejilla que no ha sido limpiada en 24 horas.



Figura 3.4. Rejilla después de la limpieza del día.

- ***Desarenadores.***

Las aguas residuales contienen, por lo general, concentraciones significativas de sólidos inorgánicos como arena, ceniza, y grava que tienen una gravedad específica entre 1.5 a 2.65; por convención se llaman estos "sólidos arenosos". Los sólidos arenosos provienen del alcantarillado y la cantidad producida es muy variable y depende de factores como la tasa de infiltración al alcantarillado, la condición del colector, la topografía, el tipo de suelo, y el porcentaje de las calles pavimentadas. También, la cantidad varía significativamente entre la época seca y la época lluviosa (Rolim, 2000; ASCE/WPCF, 1977).

Independiente de las características geométricas de los desarenadores, estos deben localizarse después de las rejillas y antes de la laguna primaria y las estaciones de bombeo. Se debe construir un mínimo de dos unidades en cualquiera de los niveles de complejidad. Cada unidad debe tener la capacidad para operar con los caudales de diseño cuando la otra unidad está en limpieza. El tiempo de retención hidráulico debe basarse en el tamaño de las partículas que deben separarse.

En la figura 3.5 se muestra un desarenador típico de un tratamiento primario de las lagunas de estabilización.

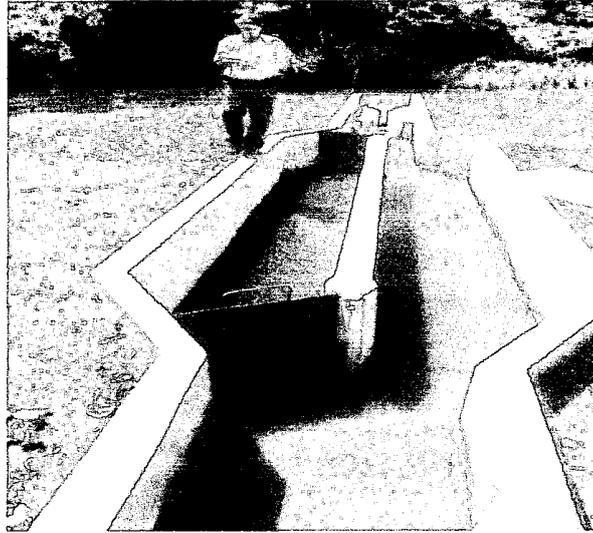


Figura 3.5. Desarenador con compuertas.

Los sólidos arenosos, si entran a una laguna primaria, pueden causar malos olores, condiciones desagradables a la vista, y erosión al revestimiento y a los taludes interiores. Además, los sólidos arenosos pueden contribuir significativamente al volumen de lodos que llena una laguna primaria, con la consecuencia que la laguna necesitará limpieza con más frecuencia.

Como resultado, se recomienda en todas las instalaciones de lagunas el uso de desarenadores rectangulares con canaletas Parshall para el control de velocidad, y para medir los caudales como se muestra en la figura 3.6.

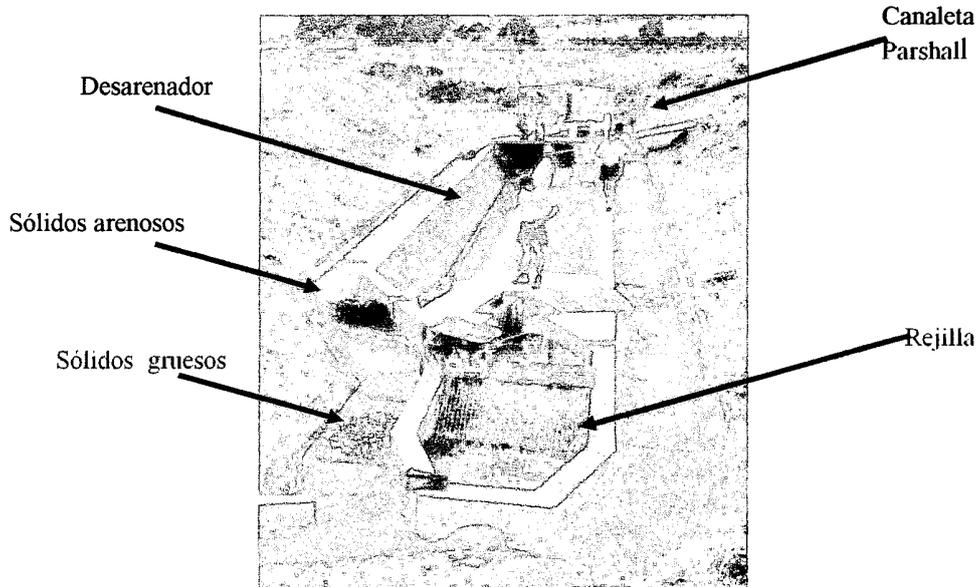


Figura 3.6. Una rejilla y un desarenador diseñados para una laguna facultativa, seguidos por una canaleta Parshall prefabricada para controlar el nivel de agua, la velocidad horizontal en el desarenador, y medir los caudales.

- **Trampas de Grasas**

Son tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua sale por una descarga inferior, como se aprecia en la Figura 3.7. No lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al de un tanque séptico. Recibe nombres específicos según al tipo de material flotante que vaya a removerse.

El diseño debe realizarse de acuerdo con las características propias y el caudal del agua residual a tratar, pueden ser construidas en bloque, ladrillo o concreto y es diseñada para recibir aguas de cocina y lavaderos o aguas con formación de residuos grasos y jabones. Su limpieza puede ser por medio de un bastidor metálico con una malla de alambre. El bastidor, que reposa en el fondo del dispositivo, es subido en forma manual para retirar la grasa o nata sobrenadante.

El volumen de este dispositivo se recomienda debe ser menor a 120 litros pensando en 10 litros por persona.

Las trampas de grasa son apropiadas para industrias, restaurantes en el tratamiento primario.

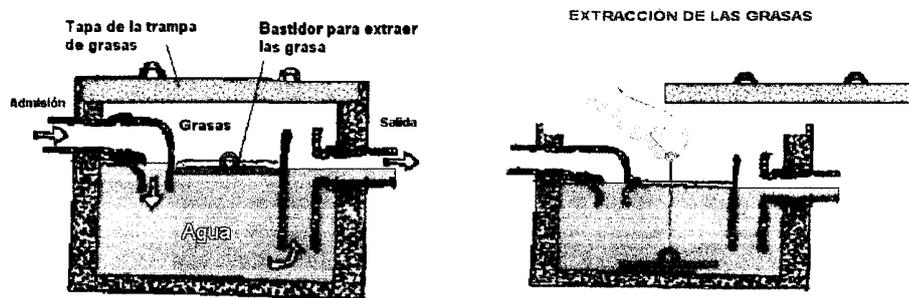


Figura 3.7. Trampas de Grasa

3.3.2 Tratamiento Secundario

Los procesos biológicos, o secundarios, se emplean para convertir la materia orgánica fina coloidal y disuelta presente en el agua residual en floc biológico sedimentable y sólidos inorgánicos que pueden ser removidos en tanques de sedimentación. Estos procesos se emplean junto con procesos físicos y químicos para el tratamiento preliminar y primario del agua residual.

El objetivo de un tratamiento secundario es remover la DBO soluble que escapa de un tratamiento primario, además de cantidades adicionales de sólidos suspendidos. Estas remociones se efectúan fundamentalmente por medio de procesos biológicos.

Los procesos biológicos son eficientes en la remoción de sustancias orgánicas que presentan tamaño coloidal e inferior. Un tratamiento secundario típico remueve aproximadamente 85% de la DBO y los SS, aunque no remueve cantidades significativas de nitrógeno, fósforo y metales pesados.

- ***Lagunas de Oxidación o de Estabilización***

Las lagunas de estabilización son estructuras simples diseñadas para el tratamiento de aguas residuales por medio de la interacción de la biomasa (principalmente bacterias y algas), con el objeto de mejorar las características sanitarias del agua.

La función del proceso es estabilizar la materia orgánica y remover los patógenos de las aguas residuales realizando una descomposición biológica natural; normalmente se diseña el proceso para la remoción de DBO, sólidos suspendidos, y coliformes fecales. Las lagunas de estabilización se construyen de poca profundidad (1,5 a 4 m), dependiendo de la temperatura y de la evaporación del lugar y con períodos de retención de alrededor de 7 días.

Los parámetros mas utilizados para evaluar el comportamiento de las lagunas de estabilización de aguas residuales y la calidad de sus efluentes son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que caracteriza la carga orgánica; y el número mas probable de coliformes fecales (NMP CF/100ml), que caracteriza la contaminación microbiológica. También tienen importancia los sólidos totales sedimentables, en suspensión y disueltos.

Entre las lagunas de estabilización podemos encontrar las Lagunas Anaerobias, Lagunas Aerobias, Lagunas Facultativas y Lagunas de Maduración.

El propósito de una laguna anaeróbica es remover un porcentaje de la carga orgánica (DBO) y la mayoría de los sólidos suspendidos bajo condiciones anaeróbicas por la acción de bacterias anaeróbicas, y por lo tanto disminuir el área requerida para el sistema total de lagunas (Mara, 1992). Como consecuencia de la elevada carga orgánica, la profundidad de la laguna con mínima área, y el corto período de retención hidráulica, se mantiene el sistema ausente de oxígeno disuelto bajo condiciones anaeróbicas. Las bacterias anaeróbicas realizan un tratamiento de los desechos mediante una asimilación anaeróbica con la descomposición de materia orgánica y la producción de bióxido de carbono, metano y otros productos secundarios.

Las lagunas facultativas se caracterizan por tener una zona aeróbica en el estrato superior, donde existe la simbiosis entre algas y bacterias, y una zona anaeróbica en el estrato inferior, como se puede observar en la figura 3.8. Existen dos mecanismos de adición de oxígeno al estrato superior: la fotosíntesis llevada a cabo por las algas, y la reaeración a través de la acción del viento de la superficie. Las bacterias aeróbicas realizan un tratamiento de los desechos, particularmente la materia orgánica disuelta, mediante asimilación y oxidación de la materia orgánica con la producción de bióxido de carbono y productos secundarios de nutrientes como amoníaco y nitrato; las algas utilizan el bióxido de carbono y los nutrientes para producir oxígeno a través de la fotosíntesis. En los niveles más profundos existen condiciones anaeróbicas donde la descomposición ocurre como en una laguna anaeróbica. Las lagunas deben llenarse inicialmente con agua fresca procedente de un río, lago o pozo para permitir el desarrollo gradual de las poblaciones de algas y bacterias heterotróficas. En caso de no disponer de agua fresca, deben llenarse con agua residual cruda y dejarse reposar por unas tres (3) o cuatro (4) semanas para permitir el desarrollo de las poblaciones microbianas antes mencionadas. Durante la aplicación de este último método es inevitable una pequeña liberación de olor en la laguna facultativa.

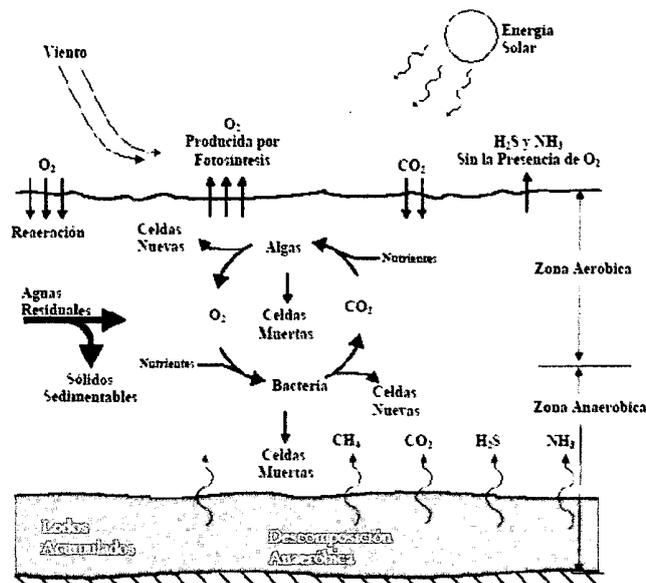


Figura 3.8. La interacción de bacterias y algas en las zonas aeróbicas y anaeróbicas en una laguna facultativa de estabilización.

El tratamiento de aguas residuales por medio de lagunas de estabilización se ha desarrollado con el propósito de suministrar efluentes adecuados para la mayoría de las aguas receptoras a bajo costo y utilizando mano de obra no

otro lado, después que el diseñador ha dimensionado el sistema de tratamiento los procesos de estabilización, las lagunas prácticamente quedarán a merced de las fuerzas naturales y, por lo tanto, es muy poco lo que se puede hacer para mantener la laguna en buenas condiciones. Consecuentemente, la denominación "operación de lagunas" es un tanto inadecuada puesto que darle mantenimiento es casi todo lo que se puede hacer.

Por esta razón, las instalaciones, servicios y equipos de la laguna deberán ser mínimos a fin de no interferir con su simplicidad. Si se considera absolutamente indispensable una planta de bombeo, el caso cambia y la operación se hace obligatoria. En estas ocasiones existe la ventaja de realizar algún tipo de tratamiento primario ya que, de cualquier forma, habrá un operador permanente. El tratamiento primario debe abarcar tan solo la remoción de arena, material grueso y flotante, como ya fue explicado anteriormente.

Si es imposible conducir por gravedad el agua servida hasta la laguna, habrá que instalar una estación de bombeo. Esto deberá evitarse cada vez que sea posible, rediseñando la alcantarilla de entrada con una pendiente más pequeña o trasladando la ubicación de las lagunas a un lugar más favorable.

El inconveniente de las estaciones de bombeo es que requieren una línea de transmisión eléctrica, constante asistencia y un operador capacitado.

La figura 3.9 muestra una Laguna Facultativa en buen estado de operación y mantenimiento.



Figura 3.9. Laguna Facultativa en buen funcionamiento.
Choloma, Honduras.

3.3.3. Tratamiento Terciario

- *Desinfección*

La desinfección es uno de los objetivos de los sistemas de tratamiento, logrando con ello la destrucción de patógenos, virus, parásitos y demás organismos perjudiciales. Es por esta razón que este proceso debe realizarse en el efluente de las plantas de tratamiento cuando éste último pueda crear peligros de salud en las comunidades aguas abajo de la descarga (Romero, 1998). Se pueden considerar dos procedimientos básicos de desinfección: Lagunas de Maduración y Cloración.

Lagunas de Maduración: Las lagunas de maduración tienen como objetivo primordial la eliminación de bacterias patógenas. Estas lagunas reciben el efluente de las lagunas facultativas y su tamaño y número depende de la calidad bacteriológica requerida en el efluente final.

Además de su efecto desinfectante, las lagunas de maduración cumplen otros objetivos, como son la nitrificación del nitrógeno amoniacal, cierta eliminación de nutrientes, clarificación del efluente y consecución de un efluente bien oxigenado. Son de poca profundidad (medio metro a un metro) y gran superficie. En ellas debe penetrar totalmente la luz, y las condiciones aerobias deben darse en toda la laguna, para lo que se necesita asegurar la presencia de oxígeno. Los principales fenómenos biológicos que se dan en ella son la oxidación de las bacterias aerobias y la fotosíntesis de las algas, que proliferan en gran medida.

Una de las desventajas de este tratamiento es que se necesitan grandes extensiones de tierra para su construcción, pero su gran ventaja es que pueden operar sin ningún consumo energético, tienen una sencillez operativa y una gran estabilidad de operación lo que permite una fácil adaptación a cambios de caudal y carga orgánica.

Cloración: El cloro es la sustancia química más económica, y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para su desinfección. Cuando el cloro se aplica al agua, la reacción química que se produce es la siguiente:



La desinfección requiere, dependiendo del tipo de agua, un mayor o menor período de contacto y una mayor o menor dosis del desinfectante. En cada caso deberá ser determinada la dosis mínima requerida para que permanezca un pequeño residuo libre que asegure un agua exenta de agentes patógenos vivos en cualquier momento.

A pesar de que se ha dicho que en este proceso ocurre la aparición de los trihalometanos, compuestos cancerígenos que se forman durante la cloración, cuando la materia orgánica disuelta en el agua reacciona con el cloro, estudios realizados han comprobado que la presencia del ión amonio que se encuentra en las aguas residuales evita que el cloro reaccione con la materia orgánica.

encuentra en las aguas residuales evita que el cloro reaccione con la materia orgánica.

Esta ausencia de trihalometanos durante la cloración de aguas residuales se explica porque el agua residual, a diferencia del agua potable, contiene concentraciones significativas de amonio, que reacciona con el cloro y promueve la formación de cloraminas, que tienen un efecto desinfectante y una menor reactividad con la materia orgánica.

3.4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La operación y mantenimiento de rutina de lagunas de estabilización son decisivos para el buen funcionamiento del sistema. Aunque la principal ventaja de tratamiento de aguas residuales con lagunas es su simplicidad operativa, eso no quiere decir que su operación y mantenimiento no son necesarios. En verdad un gran número de instalaciones de lagunas en Latinoamérica ha fracasado por fallas en las tareas de operación y mantenimiento (Yáñez, 1992; INAA, 1996).

Este problema no es exclusivo de las lagunas: hay muchos problemas también en otros tipos de sistemas para el tratamiento de aguas residuales. Cualquier tecnología, desde la más complicada hasta la más sencilla, fracasará sin operación y mantenimiento adecuados. Ya que las lagunas requieren menos esfuerzos operativos que las otras tecnologías, la tarea clave es planificar los esfuerzos mínimos para que la instalación tenga éxito a largo plazo.

Para evitar un fracaso en la operación y mantenimiento adecuado de cualquier sistema de lagunas se requiere, por lo mínimo: personal de tiempo completo, personal calificado en los factores básicos de operación y mantenimiento; programas de monitoreo para operar la laguna y evaluar su eficiencia; y un plan adecuado para la remoción, tratamiento y disposición final de lodos cada cinco a diez años.

El factor clave que puede tener un efecto decisivo es el desarrollo y utilización de un manual de operación y mantenimiento para cada instalación.

3.4.1. Medición de Caudales.

La medida del caudal tiene una importancia decisiva para evaluar el funcionamiento de las lagunas. Es fundamental tener un registro de los caudales para determinar las cargas orgánicas e hidráulicas, el tiempo de retención hidráulica, y como resultado, la eficiencia del sistema de tratamiento y su capacidad. El operador debe registrar los caudales diariamente para tener una historia de los caudales para poder anticipar problemas.

Durante épocas de lluvia y seca se debe realizar una medición de caudales más intensiva para obtener mejores datos del comportamiento hidráulico. La lectura del caudal se debe realizar en períodos de 2 horas durante 3 días consecutivos; luego se

puede obtener el caudal promedio de ese período de muestreo. Se prefiere que esta actividad incluya sábado y domingo para conocer el comportamiento de los caudales aportes en fines de semana (INAA, 1996). Es importantísimo comparar la diferencia entre las épocas para conocer bien la infiltración de agua pluvial que puede dañar el proceso biológico de las lagunas. El tipo de medidor de caudal recomendado es la canaleta Parshall prefabricada.

3.4.2. Control de Niveles del Agua.

Cada sistema de lagunas está diseñado para tener un nivel fijo de agua. Es la responsabilidad del operador mantener este nivel, o la laguna no funcionará apropiadamente. Si el operador no puede mantener el nivel del agua de diseño con vertederos ajustables, la laguna tiene que ser evaluada para determinar la causa del problema.

3.4.3. Detecciones Sensoriales: Olores y Colores

Las detecciones de malos olores y colores son muy importantes para conocer el funcionamiento de las lagunas. El operador debe estar pendiente de los olores y los colores que sean extraños a los que deben existir normalmente en las lagunas.

Las lagunas facultativas no deben tener olores fuertes si están funcionando bien. El color del agua residual en la entrada de una laguna facultativa normalmente debe ser gris; el color de las aguas a la salida de las lagunas facultativas y de maduración es verde brillante por la concentración de algas presentes.

3.4.4. Medición de la Profundidad de Lodos

La única forma de verificar los cálculos de acumulación de lodos es efectuar mediciones en las lagunas primarias con una frecuencia de una vez por año. Se mide la acumulación de lodos al sumergir un palo suficiente largo para la profundidad de la laguna. El palo debe tener un extremo revestido con tela blanca absorbente. Se introduce éste en la laguna cuidando que permanezca en posición vertical, hasta que alcance el fondo; entonces se retira y se mide la altura manchada con lodos, que quedan fácilmente retenidos en la tela (Mara, 1992). Se deben efectuar cuadrículas con una lancha en la superficie de la laguna para poder estimar la profundidad media y el volumen de lodos. Con los datos obtenidos se puede conocer la tasa de acumulación de los lodos y el volumen de lodos en la laguna. Antes que la profundidad de los lodos ocupe el 25% del volumen de la laguna, se debe planificar una limpieza durante la próxima época seca.

3.4.5. Mantenimiento Rutinario

El mantenimiento rutinario de la instalación de las lagunas debe ser el objetivo fundamental del operador. Si no se cuida diariamente de que este mantenimiento se realice, en poco tiempo la planta se deteriorará, con consecuencias nefastas para el proyecto. El operador, por tanto, debe ser consciente de que su trabajo es muy importante para el funcionamiento adecuado del sistema.

3.4.6. Rejillas

La limpieza de las rejillas se debe ejecutar diariamente con el uso de rastrillos manuales, como se aprecia en la Figura 3.10. El material retirado debe ser enterrado para evitar problemas de malos olores y la atracción de vectores como insectos y animales como roedores. El material debe ser recubierto con una capa de tierra de 0.1 a 0.3m de espesor (INAA, 1996). Se aconseja excavar un lugar para enterrar dicho material poco a poco, cubriéndolo diariamente con cal o tierra.



Figura 3.10. Operador realizando el mantenimiento de las rejillas.

3.4.7. Desarenadores

Se recomienda que los desarenadores con un caudal inferior a 50 l/s sean limpiados manualmente; para caudales mayores de 150 l/s se realiza limpieza mecánica.

El mantenimiento del desarenador consiste en agitar el material sedimentado dos veces al día, una vez en la mañana y otra en la tarde; el propósito de la agitación es liberar el material orgánico atrapado por los sólidos arenosos (INAA, 1996). Una o dos veces por semana, se debe cerrar la cámara en operación y drenarla, y después el

material arenoso debe ser removido, y enterrado en la misma excavación utilizada para enterrar el material de la rejilla. En la figura 3.11, se puede observar a un operador realizando la limpieza del desarenador.



Figura 3.11. Operador realizando mantenimiento del desarenador.

3.4.8. Trampas de grasa.

Las trampas de grasa deben operarse y limpiarse regularmente para prevenir el escape de cantidades apreciables de grasa y la generación de malos olores. La frecuencia de limpieza debe determinarse con base en la observación. Generalmente, la limpieza debe hacerse cada vez que se alcance el 75% de la capacidad de retención de grasa como mínimo.

Estas unidades deben ser dotadas de las siguientes características:

- Condiciones de turbulencia mínima suficiente para permitir la flotación del material.
- Distancia entre los dispositivos de entrada y salida, suficiente para retener la grasa y evitar que este material sea arrastrado con el efluente.

3.4.9. Remoción de Natas y Sólidos Flotantes

La remoción de natas y sólidos flotantes debe hacerse diariamente o cuando sea necesario para que no se extiendan demasiado sobre el área superficial de las lagunas, donde puede causar problemas de malos olores por su descomposición, y

por la formación de lugares adecuados para la cría de insectos. En la figura 3.12 se aprecia la acumulación de natas en la orilla de la laguna.

Por lo general, la dirección del viento hace que las natas y sólidos flotantes se acumulen en las esquinas de las lagunas. El operador necesitará un desnatador y una carretilla para la limpieza de natas; estos desechos deben ser enterrados en el mismo lugar en donde se entierran los sólidos del desarenador y de la rejilla.

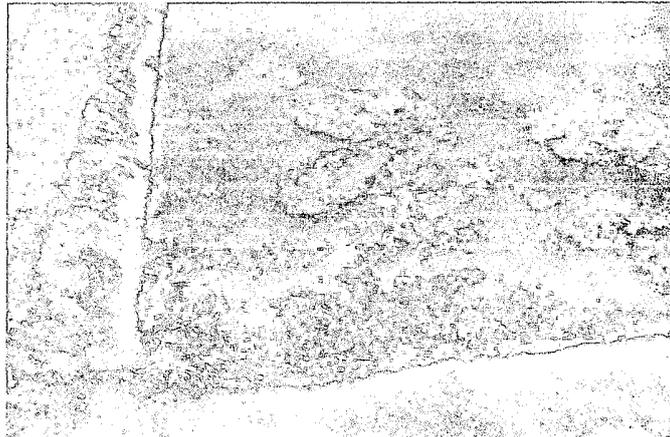


Figura 3.12. Natas y sólidos flotantes.

3.4.10. Céspedes, Vegetación y Malezas

El césped no debe llegar hasta el borde del agua para evitar problemas. En la figura 3.13 se observa una laguna sin mantenimiento de sus alrededores. En cuanto a la maleza, el operador debe mantener una faja limpia de al menos 20 cm por encima del borde del agua.

La maleza debe ser retirada, secada al aire y quemada o enterrada. Se debe prestar atención especial al surgimiento de jacintos y otras plantas acuáticas, las que deben ser extraídas, secadas y quemadas también.

Un problema especial que puede pasar de vez en cuando es el crecimiento rápido de lemnas, los cuales pueden llegar a una laguna llevadas por el viento, o traídas por aves u otros animales. La tarea del operador es removerlas tan rápido como sea posible antes de que cubran toda la superficie de la laguna.



Figura 3.13. Laguna sin mantenimiento, con vegetación y malezas.

3.4.11. Taludes

El operador deberá inspeccionar una vez por semana el estado de los taludes para verificar si ha ocurrido algún asentamiento o erosión. Los daños deben ser reparados con material arcilloso y cubierto con el césped protector en el talud exterior, y con revestimiento en el talud interior.

3.4.12. Cercos y Caminos

El predio del sistema de las lagunas de estabilización debe estar cercado, preferiblemente con alambre de púa, para impedir la entrada de animales domésticos y de personas no autorizadas. Cuando los cercos y caminos están en malas condiciones, el operador debe notificar las personas encargadas de reparar estas obras tan pronto como sea posible.

3.4.13. Remoción de los Lodos en Lagunas Facultativas

La manera más económica de remover los lodos es la limpieza en seco, donde se vacía la laguna y se secan los lodos exponiéndolos al sol durante la época seca, como se aprecia en la figura 3.14. Cuando los lodos tienen una humedad de alrededor del 20—30%, se puede utilizar un cargador frontal y camión volquete para removerlos. Se recomienda que, para drenar la laguna, se desvíe el afluente a otra laguna en paralelo.

Es muy importante remover los lodos del fondo de las lagunas facultativas cuando se llega a una acumulación aproximada de 0.5 metros, y preferiblemente menos de 0.3m. Con una profundidad menos que 0.5 m. se secan los lodos fácilmente por medio de evaporación y la formación de agrietamientos.

Las experiencias de varios institutos, entre ellos el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA, 1996) recomiendan una limpieza de lodos de cada 5 a 10 años. Por esta razón es fundamental diseñar lagunas facultativas en paralelo (para tener una laguna en operación cuando se limpia la otra) y planificar un programa de mediciones de las profundidades de los lodos, su remoción, tratamiento y disposición final.

Si no se desarrolla y lleva a cabo esta planificación, las lagunas fracasarán en menos de 15 años de operación por la acumulación de lodos.

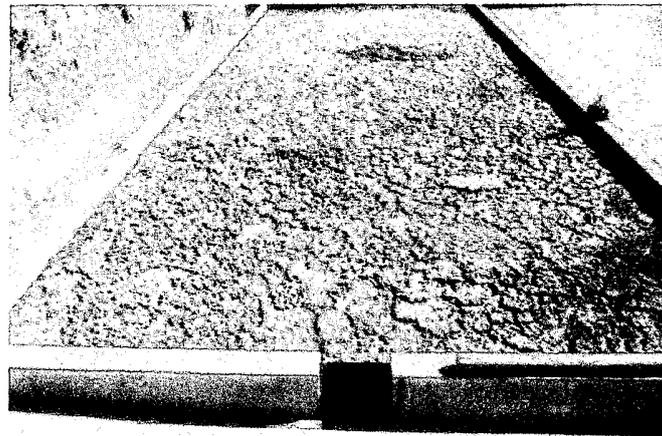


Figura 3.14. Lodos secados por evaporación y formación de grietas.

3.5. PERSONAL REQUERIDO PARA OPERAR Y MANTENER UN SISTEMA LAGUNAR.

En vista de la inversión significativa en la construcción de lagunas, hay una necesidad urgente de capacitación de personal (ingenieros y operadores) en todos los aspectos de diseño, monitoreo, operación y mantenimiento, ya que no hay otra manera de desarrollar la infraestructura para manejar esta tecnología a largo plazo. Todas las lagunas construidas fracasarán si no existe el personal capacitado para su operación y mantenimiento.

Para efectuar las labores de operación y mantenimiento de una manera eficiente, se debe contratar a un operador de tiempo completo por cada módulo de lagunas facultativas hasta un área total de 8 hectáreas (Cubillos, 1994; INAA, 1996). Cada instalación también necesitará un vigilante de tiempo completo, y un ingeniero supervisor de tiempo parcial. El ingeniero tiene que tener un presupuesto para el programa de monitoreo y las determinaciones de laboratorio.

Es recomendable una serie de cursos intensivos para capacitar al personal involucrado en el diseño, operación y mantenimiento de las lagunas. Es muy importante institucionalizar los cursos en una entidad que pueda ofrecerlos anualmente. También se

recomienda la formación de un centro de capacitación donde ingenieros, operadores y técnicos puedan obtener experiencia, tanto en la práctica como en la teoría.

En la tabla 3.2 se mencionan algunos implementos que deben existir en una Laguna de Estabilización, así como en la Tabla 2.3 las observaciones del operador en su recorrido diario y la Tabla 2.4 resume las actividades y la frecuencia con que se deben realizar

Tabla 3.2. Implementos y Herramientas de Operación y Mantenimiento Requeridos para Un Sistema de Lagunas de Estabilización

Artículo	Uso
Guantes	Protección del operador
Botas altas de plástico	protección del operador
Botiquín de primeros auxilios	Protección del operador
Uniforme de campo	Protección del operador
Casco protector	Protección del operador
Rastrillo para rejilla	Limpieza de sólidos
Pala	Entierro de natas, sólidos, etc.
Pico	Excavación para el entierro
Carretilla de mano	Transporte de natas, sólidos, etc.
Escoba	Mantenimiento en general
Desnatador (3m. de largo)	Limpieza de natas
Manguera	Limpieza en general
Machete	Mantenimiento de césped
Baldes	Recolección de natas y sólidos

Fuente: Propia.

Tabla 3.3. Observaciones de Campo en Lagunas de Estabilización

Laguna: _____
 Fecha: _____ Hora: _____ Nombre del Operador: _____
 Estado del Tiempo: _____
 Caudal (m³/día): _____
 Estado de la Rejilla: _____
 Estado del Desarenador: _____

Sistema Lagunar	Observación
Color de Agua	
Olores	
Espumas y Natas	
Plantas en Taludes	
Plantas Acuáticas	
Erosión de Taludes	
Insectos	
Roedores	
Aves	
Lodos Acumulados	
Nivel de Agua	
Entradas	
Salidas	
Otras Observaciones:	

Fuente: Propia.

Tabla 3.4. Actividades y observaciones del operador.

	Diario	Semanal	Cuando sea necesario	Observaciones
Operación Básica				
Medición de caudales	X			Se registra diariamente. Se mide intensivamente durante las épocas de lluvia y seca.
Control de niveles de agua			X	Se registran los niveles
Ajuste del nivel de descarga			X	Basado en la cantidad de algas
Detectores sensoriales			X	Hay que notar cambios en olores y colores
Medición de profundidad de lodos			X	Una vez por año
Mantenimiento rutinario				
Rejillas	X			Se limpian las barras del material y se entierra el sólido.
Desarenadores	X	X		El material sedimentado debe ser agitado una vez por día y retirado semanalmente
Natas y sólidos flotantes	X			Se utiliza un desnatador para retirar las natas y una carretilla para llevarlas al lugar destinado para ello.
Céspedes, Vegetación y Malezas			X	Se debe mantener una faja limpia
Insectos y Roedores			X	Las orillas de la laguna deben ser controlados manteniendo limpias y sin vegetación
Taludes, cercos y caminos			X	Deben revisarse por lo menos mensualmente
Remoción de Lodos			X	Hay que tener dos meses para secar los lodos dentro de la laguna, después sacarlos y almacenarlos

Fuente: Propia

3.6. METODO PARA ANALIZAR PROBLEMAS Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES DESDE LA OPTICA DE LOS ACTORES INVOLUCRADOS

3.6.1. Quantitative Sorting (Q-SORT). Metodología Cuantitativa.

Cuando se presenta un problema multidimensional de desarrollo, existen tantos puntos de vista como actores involucrados. Es difícil encontrar una solución que logre que todos estén satisfechos y colaboren en la realización del plan o proyecto.

Las herramientas cualitativas para recopilar estos puntos de vista pueden ser detalladas, pero consumen mucho tiempo y son difíciles de analizar; las herramientas cuantitativas son claras, metódicas y rígidas. Algunas situaciones requieren combinar la riqueza de las entrevistas con la estandarización de encuestas.

La metodología Q permite enlazar ambas opciones, permitiendo al investigador analizar problemas complejos desde el punto de vista del sujeto. Esta metodología puede ser aplicada a grupos pequeños. Debido a que esta técnica permite la recopilación, análisis y presentación fácil de datos, y a que se realiza desde el punto de vista del sujeto, ésta es útil tanto para investigación como para ejercicios de comunicación.

La base esencial de este modelo es la priorización de oraciones, que se ordenan de la más prioritaria a la menos prioritaria, las oraciones son posibles respuestas a una pregunta llamada “pregunta paragua” y no se necesita conocer por adelantado la priorización de las oraciones.

- **Pasos para aplicar el Q-SORT**

- 1- Construcción:

- Ubicar el Tópico a investigar.
- Elaboración de la Pregunta Paragua.
- Elaboración de las Oraciones.

- 2- Administración:

- Preparar el instrumento.
- Aplicar el instrumento.

- 3- Análisis de datos:

- Cargar el Q-method.
- Entrar las oraciones y los datos
- Extraer los subgrupos iniciales.
- Rotar los grupos.
- Asignar los participantes a los subgrupos.
- Ejecutar (Correr) el modelo.

- 4- Interpretación:

- Cómo cada subgrupo clasificó las oraciones.
- Cómo cada subgrupo priorizó las oraciones.
- Cuáles son las características que distinguen a un grupo de otro.
- Resumen para cada subgrupo.

- Resumen de todos los subgrupos.
- Resumen de las oraciones en acuerdo y en desacuerdo

Seguidamente se realizará una descripción de los pasos para aplicar el Q-Sort:

Para la construcción del Q-sort se debe definir el tema de análisis, este puede ser desde el más simple hasta el más complejo, puede ser un tema de investigación en el que no se tenga ni una idea de los resultados que se esperan o un tema de verificación en el cual se esperan ciertos resultados.

La pregunta paragua: es importante saber que la pregunta puede realizarse de dos maneras distintas, la primera es sin influenciar al participante en lo absoluto, es decir, se da una indicación como organizar las siguientes oraciones de la menos atractiva, ó también se puede ubicar al participante en una situación determinada para lograr que organice las oraciones ubicado en un lugar, tiempo o situación determinada.

Las oraciones, su creación es la parte más complicada del Q-sort, se debe tener en cuenta que no existe un conjunto de oraciones perfectas, pero es importante que cada una de ellas sea amplia y clara, para que permita a los participantes mostrar sus distintos criterios. Existen listas que pueden utilizarse, se puede pedir a los participantes que realicen oraciones ellos mismos o también se puede utilizar la literatura sobre como realizar las oraciones. El número de oraciones ideal puede variar entre 20 y 60.

Existen algunas cosas que se deben evitar, como la doble negatividad, elementos extremos (que claramente serán muy atractivos o muy repulsivos para los participantes), elementos que sean opuestos. También es recomendable que las oraciones sean probadas por un grupo pequeño para ver la claridad de las mismas.

La administración se basa en la preparación de los instrumentos y dar las instrucciones a los participantes. Los instrumentos que serán necesarios son fichas en las cuales se encuentren las oraciones numeradas. También es necesario contar con las instrucciones de forma escrita (aunque se analizaran justo antes de comenzar el proceso) y finalmente se necesitará la guía de ordenamiento de respuestas. Esta guía debe tener la pregunta en la parte superior y dejar el espacio correspondiente para cada una de las oraciones que serán ordenadas.

Las instrucciones deben darse antes de repartir el material o inmediatamente después, las instrucciones son: Cuenten las fichas (deben ser el número de oraciones creadas), revisen la pregunta, revisen la guía, con la pregunta en mente ordene las oraciones en la guía de ordenamiento de respuestas, revise la organización, escriba los números correspondientes, revise sus números.

El análisis de datos, puede tomar desde un par de horas hasta un tiempo mucho mas largo, según el nivel de exactitud al que se quiera llegar. Para

realizar este análisis se puede utilizar cualquier paquete estadístico, sin embargo se recomienda utilizar el programa QP Methods. Se ejecuta el programa. Este pregunta el nombre del archivo que se comenzará a trabajar, luego se ingresan los datos para lo cual se entra al menú principal, este menú se muestra en la Figura 3.16.

```
Current Project is....C:\pqmethod/projects/sdv2000
Choose the number of the routine you want to run and enter it.

1 - STATES- Enter (or edit) the file of statements.
2 - QCENTER- Enter Q-Sort (new or continued).
3 - QCENT - Perform a Centroid factor analysis.
4- QPCA - Perform a Principal Components factor analysis.
5- QROTATE - Perform a manual rotation of the factors.
6- QVARIMAX - Perform a varimax rotation of the factors.
7- QANALYSE - Perform the final Q analysis of the rotated factors.
8- View project files sdv2000.
X- Exit from PQMethod.
```

Figura 3.16. Menú principal del programa PQSORT

En este menú se debe seguir el orden presentado.

STATES: se comienza por ingresar las oraciones, siempre en orden y tomando en cuenta que no debe de tener mas de 60 caracteres.

QCENTER: Se anota la matriz de registro; el nombre del proyecto, el número de oraciones que fueron organizadas, el valor de la mínima y de la máxima (ej. -3;3) y el número de oraciones que aparece debajo de cada columna.

QCENT y QPCA: Son procesos automáticos que se encargan del análisis de los datos, la diferencia entre ellos es que QPCA mostrará los eigenvalores (permiten ver cuanto contribuye cada subgrupo, un valor mayor a 1 puede considerarse importante) lo cual permitirá definir cuantos subgrupos se quieren crear. Es bueno llevar al siguiente paso un número de factores igual o menor al número de eigenvalores mayores a uno.

QROTATE y QVARIMAX: Ambos procesos permiten rotar la matriz de factores. El primero permite realizar el proceso a mano, sin embargo el que se utilizará es QVARIMAX. Esta rutina maximiza la diferencia entre los factores. Los resultados que se obtendrán se presentarán en un cuadro, en el cual cada factor tendrá una columna y cada participante una fila, los valores altos positivos indican una clara preferencia hacia ese factor, mientras que los valores negativos indican un claro rechazo hacia otro factor. El programa

también realizará una división inicial en subgrupos. Algunos consejos importantes en la selección de grupos es el no elegir criterios negativos y también ignorar a las personas que no se inclinen claramente por un factor determinado.

QANALYSE: Una vez que se tienen los grupos determinados el programa puede terminar de realizar el análisis correspondiente. Los resultados los presentará en un archivo de texto, la cual puede ser impreso o guardado como documento de Word.

Es importante saber que se pueden considerar distintos factores y realizar el análisis varias veces, para luego poder compararlos y decidir cual es el mejor resultado.

La Interpretación, el archivo generado tendrá más de 20 páginas, no toda la información generada será relevante para un principiante. Sin embargo los resultados se explican brevemente a continuación:

- Matriz de Correlación; muestra la correlación entre pares de Q-sort.
- Matriz no rotada; mostrará los factores, los eigenvalores y los porcentajes de varianza de cada factor.
- Matriz rotada; esta matriz solo mostrará la información de los factores que hayan sido seleccionados.
- Resultados de libre distribución; media y desviación estándar de cada uno de los participantes.
- Calificación de cada grupo a cada factor; es información útil pero se presenta mas claramente adelante.
- Correlación entre factores.
- Valor normalizado del factor; son cuadros que presentan factor por factor, organizando las oraciones en orden descendente. Estos cuadros son de suma importancia para determinar el punto de vista de cada subgrupo.
- Diferencia entre los distintos factores.
- Valores del factor Q-Sort para cada oración; las oraciones se presentan ordenadas por número y luego por grado de acuerdo entre los distintos subgrupos.
- Características del factor.
- Características propias de cada factor; estos resultados son sumamente importantes debido a que sirven para ver las diferencias que existen entre los subgrupos.
- Oraciones consensuadas; estas oraciones son iguales en todos los grupos.

De todas estas se puede decir que las más importantes son: valor normalizado del factor para cada grupo, diferencias entre cada grupo y consenso entre los grupos.

Luego se realiza un cuadro resumen para cada uno de los grupos en donde se aprecia el consenso y lo que los diferencia a cada uno de ellos. Este cuadro se presenta en la Figura 3.17

Num.	Elemento	Fact1	Fact2	Fact3	Fact4	Gap	Nota
11		3	3	3	2	1	Altamente Consensuado
2		3	1	2	3	2	Altamente Consensuado
13		2	2	0	2	2	Casi Consensuado
22		1	0	-1	1	2	Neutral
18		1	-1	1	-1	2	Neutral
16		0	0	-2	-1	2	Casi Consensuado
20		0	-2	-3	0	3	
8		-1	-3	-3	0	3	
5		0	1	2	-1	3	
12		1	-2	0	-1	3	
4		-2	0	-1	-3	3	
15		-1	1	0	3	4	Ítem de disputa
9		-2	-1	1	2	4	Ítem de disputa
10		-1	-1	3	1	4	Ítem de disputa
21		-1	3	1	1	4	Ítem de disputa
6		-3	1	-1	1	4	Ítem de disputa
1		2	0	-1	-2	4	Ítem de disputa
3		0	2	-2	-2	4	Ítem de disputa
7		-2	2	0	-2	4	Ítem de disputa
17		-3	-1	1	-3	4	Ítem de disputa
14		2	-3	-2	0	5	Ítem de disputa
19		1	-3	2	0	5	Ítem de disputa

Figura 3.17. Ejemplo de un resumen de oraciones de consenso y disputa.

En la tabla que arroja el programa de los consensos entre los grupos se debe enfatizar que éste da consensos para puntuaciones positivas y para puntuaciones negativas. Esto quiere decir, que la población esta de acuerdo con la oración que debe ser la respuesta a la pregunta paragua con la puntuación positiva; y, esta de acuerdo que no debe ser la respuesta a la pregunta paragua con la puntuación negativa. Y en la tabla de diferencias entre grupos, puede que las oraciones tengan puntuación positiva, pero que ambos grupos no la tomen con la misma puntuación, hace que esta sea una diferencia entre grupos.