Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COLONIA EL MAESTRO, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA

Rodolfo Antonio Barrera Hernández

Asesorado por la Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

Guatemala, enero de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COLONIA EL MAESTRO, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RODOLFO ANTONIO BARRERA HERNÁNDEZ

ASESORADO POR LA INGENIERA MARCIA IVÓNNE VÉLIZ VARGAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2011

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

NOMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz De León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
EXAMINADOR	Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas de Castañón
EXAMINADOR	Inga. Miriam Patricia Rubio Contreras de Akú
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COLONIA EL MAESTRO, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, en septiembre de 2009.

Rodolfo Antonio Barrera Hernández

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

DIVISION DE SERVICIOS GENERALES
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, Noviembre 2010

Ingeniero
Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Urquizu:

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que luego de haber revisado el trabajo de graduación titulado **"Estudio de Prefactibilidad para el Diseño, Planificación y Construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas residuales en la Colonia El Maestro, Municipio de Chiquimula".** El cual fue presentando por el estudiante **RODOLFO ANTONIO BARRERA HERNANDEZ** y después de haber realizado las correcciones pertinentes, considero que cumple con lo objetivos que le dieron origen.

Por lo tanto, hago de su conocimiento que, en mi opinión, dicho trabajo cumple los requisitos necesarios para ser sometido a discusión en su examen General Publico y recomiendo su aprobación para el efecto.

Atentamente,

Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
Ingeniera Industrial
Colegiado No 2397

MARCIA IVÓNNE VÉLIZ VARGAS
INGENIERA INDUSTRIAL
COL. 2397

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COLONIA EL MAESTRO, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA,** presentado por el estudiante universitario **Rodolfo Antonio Barrera Hernández,** apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO No. 6,182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2010.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.010.011

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COLONIA EL MAESTRO, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA,** presentado por el estudiante universitario **Rodolfo Antonio Barrera Hernández**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DIRECCION
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, enero de 2011.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 022.2011.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA COLONIA EL MAESTRO, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA,** presentado por el estudiante universitario **Rodolfo Antonio Barrera Hernández,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 26 de enero de 2011.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS: por su infinita misericordia, amor, fortaleza y bendiciones en mi vida.

MIS PADRES: Elda Hernández de Barrera y Otto Barrera por su amor, esfuerzo, enseñanzas, sacrificio y respaldo incondicional.

MIS HERMANOS: Yani y Otto Ronaldo por su cariño y apoyo.

MI ESPOSA: Llesty por su amor y confianza.

MI HIJO: Nicolás la nueva luz en mi vida.

MI FAMILIA Y AMIGOS: por su amistad, aprecio y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES. XIII

GLOSARIO XVII

RESUMEN XXV

OBJETIVOS XXVII

INTRODUCCIÓN XXIX

1. ESTUDIO DE MERCADO 1

1.1 Aspectos geográficos generales 1

1.1.1 Ubicación y acceso 1

1.1.2 Clima 1

1.1.3 Topografía 2

1.1.4 Recurso hídrico 2

1.1.5 Ecosistema 4

1.2 Aspectos socio-económicos 4

1.2.1 Aspecto social 4

1.2.2 Población 5

1.2.2.1 Beneficiarios 6

1.2.3 Usos de los cuerpos de agua 7

1.2.3.1 Situación de las aguas residuales y saneamiento 7

1.2.3.2 Cuerpos receptores 8

1.2.3.2.1. Río San José 8

1.2.4 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos 10

1.2.5 Acceso 12

1.2.6 Abastecimiento de agua en la cabecera departamental 12

1.2.7 Energía eléctrica 13

1.2.8 Drenaje 14

1.2.9 Aspecto económico 14

1.3 Proceso de investigación 14

1.3.1 Plan de investigación 15

1.3.2 Diagnostico de la oferta y la demanda 16

1.3.2.1 Demanda potencial 16

1.3.2.2 Oferta actual 18

1.3.2.3 Balance oferta-demanda 18

1.4 Tipos de aguas residuales 19

1.4.1 Aguas residuales domesticas 20

1.4.2 Aguas residuales industriales 20

1.5 Tipos de contaminantes 21

1.5.1 Contaminantes orgánicos 21

1.5.2 Contaminantes inorgánicos 22

1.5.3 Contaminantes habituales en las aguas residuales 23

1.6 Métodos analíticos para el control de la calidad del agua 24

1.7 Tipos de procesos para el tratamiento de aguas residuales 27

1.7.1 Procesos aeróbicos 28

1.7.1.1 Lodos activados 28

1.7.1.2 Lagunas aireadas 29

1.7.1.3 Biofiltro dinámico aeróbico 29

1.7.2 Tratamiento anaeróbico 30

1.7.3 Humedales artificiales 31

1.7.3.1 Tipos de humedales 32

1.8 Productos generados a partir del agua residual 32

1.8.1 Agua tratada 32

1.8.2 Biogás 34

1.8.3 Biosólido 35

1.9 Beneficios potenciales para las comunidades 36

2. ESTUDIO TÉCNICO 39

2.1 Localización 39

2.1.1 Criterios de localización 39

2.1.2 Macro localización 40

2.1.3 Micro localización 40

2.1.4 Plano del terreno 45

2.2 Diseño 47

2.2.1 Planta de tratamiento 47

2.2.1.1 Tratamiento primario 49

2.2.1.1.1 Tanques Imhoff 51

2.2.1.1.2 Tanques de sedimentación 55

2.2.1.1.3 Tanques de flotación 56

2.2.1.2 Tratamiento secundario 57

2.2.1.2.1 Lagunas de estabilización 57

2.2.1.2.1.1 Lagunas anaeróbicas 59

2.2.1.2.1.2 Lagunas aireadas 60

2.2.1.2.1.3 Lagunas facultativas 61

2.2.1.2.2 Lodos activados 63

2.2.1.2.2.1 Sedimentador secundario 64

2.2.1.2.2.2 Zanjas de oxidación 64

2.2.1.2.2.3 Filtros percoladores 65

2.2.1.2.2.4 Sistemas biológicos rotativos de contacto 65
2.2.1.3 Otros tipos de tratamiento 66
2.2.1.3.1 Filtros intermitentes de arena 66
2.2.1.3.2 Tratamientos anaeróbicos de flujo ascendente 67
2.2.1.4 Desinfección 67
2.2.1.5 Tratamiento terciario de aguas residuales 70
2.2.1.5.1 Ósmosis inversa 70
2.2.1.5.2 Electro diálisis 70
2.2.1.5.3 Destilación 71
2.2.1.5.4 Coagulación 71
2.2.1.5.5 Adsorción 71
2.2.1.5.6 Remoción por espuma 72
2.2.1.5.7 Filtración 72
2.2.1.5.8 Extracción por solvente 73
2.2.1.5.9 Intercambio iónico 73
2.2.1.5.10 Oxidación química 74
2.2.1.5.11 Precipitación 74
2.2.1.5.12 Nitrificación – Desnitrificación 74

2.2.1.6 Tratamiento de lodos 75

2.1.1.6.1 Digestión anaeróbica 75

2.1.1.6.2 Lagunas de lodos 75

2.1.1.6.3 Aplicación de lodos sobre el terreno 76

2.1.1.6.4 Remoción de lodos de las lagunas 76

2.1.1.6.5 Lechos de secado 77

2.2.2 Especificaciones de descarga 78

2.2.2.1 Caracterización de los efluentes 78

2.2.2.2 Disposición final de los efluentes 80

2.2.3 Instalaciones 80

2.2.3.1 Planos de plantas 84

2.3 Operación y mantenimiento 97

2.3.1 Operación 97

2.3.2 Mantenimiento 102

2.3.2.1 Mantenimiento preventivo 102

2.3.2.2 Mantenimiento correctivo 105

3. ESTUDIO ECONÓMICO 109

3.1 Presupuesto de inversiones 109

3.1.1 Inversión fija 109

3.1.1.1 Terrenos 109

3.1.1.2 Construcción y edificación 109

3.1.1.2.1 Materiales, herramientas y equipo 110

3.1.1.2.2 Mano de obra 118

3.1.1.3 Maquinaria y equipo 119

3.1.2 Inversión diferida 119

3.1.2.1 Estudios y gastos legales 119

3.1.2.2 Gastos de organización 120

3.1.2.3 Gastos de arranque 120

3.2 Capital de trabajo 121

3.2.1 Materiales y suministros 121

3.2.2 Proveedores 122

3.3 Costos de operación y mantenimiento 122

3.3.1 Mano de obra 122

3.3.2 Servicios 123

3.3.3 Materiales 123

3.3.4 Costos de administración 123

3.4 Financiamiento 124

3.4.1 Créditos y costos de financiamiento (intereses) 124

3.4.2 Donaciones 124

3.5 Presupuesto de ingresos 124

3.6 Flujo de caja 125

4. ESTUDIO FINANCIERO 127

4.1 Métodos de evaluación financiera 127

4.1.1 Valor presente neto (VAN) 127

4.1.1.1 Determinación del VAN 127

4.1.1.2 Interpretación de resultados 129

4.1.2 Tasa interna de retorno (TIR) 129

4.1.2.1 Determinación de TIR 130

4.1.2.2 Interpretación de resultados 130

4.1.3 Análisis de sensibilidad 131

4.1.3.1 Determinación del análisis de sensibilidad 131

4.1.3.2 Interpretación de resultados 132

4.1.4 Relación beneficio costo 132

4.1.4.1 Determinación de la relación beneficio costo 133

4.1.4.2 Interpretación de resultados 134

4.2 Conclusión de evaluación financiera 134

5. ESTUDIO ADMINISTRATIVO 135

5.1 Marco legal 135

5.1.1 Orden constitucional 135

5.1.1.1 Constitución Política de la República de Guatemala 135

5.1.2 Orden municipal 136

5.1.2.1 Código Municipal 137

5.1.3 Orden comunitario 138

5.1.3.1 Ley de Concejos Comunitarios de Desarrollo 138

5.2 Operaciones administrativas 139

5.2.1 Planificación 139

5.2.1.1 Metas 139

5.2.1.2 Objetivos 139

5.2.1.3 Programación de actividades 140

5.2.1.4 Control y seguimiento 141

5.2.2 Organización 143

5.2.2.1 Tipo de organización 143

5.2.2.2 Organigrama 144

5.2.2.3 Requerimiento de personal 144

6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 147

6.1 Marco Legal 147

6.1.1 Normas legales vigentes sobre tratamiento y uso de las aguas residuales 148

6.2 Impacto ambiental 158

6.2.1 Emisiones 158

6.2.1.1 Liquido 158

6.2.1.2 Barro 159

6.2.1.3 Arena 159

6.2.1.4 Sólidos 159

6.2.1.5 Aerosoles 159

6.2.1.6 Gases 160

6.2.1.7 Sonoras 160

6.2.2 Impactos positivos existentes en el ambiente y la salud 161

6.2.2.1 Mejoramiento de la calidad bacteriológica del agua 161

6.2.2.2 La reutilización de las aguas residuales tratadas 161

6.2.2.3 Disminución de riesgos de salubridad 161

6.2.2.4 Cumplimiento de leyes vigentes y normas ambientales 162

6.2.2.5 Mejora de la calidad del suelo 162

6.2.2.6 Mejoramiento de la calidad del aire 162

6.2.2.7 Aumento de fuentes de trabajo 162

6.2.2.8 Cambios en la calidad de vida 163

6.2.3 Impactos negativos en el ambiente y la comunidad 163

6.2.3.1 Pérdida de hábitat y diversidad de la fauna 163

6.2.3.2 Concentraciones significativas de sales 164

6.2.3.3 Emisión de olores 164

6.2.3.4 Cambios en la calidad y fragilidad del paisaje 164

6.2.3.5 Contaminación por descargas de residuos sólidos o por descargas accidentales 164

6.2.3.6 Generación de residuos 165

6.2.3.7 Alteración del nivel sonoro 165

6.2.4 Medidas para la mitigación de los impactos negativos 165

6.2.4.1 Fauna 166

6.2.4.2 Suelo 166

6.2.4.3 Aire 167

6.2.4.4 Agua 167

6.2.4.5 Ornato 168

6.2.4.6 Humano 169

6.2.4.7 Ruido 170

6.2.4.8 Transporte y acopio de los materiales 170

CONCLUSIONES 171

RECOMENDACIONES 175

BIBLIOGRAFÍA 177

ANEXOS 181

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Mapa de la colonia	11
2	Ubicación del terreno	43
3	Plano del terreno	45
4	Planta de conjunto, canal de rejas, cajas de registro	85
5	Tanque sedimentador primario. (Planta y secciones)	87
6	Patio de secado de lodos. (Planta y secciones)	89
7	Muro de contención. Patio de lodos	91
8	Caseta de control y muro perimetral. (Planta, secciones y detalles)	93
9	Caseta de control y muro perimetral. (Planta, secciones y detalles)	95
10	Lista de tareas	140
11	Diagrama de Gantt	141
12	Organigrama	144
13	LMP para entes generados nuevos	150
14	LMP para municipalidades o empresas encargadas del tratamiento de aguas	151

15	LMP de propiedades fisicoquímicas	154
16	Mapa de cuencas hidrográficas	185
17	Mapa de zonas de recarga hídrica	187

TABLAS

I	Proyección de hogares y habitantes en el departamento, municipio y ciudad de Chiquimula y colonia El Maestro	6
II	Cantidad de hogares por tipo de servicio de agua en el departamento, municipio y ciudad de Chiquimula y colonia El Maestro	13
III	Cantidad de hogares por tipo iluminación eléctrica en el departamento, municipio y ciudad de Chiquimula y colonia El Maestro. 2010	13
IV	Cantidad de hogares por tipo de servicio sanitario en el departamento, municipio y ciudad de Chiquimula y colonia El Maestro	17
V	Especificaciones de descarga	79
VI	Presupuesto de materiales muro de contención	110
VII	Presupuesto de materiales para la circulación perimetral	111
VIII	Presupuesto de materiales para el drenaje, cajas y desfogue	112
IX	Presupuesto de materiales para el sedimentador de rejas	113
X	Presupuesto de materiales para el tanque sedimentador primario	114
XI	Presupuesto de materiales para el patio de secado de lodos	115
XII	Presupuesto de materiales para la caseta de control	116
XIII	Presupuesto total de materiales de construcción	117
XIV	Presupuesto de mano de obra construcción	118
XV	Presupuesto de herramientas.	120

XVI	Presupuesto de materiales y suministros	121
XVII	Presupuesto de proveedores.	122
XVIII	Presupuesto mensual y anual de operadores de la planta.	122
XIX	Flujo de caja del proyecto	126
XX	Flujo de caja con análisis de sensibilidad.	183

GLOSARIO

Aireación Proceso de transferencia de oxígeno del aire al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido).

Afluente El agua captada por un ente generador.

Aguas crudas Aguas residuales antes de recibir cualquier tratamiento.

Aguas residuales especiales Las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas.

Aguas residuales ordinarias Las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos y otras similares, así como la mezcla de las mismas.

Alcalinidad Representa el contenido de carbonatos, hidróxidos y ocasionalmente boratos, silicatos y fosfatos en el agua.

Alcantarillado pluvial	Red pública de tuberías que se utilizan para recolectar y transportar las aguas de lluvia y aguas superficiales del lavado de las calles y riego de zonas verdes, hasta su punto de vertido.
Alcantarillado público	El conjunto de tuberías y obras accesorias utilizadas por la municipalidad, para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo ordinario y de tipo especial, o combinación de ambas.
Asolvamiento	Acumulación de sedimento proveniente del arrastre de un flujo hidráulico.
Bacterias	Grupo de organismos microscópicos unicelulares, con cromosoma único, división binaria y que intervienen en los procesos de estabilización de la materia orgánica.
Bacterias aerobias	Bacterias que requieren oxígeno libre para su desarrollo.
Bacterias anaerobias	Bacterias que se desarrollan en ausencia de oxígeno libre y que toman oxígeno, de las sustancias complejas que descomponen.
Bacterias patógenas	Bacterias que pueden causar enfermedades.

Caracterización	La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas y los lodos.
Cámara de digestión	Unidad de los tanques Imhoff, donde se almacenan y digieren los lodos.
Cámara de sedimentación	Unidad del tanque Imhoff, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables.
Carga	El resultado de multiplicar el caudal por la concentración determinados en un efluente y expresada en kilogramos/día.
Caudal	El volumen de agua por unidad de tiempo.
Coagulante	Electrolito simple, usualmente sal inorgánica, que se usa para desestabilizar las partículas coloidales favoreciendo su aglomeración.
Coliformes fecales	El parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas provenientes del tracto digestivo.
Coloide	Sustancias de alto peso molecular o partículas de líquido o sólido que se encuentran suspendidas en un medio de manera homogénea.

Cuenca	Unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago o mar.
Cuerpo receptor	Embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales.
Demanda bioquímica de oxígeno	Es la medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius.
Demanda química de oxígeno	Es la medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.
Digestión	Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo que produce una mineralización, licuefacción y gasificación parcial. Puede ser aerobia o anaerobia.
Descarga	Acción de depositar, verter, infiltrar o inyectar agua residuales a un cuerpo receptor.

Efluente	Las aguas residuales descargadas por un ente generador.
Emisor	Canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado hasta una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento hasta un punto de disposición final.
Eutrofización	Es el proceso de disminución de la calidad de un cuerpo de agua como consecuencia del aumento de nutrientes, lo que a su vez propicia el desarrollo de microorganismos y limita la disponibilidad de oxígeno disuelto que requiere la fauna y flora.
Infiltración	Efecto de penetración del agua en el suelo.
Lecho de lodo	Lugar donde se deshidratan los lodos estabilizados provenientes del tanque Imhoff.
Límite máximo permisible	Es el valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales y en aguas para reúso y lodos.
Lixiviado	Proceso de eliminación de los compuestos solubles de una roca, sedimento, suelo, etc. por las aguas de infiltración.

Manto freático	La capa de roca subterránea, porosa y fisurada que actúa como reservorio de aguas que pueden ser utilizables por gravedad o por bombeo.
Muestra	La parte representativa, a analizar, de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos.
Oxidación	Proceso químico que involucra el consumo de oxígeno, pérdida de hidrógeno o electrones en los compuestos orgánicos o inorgánicos.
Parámetro	Variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos, asignándole un valor numérico.
pH	Es el potencial de iones hidronio. Determinar la presencia acidez o alcalinidad en el agua.
Recurso hídrico	Riqueza acuática de un sistema, se puede presentar en forma líquida (aguas superficiales o subterráneas), gaseosa (vapor) o sólida (hielo).

Relleno sanitario	Zona utilizada como depósito de basura, la cual es extendida en capas delgadas sobre el suelo o colocados en fosas.
Tratamiento de aguas residuales	Proceso físico, químico, biológico o combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.
Vegas	Terrenos cercanos a los ríos.

RESUMEN

Este trabajo de graduación desarrolla un estudio de factibilidad en sus etapas previas para una planta de tratamiento de aguas residuales; tratando de ajustar el estudio a las condiciones locales del departamento de Chiquimula.

Según datos municipales aportados por el Instituto Nacional de Estadística se determinó que inicialmente los beneficiarios serán alrededor de 450 personas, distribuidas en 98 hogares que conforman la colonia El Maestro, de los cuales la mayoría cuenta con fosas sépticas para la descarga de las aguas servidas o en el peor de los casos son vertidas a cielo abierto. También se definen aspectos, características y especificaciones de los contaminantes, tratamientos y emisiones.

La construcción de la planta de tratamiento inicia con el reconocimiento del área, limpieza de la misma, nivelación del terreno, construcción de tres pozos de absorción, tres cajas, un desarenador con rejillas, un tanque Imhoff y dos patios de secado de lodos. También se construirá un cerco perimetral de malla galvanizada y una caseta de control.

La inversión inicial para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales se cuantificó en Q. 562,117.00. Además el trabajo de graduación determina que la planta de tratamiento de aguas residuales será capaz de cubrir sus costos de operación y mantenimiento con Q 30.00/mes por usuario, siempre que su inversión inicial sea no reembolsable.

La información anterior permite mediante herramientas de análisis económico establecer que el trabajo de graduación no es rentable para la inversión privada en su construcción, sin embargo sí es auto sostenible, lo cual permitirá a la junta de vecinos sufragar los costos que esta genere.

Se presenta la programación de actividades y se estipula un período alrededor de tres meses para finalizar la obra. Además se plantean las diferentes leyes, normas y reglamentos que rigen la construcción de proyectos públicos y manejo de aguas residuales. También se presenta la opción de la cantidad de trabajadores necesarios para el óptimo funcionamiento al menor costo.

Finalmente, se definen las diferentes emisiones que provocará el análisis del trabajo de graduación; efectos positivos y negativos que generará al ambiente la planta de tratamiento. Se plantean medidas para mitigar los impactos negativos del proyecto, y recomienda establecer un programa de monitoreo continuo. Velando porque todas las actividades de la planta estén dentro del marco legal de protección al medio ambiente, que permiten llegar a la conclusión de que el presente es viable ambientalmente, pues el beneficio social y económico que representa es mayor que los impactos determinados.

OBJETIVOS

GENERAL

Realizar un estudio de prefactibilidad para el diseño, planificación y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en una colonia residencial, en el municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula.

ESPECÍFICOS

1. Estudiar las condiciones existentes en la red del sistema de tratamiento de las aguas residuales, desde su generación hasta su tratamiento, en dicha comunidad.

2. Investigar las actividades de uso actual y potencial de las aguas residuales tratadas.

3. Identificar los beneficios, ventajas y desventajas que obtendrá la comunidad al entrar en funcionamiento la planta de tratamiento de aguas residuales.

4. Realizar un estudio de impacto ambiental, basado en las leyes, reglamentos y normas que rigen la construcción de este tipo de instalaciones y el efecto que en el ambiente este puede provocar.

5. Estructurar los aspectos técnicos de este trabajo de graduación, localización, tamaño, características, especificaciones y diseño de la planta de tratamiento.

6. Contemplar los aspectos administrativos para el funcionamiento y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

7. Desarrollar la evaluación económica financiera para determinar la viabilidad del trabajo de graduación, analizando el contexto socioeconómico y la sostenibilidad del mismo.

8. Realizar el plan de implementación, programación y monitoreo consecuente de las actividades y los recursos necesarios para la puesta en marcha del mismo.

INTRODUCCIÓN

La población del país ha ido en aumento en los últimos años lo que ha provocado el surgimiento de nuevas colonias en las ciudades. Este crecimiento ha traído consecuencias para la salud y el medio ambiente. El escaso conocimiento y la poca cultura ambiental han provocado la degradación cada vez mayor de los recursos naturales y la proliferación de aguas residuales en las márgenes de los ríos, lagunas y vasos reguladores. Debido a la enorme cantidad de desechos líquidos vertidos en los sistemas de alcantarillado surge la imperante necesidad de llevar a cabo la recolección y tratamiento, para su posterior descarga en los cuerpos acuíferos y así evitar la contaminación de los mismos.

La responsabilidad por el tratamiento de las aguas residuales domésticas, además de la red de alcantarillado, debería ser de las autoridades municipales, de manera que éstas tendrían que velar por la disminución del impacto sobre el medio ambiente, encargándose de la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento y disposición adecuada de las aguas residuales domésticas. Sin embargo, la situación económica de las administraciones edilicias en el país no permite hacer frente a estos problemas, por lo tanto son los Concejos Comunitarios de Desarrollo (Cocode), los encargados de promover estos programas, para así canalizar y gestionar los fondos necesarios para su construcción.

Por tal razón, el objetivo principal de este proyecto plantea la realización de un estudio de prefactibilidad que permita establecer, por medio de técnicas y métodos, la cantidad y el manejo de los recursos destinados para la creación de una planta de tratamiento de aguas residuales para la población de la colonia El Maestro, en el municipio de Chiquimula.

ESTUDIO DE MERCADO

1.1 Aspectos geográficos generales

1.1.1 Ubicación y acceso

El departamento de Chiquimula limita al norte con el departamento de Zacapa, al sur con el departamento de Jutiapa y la República de El Salvador, al este con la República de Honduras y al oeste con los departamentos de Zacapa y Jalapa. La ciudad de Chiquimula está ubicada en la latitud 14º 47´ 58´´ y la longitud de 89º 32´ 48´´. Se sitúa a una distancia de 169 km, con la ciudad de Guatemala y se comunica a ésta, por la ruta al Atlántico (CA-9) y la ruta CA-10. También por la carretera Panamericana CA-1 oriente, que conduce de la ciudad de Guatemala a Jutiapa para llegar a Ipala y luego hacia la cabecera departamental por la ruta nacional 18.

1.1.2 Clima

Debido a que en Chiquimula existen grandes diferencias de altitud entre un lugar y otro, los municipios de Chiquimula, San José la Arada, San Juan Ermita, San Jacinto, Jocotán y Camotán son cálidos; mientras que Esquipulas, Olopa, Concepción Las Minas, Ipala y Quezaltepeque son templados.

En la cabecera departamental el clima es muy caliente y seco la mayor parte del año, con temperaturas promedio de 25 °C y 35 °C. Los meses más cálidos son por lo general de marzo a septiembre, y los menos cálidos son de octubre a febrero, sin embargo a pesar del clima cálido en la ciudad, en muchas aldeas cercanas puede llegar a ser frío.

1.1.3 Topografía

Su terreno es sumamente montañoso la cordillera central proviene de Jalapa, penetra por la parte sur del departamento, donde forma estribaciones de la Sierra del Merendón, que sirve de límite entre Honduras y Guatemala. El sistema montañoso que penetra desde el departamento de Zacapa desciende a los municipios de Camotán, Jocotán y Chiquimula, además es bastante irregular y sus estribaciones continúan dentro de los municipios de Olopa, San Jacinto, San Juan Ermita y San José la Arada. Hacia el sur del departamento, el sistema orográfico forma también algunas mesetas de varias alturas dentro de los municipios de Quezaltepeque, Esquipulas y Concepción las Minas que, con sus repliegues, hondonadas y precipicios, se integran a la Sierra del Merendón.

1.1.4 Recurso hídrico

Los principales ríos del departamento son: río Grande u Ostúa en el municipio de Concepción Las Minas e Ipala; río Las Minas, río Anguiatú en el municipio de Concepción Las Minas; río Chanmagua, río San Juan, río Atulapa, en el municipio de Esquipulas; río Olopa entre el municipio de Olopa y Esquipulas, río Tituque en el municipio de Olopa; río Jupilingo que abarca Camotán y Chiquimula; río La Conquista, rio Tutunico, rio Santa Cruz, en el municipio de Quezaltepeque; río San José que atraviesa desde Ipala al municipio de San José la Arada y Chiquimula; río Tacó, en el municipio de Chiquimula; río Shutaque en San Jacinto y Chiquimula.

El departamento de Chiquimula forma parte de cuatro cuencas, la del río Grande de Zacapa y la del Motagua, las cuales pertenecen a la vertiente del Atlántico y las que mayor extensión cubren en el departamento, la cuenca del río Olopa y río Ostúa que drenan por la vertiente del Pacífico y ocupan una pequeña extensión del departamento. El río Grande de Zacapa, entre sus principales tributarios de segundo orden tiene a los ríos Jocotán, San José y Shutaque, todos ellos dentro del departamento de Chiquimula.

Esta cuenca posee el déficit de humedad más alto entre las cuencas en el ámbito nacional.

La lluvia se distribuye de mayo a octubre, que es cuando el río alcanza sus caudales máximos. Las zonas bajas de la cuenca presentan valores bajos de precipitación media anual debido a la barrera natural de la Sierra de las Minas al norte de la cuenca. Las precipitaciones aumentan en dirección noreste hasta llegar a valores de 1,500 mm anuales en la zona montañosa cercana a la frontera con la República de Honduras.

Dentro de esta cuenca se encuentra la mayor parte de la extensión territorial del departamento de Chiquimula. La cuenca tiene una pendiente media de cauce de 1.73%, cubre un área de drenaje de 2,471 km², su elevación máxima es de 1,847 msnm y una elevación mínima de 160 msnm, la media de precipitación anual es de 1,036 mm y tiene un déficit de humedad de 7 meses por año.

La cuenca del río Olopa y Ostúa drenan solamente una pequeña parte del departamento de Chiquimula. El río Ostúa nace en Jalapa y desemboca en el lago de Güija, tiene una pendiente media del cauce de 1.06%, drena un área total de 2,231 km², su elevación máxima es de 1,600 msnm y una mínima de 43 msnm, la precipitación media anual entre 1,500-2,000 mm y un déficit de humedad de 6 meses. El río Olopa nace en Chiquimula y sigue rumbo sureste hacia Honduras, tiene una pendiente media del cauce principal de 1.02%, drena un área total de 310 km², su elevación máxima es de 1,200 msnm y la mínima es de 88 msnm y tiene un déficit de humedad de 6 meses.

La forma redonda de las cuencas de los ríos, grande de Zacapa y Olopa, junto a su elevada pendiente media del cauce principal, contribuyen a una alta susceptibilidad a riesgo de correntadas.

Las crecidas del río Grande son variables y con lluvias fuertes el río puede presentar crecidas repentinas. Los ríos se hacen presentes en el valle de Chiquimula, que es atravesado por los ríos Grande al noreste, San José de norte a sur y el Shutaque que desemboca en el San José justo a la entrada de la ciudad de Chiquimula.

1.1.5 Ecosistema

En el departamento de Chiquimula se diferencian cinco de las catorce zonas de vida reportadas para Guatemala: Monte espinoso subtropical, Bosque seco subtropical, Bosque húmedo subtropical templado, Bosque muy húmedo subtropical frío y Bosque muy húmedo montañoso bajo.

1.2 Aspectos socio-económicos

Para determinar la situación social y económica de la población de la subcuenca del río San José, se analizaron los siguientes aspectos: población, infraestructura, servicios básicos y principales actividades productivas.

1.2.1 Aspecto social

El proyecto traerá empleos directos para la comunidad en la que sea ubicado, así mismo, la subcontratación de ciertos servicios generara empleos indirectos; el propósito es hacer vinculaciones a largo plazo en las que los trabajadores puedan aprender y crecer profesionalmente, con lo cual la municipalidad de Chiquimula también ganará teniendo mejores equipos de trabajo.

Para la ubicación de la planta se buscará un lote alejado de asentamientos urbanos para que no haya un rechazo por parte de la comunidad por olores u otro tipo de contingencias que se pudieran presentar. De igual manera, se hará reuniones constantes con la comunidad en juntas de acción comunal en donde se pueda hablar con la gente y solucionar cualquier tipo de conflictos en forma pacífica y negociada.

Este proyecto, por ser de carácter novedoso y con fines ecológicos, traerá para su ubicación una imagen de vanguardia y responsabilidad social. Atraerá la atención de inversionistas y movimientos sociales para el desarrollo y la concientización ambiental.

1.2.2 Población

El departamento de Chiquimula cuenta con una población total de 302,485 habitantes, equivalente al 12% de la población del país. El territorio tiene una extensión de 2,376 km² con aproximadamente 800 centros poblados de distinta dimensión. La densidad promedio de población es de 127 personas/ km².

El 74% de la población de Chiquimula vive en el área rural, mientras el otro 26% vive en el área urbana. Los municipios de Chiquimula y Esquipulas con el 47% y 44%, respectivamente, son lo de mayor población urbana, mientras que los municipios mayormente rurales son Camotán (96%), Olopa (91%), Concepción las Minas (90%) y Jocotán (89%).

En lo que concierne a la composición por género, 51% de la población son mujeres y 49% hombres. Con respecto a la composición étnica, el 85% de la población se define a sí misma como "ladina". Del 15% restante, el 96% se identifica como perteneciente a la etnia ch´orti´. Los ch´orti´ se concentran en los municipios de Jocotán, Camotán y Olopa. Es de destacar además que, del total de población indígena del Departamento, únicamente el 6% vive en áreas urbanas

De la estructura por edad, el 50% de la población es menor de 18 años, 43% es población adulta y el 7% restante es mayor de 60 años de edad. Los municipios de Camotán, Olopa y Jocotán tienen una concentración de población joven. La proporción de población menor de 18 años es ligeramente mayor entre los ch´orti´ que entre los no indígenas.

Además, al examinar la estructura y composición de los hogares chiquimultecos se observa que el 73% de los hogares están encabezados por hombres y el 27% por mujeres. Por otra parte, el tamaño promedio de los hogares del departamento es de 5.0 personas por hogar.

Algunas de estas características distinguen a Chiquimula como un departamento rural, con la mayor proporción de su población concentrada en 4 de los 11 municipios que lo conforman, cabe destacar que estos son los municipios con los más bajos índices de desarrollo humano y con los porcentajes más altos de población en pobreza del departamento.

1.2.2.1 Beneficiarios

La colonia El Maestro contaba a principios del año 2010 con 95 hogares con una media de 4.59 personas por vivienda. Lo que genera aproximadamente 437 personas habitando esta colonia que se convertirían en beneficiarios directos de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla I. Proyección de hogares y habitantes en la colonia El Maestro. 2010

Año	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2021**	**2026**	**2031**
Hogares	95	98	101	104	107	110	113	129	148	170
Habitantes por hogar	437	450	464	478	492	505	519	593	680	781

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

Sin embargo, existen colonias vecinas que aportarían unos 210 hogares más, con una media de 4.36 personas, que arroja aproximadamente 915 personas adicionales, que serian beneficiadas si en un futuro la red de drenajes de estas colonias es conectada hacia la misma planta de tratamiento.

1.2.3 Usos de los cuerpos de agua

El agua en el departamento es utilizada principalmente para el consumo y para riego, sin embargo actualmente el vital liquido es insuficiente para satisfacer estas necesidades, adicionalmente los sistemas de abastecimiento son deficientes, lo que provoca el desperdicio del mismo.

Se estima que el área irrigada podría ampliarse si se modernizara el sistema de riego y se aprovechara el área potencial regable de los valles de Dolores en el municipio de Esquipulas y el de las tierras planas de Ipala, que van desde la comunidad El Amatillo hasta la de Jicamapa y de allí hasta la comunidad de San Francisco; así como el valle de Chiquimula que abarca las comunidades de El Obraje, San Esteban, Vega Arriba, Petapilla, Santa Bárbara y Chiquimula. Además el aprovechamiento de las vegas que se encuentran en las orillas del río Jupilingo, en los municipios de Camotán y Jocotán.

El Gobierno central ha invertido en sistemas de mini-riego que ha ayudado al desarrollo de algunas comunidades como El Amatillo en Ipala y Los Planes en San Juan Ermita.

1.2.3.1 Situación de las aguas residuales y saneamiento

Las cuencas hidrográficas del departamento, se encuentran contaminadas debido a que las aguas servidas desfogan a los cuerpos receptores sin tratamiento.

Los servicios públicos son responsabilidad de las corporaciones municipales de cada población, sin embargo, por diversas circunstancias, la oferta de los servicios no ha crecido con el mismo dinamismo de las necesidades de la población, lo que propicia la contaminación del ambiente.

La red de alcantarillado en las cabeceras municipales y centros poblados generalmente tiene una cobertura inferior a la red de acueductos. Asimismo, en la

mayoría de los casos los desfogues se hacen directamente a los cuerpos receptores sin previo tratamiento, dando como resultado la contaminación de los mismos.

En cuanto a la producción de desechos líquidos no existe información centralizada ni tampoco se han realizado estudios que indiquen como enfrentar el problema. Al igual que en el resto del país, los ríos y lagos son alcanzados por los efectos de arrastre de sedimentos y compuestos químicos que afectan y rebasan la carga biológica admisible de los afluentes.

Los procesos industriales, los afluentes urbanos, el suelo erosionado, los productos aplicados en la agricultura provocan un aumento de la fertilidad de las aguas en las cuales se desencadena un crecimiento anormal de flora y microflora que reducen drásticamente la concentración de oxígeno dentro del agua, lo cual elimina la posibilidad de vida de otros seres vivos acuáticos, disminuyen su uso para consumo humano (por riesgo de enfermedades) y para animales.

Los procesos de asolvamiento de cauces contribuyen a los desbordamientos, crecidas de ríos y a la desaparición de lagunas y lagos, afectando obras civiles y en el peor de los casos pérdidas humanas.

1.2.3.2 Cuerpos receptores

La mayoría de las aguas servidas de la cabecera departamental son desfogados en el río San José, también existen ciertos desagües informales y antirreglamentarios que son descargados en el río Tacó.

1.2.3.2.1. Río San José

La subcuenca del río San José se localiza al oriente de la República de Guatemala, principalmente en el departamento de Chiquimula, siendo la cabecera de la

cuenca del Río Grande de Zacapa en la vertiente del Mar Caribe y que tiene una extensión de 650.6 km². El área se caracteriza por presentar zonas montañosas y regiones planas tales como los valles de Ipala, Agua Blanca-El Sauce y Poza Verde. En las faldas del Volcán Ipala se encuentran las montañas El Pinalón, Zuril y el Cerro Huexqué.

La elevación máxima de la zona es de 1,820 msnm en la Laguna de Ipala y San Pedro Pinula y una altura mínima de 350 msnm en la unión con el Río Grande de Zacapa a inmediaciones del departamento de Chiquimula.

Las zonas de vida presentes en la subcuenca incluyen al Bosque seco subtropical y el Bosque húmedo subtropical templado. Las especies predominantes son las coníferas; la flora y la fauna es menos diversa que en un bosque de hoja ancha. En el área se pueden observar tillandsias y bromelias que son muy características de esa zona. En la zona arbustiva se presentan cactáceas que son características de bosque espinoso, así como crescenctia.

En el área de la subcuenca del río San José se caracterizaron las zonas agrícolas, identificando los productos básicos como: maíz, fríjol y sorgo, así como actividades asociadas a la producción agrícola. La producción agrícola es predominante para autoconsumo con venta de algunos excedentes; sin embargo, se cultivan otros productos como maní y hortalizas tradicionales (tomate y chile pimiento, entre otras) desarrollados principalmente en áreas con riego o en vegas. Igualmente existen otros cultivos perennes como el café y frutales dispersos dentro de las unidades productivas y como huertos familiares.

Los principales impactos de los fenómenos hidroclimáticos para la agricultura incluyen erosión y pérdida de suelo; correntadas de lodo, arena y materiales orgánicos diversos; asolvamiento de puentes por acumulación de rocas y desechos arrastrados por las corrientes. También ocurren inundaciones y desbordes de los ríos debido a la configuración de las micro cuencas de fuertes pendientes. Así mismo influyen los

vientos fuertes que ocurren durante los meses de octubre a febrero que provocan problemas a la infraestructura habitacional, cultivos y salud humana.

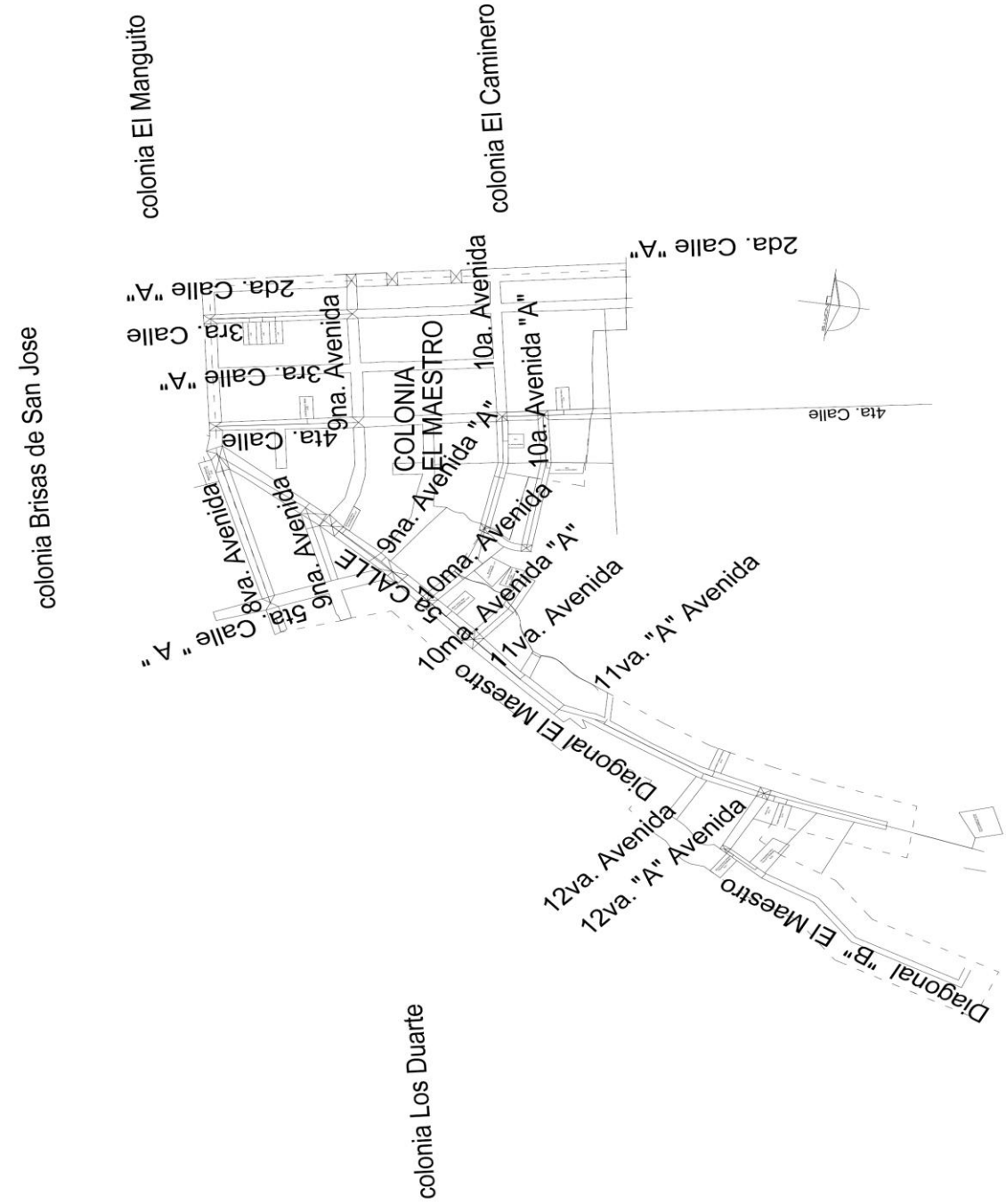
La población de los municipios de la subcuenca asciende a unas 65,000 personas, de las cuales el 73% son de origen indígena ch´orti´, a quienes afecta mayoritariamente la inseguridad alimentaria. Esta población tiene los más altos índices de exclusión social y precariedad económica de los grupos indígenas del país. Asimismo, ocupan las tierras menos aptas para los cultivos, éstas están deforestadas, tienen laderas pronunciadas, suelos erosionados y afectados por constantes vientos que aumentan su fragilidad.

1.2.4 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

La colonia El Maestro se encuentra en la zona cuatro de Chiquimula, en ella se pueden encontrar viviendas del nivel bajo, medio y medio-alto; mezcladas con pequeños comercios, iglesias y construcciones de servicio público como institutos y escuelas nacionales, existe un crecimiento de urbanización en la zona, además existen terrenos baldíos que son utilizados para la crianza de animales.

En los alrededores donde se construirá la planta de tratamiento, la población cuenta con sistema de drenaje y con agua entubada, cuentan con energía eléctrica, alumbrado público y servicio de teléfono público. Además por ser una colonia de la cabecera departamental tiene acceso a otro tipo de servicios como: centros comerciales; mercados; parques; centro de salud y hospital modular; transporte urbano y extra urbano; pista de aviación; escuelas de pre-primaria, primaria, básicos y diversificados y centros universitarios.

Figura 1. Mapa de la colonia



Fuente. Municipalidad de Chiquimula

1.2.5 Acceso

Se puede ingresar a la colonia El Maestro principalmente por dos vías, una es tomando la calle del Cementerio para cruzar por Fundabiem y luego pasando a un lado del Estadio Las Victorias; la otra es siguiendo siempre la calle del Cementerio hasta llegar al parque El Calvario para luego ingresar al barrio El Molino tomando su calle principal de la que se tomaran ciertos callejones para llegar nuevamente a la colonia El Maestro. Los dos accesos principales están constituidos por calles adoquinadas o pavimentadas y debidamente señalizadas e iluminadas, sin embargo las calles de la colonia son de terracería y durante el invierno se forman zanjones por donde circula la escorrentía.

1.2.6 Abastecimiento de agua en la cabecera departamental

El suministro en la cabecera departamental esta comprendido por dos fuentes de agua superficiales: el sistema de abastecimiento del río Tacó y el sistema de abastecimiento quebrada El Abundante; y ocho fuentes de aguas subterráneas; pozo El Calvario, pozo El San José, pozo El Canja, pozo El Torito, pozo El Banvi, pozo Mercado Nueva Terminal, pozo Palacio Municipal y pozo Residenciales Chiquimula.

El poblado de San Esteban se abastece desde la quebrada Ticanlu, la aldea Petapilla es surtida por la quebrada El Chucte y por último la aldea Susho Abajo es abastecida desde un manantial termal ubicado en las inmediaciones de la aldea Shusho Arriba. El sistema de abastecimiento cuenta con una planta de potabilización con una capacidad de 80 lts/seg, la cual es insuficiente para tratar la totalidad del agua suministrada al pueblo.

La colonia El Maestro cuenta con un pozo propio, sin embargo todavía no está en funcionamiento, por lo que se utiliza el agua municipal para surtir del vital liquido a los habitantes.

Tabla II. Cantidad de hogares por tipo de servicio de agua en el departamento, municipio y ciudad de Chiquimula y colonia El Maestro. 2010

Lugar	Total de Hogares	Hogares por tipo de servicio de agua						
		Chorro			Pozo	Camión o Tonel	Río, lago o manantial	Otro
		Exclusivo	Varios Hogares	Público				
Departamento	59,872	38,057	1,756	5,950	8,026	128	4,208	1,747
Municipio	16,451	9,509	617	2,855	1,687	80	1,407	296
Ciudad	6,976	5,556	359	101	748	29	81	102
El Maestro	95	82	6	2	1	2	-	2

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

1.2.7 Energía eléctrica

El departamento de Chiquimula cuenta con tres subestaciones de transmisión de energía ubicadas en los municipios de Chiquimula, Ipala y Quezaltepeque. La capacidad de éstas es de 69 kilowatts (KV) y pertenecen al sistema de distribución oriental del país a cargo de la empresa Distribuidora de Electricidad del Oriente, S.A. (DEORSA), la cual distribuye y comercializa el fluido eléctrico. Con respecto a la colonia El Maestro la mayoría de viviendas cuentan con el servicio de energía eléctrica.

Tabla III. Cantidad de hogares por tipo iluminación eléctrica en el departamento, municipio y ciudad de Chiquimula y colonia El Maestro. 2010

Categoría	Total hogares	Eléctrico	Panel Solar	Gas	Candela	Otro
Departamento	59,872	40,977	1,086	12,374	4,316	1,119
Municipio	16,451	13,342	145	2,110	810	44
Ciudad	6,976	6,720	52	445	156	3
El Maestro	95	86	1	-	8	-

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

1.2.8 Drenaje

Como en la mayoría de redes de alcantarillados de las cabeceras municipales y centros poblados, los desfogues se hacen directamente en cuencas naturales, sin previo tratamiento, teniendo como resultado problemas de contaminación. La cobertura de drenajes es únicamente en áreas urbanas, aunque en menor porcentaje. En lo que respecta al área rural, así como el resto de hogares del área urbana, se hace uso de pozos ciegos o letrinas.

1.2.9 Aspecto económico

La construcción que se pretende, absorberá recursos económicos antes y durante el proceso de su elaboración, pero lo más interesante es el impacto benéfico que la obra generará en la sociedad, debido a que el proyecto de la planta de tratamiento generará empleo local y el aumento de la demanda de insumos mediante de los prestadores de servicios más cercanos.

Sin embargo, el factor que provocará más relevancia y beneficios para la población y las autoridades es la disminución de los altos costos a las necesidades curativas y de atención preventiva de la salud para el público.

Los aspectos económicos fundamentales para que sea factible la construcción de la planta deben ser analizados tomando en cuenta las especificaciones de obra civil, de equipos e instalaciones.

1.3 Proceso de investigación

En el caso de los proyectos de servicio público municipal, los alcances del estudio de mercado y los análisis correspondientes difieren de los proyectos privados. El producto es un proyecto de prestación de servicios; la demanda se cuantifica en base a la

población beneficiada; la oferta esta determinada por los servicios municipales ofrecidos anterior y actualmente.

1.3.1 Plan de investigación

Para el éxito del proyecto es necesario obtener la información específica y definir un plan de investigación para reunirla con eficiencia.

Se realizará la identificación, donde se definirá de que servicio se trata y cuales son sus características relevantes. Especificando si el servicio amplia o complementa otros servicios ya existentes. Delimitando el lugar donde se ofrecerá el servicio y detallando los requisitos que deben cumplirse.

Se definirá ubicación geográfica y limites, orografía, hidrología, topografía, clima, recursos naturales, población, infraestructura y actividades productivas y comerciales

Se realizará la cuantificación de la demanda y la caracterización de la oferta, que permitirá ofrecer un diagnóstico preciso sobre la situación en que se encuentran los pobladores de la comunidad en mención y sus necesidades de servicios.

Acerca de la comercialización del servicio se debe conectar la red de alcantarillado de la colonia para que las aguas residuales de las viviendas beneficiadas sean descargadas efectivamente en la planta de tratamiento, además se analizará si es viable la aplicación de un cobro de tarifa fija para el funcionamiento de la planta de tratamiento.

Estudiar el mercado en busca de la mejor opción en insumos, materiales, tecnología, obra civil, diseño, impacto ambiental y acciones de control o mitigación, riesgos, sensibilidad y sostenibilidad del proyecto, para luego presentar detalles del flujo financiero a ejecutar y que permitirá tomar una decisión final del proyecto

1.3.2 Diagnóstico de la oferta y la demanda

El diagnóstico de la demanda se realizará con base en el tamaño de la población que utilizará el servicio, además el término de población hay que transformarlo en unidades de servicios, es decir, el volumen de agua residual que llegará a la planta de tratamiento.

Mientras que la investigación de la oferta permitirá conocer como se están satisfaciendo las necesidades de servicio y como ha evolucionado esa oferta en el pasado. Otro aspecto a considerar, es la proyección de la oferta disponible, como se espera que evolucione en el futuro inmediato y los obstáculos que encuentra para su crecimiento.

1.3.2.1 Demanda potencial

La colonia El Maestro, según datos municipales obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, tiene una población de 450 habitantes configurados en 98 hogares, de los cuales son pocos los que están conectados a la red de drenajes, pués esta no se encuentra en funcionamiento para todas las viviendas, por lo que la comunidad se convierte en un grupo vulnerable a enfermedades diversas. Además la mayoría de viviendas cuentan con más de una fosa séptica para descargar sus aguas residuales, pero estas ya están llegando al límite de su capacidad y los terrenos ya no cuentan con espacio para construir mas fosas sépticas.

Tabla IV. Cantidad de hogares por tipo de servicio sanitario en el departamento, municipio y ciudad de Chiquimula y colonia El Maestro. 2010

Categoría	Total hogares	Total de hogares con servicio sanitario	Uso exclusivo para el hogar				
			Total	Inodoro hacia		Excusado lavable	Letrina o pozo ciego
				Red de drenaje	Fosa séptica		
Departamento	59,872	38,018	36,360	13,765	5,077	4,373	13,145
Municipio	16,451	11,604	10,940	5,939	1,619	1,007	2,375
Ciudad	6,976	6,681	6,291	5,018	599	296	378
El Maestro	95	93	87	10	73	2	2

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

Se debe considerar que la población crece a un 2.8% anual, sumado al interés de las colonias vecinas se espera que para el 2011 la cantidad de personas beneficiadas por la planta de tratamiento sea de aproximadamente 1,431 personas.

El caudal domiciliar es la aportación unitaria o específica de aguas servidas de uso doméstico introducidas a un sistema de alcantarillado, el cual es directamente proporcional a la dotación de agua potable con que se provee a cada domicilio.

Una parte de ésta no será llevada al alcantarillado, de tal manera que el valor de este factor se determina mediante la consideración de que, del 100% de agua potable que ingresa a un domicilio, entre el 20% y el 30% se utilizan en actividades en las cuales se consume, se evapora o se desvía a otros puntos, distinta al porcentaje restante, que después de ser utilizada por las personas es desfogada al sistema de alcantarillado.

Para este estudio, se aplicó un factor de retorno de 80%.

Qdom = (Dotación * No. de hab. futuro * factor de retorno)/ 86,400

Qdom = (150lts/hab./día * 1,431 hab. * 0.80)/86,400

Qdom = 1.9875lts/seg.

Es tal la necesidad que tiene la comunidad, que los mismos pobladores han decidido comprar un terreno baldío a los lotificadores de la colonia para la construcción de la planta de tratamiento, sin embargo la municipalidad estudia la posibilidad de cederles un terreno en las cercanías del río San José.

1.3.2.2 Oferta actual

La oferta es inexistente pues la cabecera departamental existen actualmente dos plantas de tratamiento de aguas residuales: una municipal en la aldea Petapilla y una que pertenece al sector privado, ambas alejadas de la colonia El Maestro.

El sistema de alcantarillado de la colonia todavía no se encuentra funcionando, están en la última fase de la obra, debido a esto los habitantes tienen restringido conectar sus desagües a la red, por lo que deben seguir utilizando las fosas sépticas construidas en sus propios terrenos.

1.3.2.3 Balance oferta-demanda

El análisis de balance entre oferta y demanda permite conocer si existe un déficit que debe ser cubierto por el proyecto o si este déficit puede ser cubierto progresivamente sin recurrir al proyecto, la magnitud de la cobertura del déficit ya depende de los

recursos que posea la entidad ejecutora o de su programación anual de inversiones, no necesariamente se debe cubrir el déficit ya que ello depende de las estrategias de cobertura con los grupos de usuarios.

Como todas las aguas residuales de la cabecera departamental son vertidas sin previo tratamiento, se puede considerar de poco interés y necesidad un proyecto de este tipo.

Al no existir otra planta de tratamiento que pueda recibir las descargas de esta colonia, se determina que si existe ese déficit. Sin embargo, como se le da poca importancia a los daños ambientales que causa desfogar, sin el debido tratamiento, las aguas residuales en los cuerpos de agua; no se puede cuantificar la magnitud de los efectos provocados por las aguas servidas.

Por lo tanto, a pesar de que existe este déficit y necesidad, deberá ser valorado por las autoridades encargadas de la aprobación de los fondos y las inversiones, además del interés y beneplácito que el proyecto genere en la comunidad.

1.4 Tipos de aguas residuales

El agua residual está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua, que resultan del uso doméstico o industrial de la misma. Se les llama también aguas servidas o aguas negras.

Concretamente están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno. Se clasifican según su origen, ya que de ello también depende su composición. Existen dos grandes grupos de aguas residuales: aguas residuales domesticas y aguas residuales industriales.

1.4.1 Aguas residuales domésticas

Son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Básicamente son residuos de actividades humanas que llegan a la red de alcantarillado por medio de descargas de los hogares, establecimientos comerciales y públicos.

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad en cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender de los pobladores, hábitos y condiciones de vida de la comunidad, además el volumen de éstas también variara según los horarios.

Las aguas residuales frescas emergen como un liquido turbio de origen gris o amarillento con olor séptico, en el cual van suspendidas partículas de sedimentos, heces, residuos vegetales, papel y materiales sintéticos. Cuanto más largo sea el colector que los conduce y mas turbulento el flujo en la alcantarilla, más pequeñas serán las partículas presentes.

1.4.2 Aguas residuales industriales

Las aguas residuales industriales son las que proceden de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de drenaje.

Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no sólo de una industria a otro, sino también dentro de un mismo tipo de industria. Por lo general, estas son más contaminadas que las aguas residuales domesticas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar

1.5 Tipos de contaminantes

Las aguas residuales domésticas están constituidas en un alto porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99.9% y apenas 0.1% de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos; donde el agua es el medio de transporte de los sólidos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición. El agua residual está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua.

1.5.1 Contaminantes orgánicos

Son estructuras químicas compuestas fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos. Las proteínas son el principal componente del organismo animal, pero también están presentes en los vegetales.

Los carbohidratos son las primeras sustancias degradadas por las bacterias, con producción de ácidos orgánicos (por esta razón, las aguas residuales estancadas presentan una mayor acidez). Entre los principales ejemplos se pueden citar los azúcares, el almidón, la celulosa y la lignina (madera).

Los lípidos (aceites y grasas) incluyen gran número de sustancias que tienen como principal característica común la insolubilidad en agua, pero son solubles en ciertos solventes como cloroformo, alcoholes y benceno. Están siempre presentes en las aguas residuales domésticas, debido al uso de manteca, grasas y aceites vegetales en cocinas. Pueden estar presentes también como aceites minerales derivados de petróleo, debido a contribuciones no permitidas (de estaciones de servicio) y son altamente indeseables, porque se adhieren a las tuberías, provocando su obstrucción. Las grasas no

son deseables, ya que provocan mal olor, forman espuma, inhiben la vida de los microorganismos, provocan problemas de mantenimiento, etc.

El comportamiento de los compuestos orgánicos depende de su estructura molecular, tamaño y forma y de la presencia de grupos funcionales que son factores importantes de la toxicidad. Todos los compuestos orgánicos que son peligrosos para la salud son producidos por el hombre y son los contaminantes mayoritarios en vertidos urbanos y vertidos generados en la industria agroalimentaria.

1.5.2 Contaminantes inorgánicos

Son de origen mineral y de naturaleza variada tal como: sales, óxidos, ácidos y metales. La materia inorgánica presente en las aguas residuales está formada principalmente de arena y sustancias minerales disueltas.

El agua residual también contiene pequeñas concentraciones de gases disueltos. Entre ellos, el más importante es el oxígeno proveniente del aire que eventualmente entra en contacto con las superficies del agua residual en movimiento. Aparte del oxígeno, el agua residual puede contener otros gases, como dióxido de carbono, resultante de la descomposición de la materia orgánica, nitrógeno disuelto de la atmósfera, sulfuro de hidrógeno formado por la descomposición de compuestos orgánicos, gas amoníaco y ciertas formas inorgánicas del azufre. Estos gases, aunque en pequeñas cantidades, se relacionan con la descomposición y el tratamiento de los componentes del agua residual.

Los contaminantes inorgánicos aparecen en cualquier tipo de agua residual, aunque son más abundantes en los vertidos generados por la industria. Los componentes inorgánicos de las aguas residuales estarán en función del material contaminante así como de la propia naturaleza de la fuente contaminante. Algunos contaminantes inorgánicos no son particularmente tóxicos, pero aún así son un peligro para el medio

ambiente porque son usados extensivamente. Estos incluyen fertilizantes, tales como nitratos y fosfatos que provocan el aumento de algas en las aguas superficiales, lo que hace que el nivel de oxígeno en el agua disminuya.

1.5.3 Contaminantes habituales en las aguas residuales

Los contaminantes que suelen estar presentes en las aguas residuales son:

- **Sólidos suspendidos:** arenas, papel, trapos entre otros. Pueden llevar al desarrollo de depósitos de barro y condiciones anaerobias, cuando los residuos no tratados son volcados en el ambiente acuático. Las arenas enturbian las masas de agua cuando están en movimiento o bien forman depósitos de lodos si encuentran condiciones adecuadas para sedimentar.

- **Materia orgánica biodegradable:** compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas, por lo general, se mide en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento al medio ambiente, su estabilización biológica puede llevar al consumo del oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas. Pues al ser insolubles en el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

- **Agentes patógenos:** los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden producir o transmitir enfermedades.

- **Nutrientes:** tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando son lanzados en el ambiente acuático, pueden llevar al crecimiento de la vida acuática indeseable y también

contaminar el agua subterránea. Su presencia en las aguas residuales es debida a los detergentes y fertilizantes. El nitrógeno orgánico también es aportado a las aguas residuales a través de las excretas humanas.

- **Contaminantes importantes:** compuesto orgánicos e inorgánicos seleccionados en función de su conocimiento o sospecha de carcinogenicidad, mutanogenicidad o elevada toxicidad.

- **Materia orgánica refractaria:** esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales. Ejemplos típicos incluyen detergentes, pesticidas agrícolas, etc.

- **Metales pesados:** los metales pesados son normalmente adicionados a los residuos de actividades comerciales e industriales, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual.

- **Sólidos inorgánicos disueltos:** componentes inorgánicos como el calcio, sodio y sulfato son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a reutilizar el agua residual.

1.6 Métodos analíticos para el control de la calidad del agua

- **Color:** la coloración de un agua puede clasificarse en real cuando se debe sólo a las sustancias que tiene en solución y aparente cuando su color es debido a las sustancias que tiene en suspensión. Los colores real y aparente son casi idénticos en el agua clara y en aguas de escasa turbidez. Consiste en la comparación del agua con una serie de patrones de soluciones coloreadas de cloroplatinato de potasio, cloruro de cobalto y acido clorhídrico. Este método se basa en que la combinación de tales sustancias de colores muy parecidos al color del agua

natural, es muy útil para medir el color del agua proveniente de materias orgánicas tales como residuos vegetales, hojas, cortezas, raíces, humus y turba. No es recomendable para medir el color en aguas industriales con alta concentración de colorantes. Si se desean efectuar comparaciones entre muestras de color, deben ajustarse a valores de pH iguales, ya que el color varía como función del pH. Se sugiere un valor de pH de 8.3, ya que este es un valor representativo de aguas potables tratadas.

- **Olor y sabor:** el olor puede ser definido como el conjunto de sensaciones percibidas por el olfato al captar ciertas sustancias volátiles. El procedimiento normalmente utilizado es el de ir diluyendo el agua y examinar hasta que no presente ningún olor perceptible. El resultado se da como un número que expresa el límite de percepción del olor y corresponde a la dilución que da olor perceptible. Debido al carácter subjetivo de la medida, es recomendable que ésta la realicen al menos dos personas distintas, comparando la percepción con la de un agua desodorizada, además debe evitarse la presencia de otros olores en el ambiente. Finalmente, la evaluación del sabor, se realiza por degustación del agua a examinar, comenzando por grandes diluciones, que se van disminuyendo hasta la aparición del sabor. Éste ensayo se realiza únicamente en aguas potables. Para estas pruebas se utiliza agua inodora e insípida diluida mediante filtración por un lecho de carbón activado como punto de comparación, además estas pruebas deben efectuarse a una temperatura de 40 ºC.

- **Turbidez:** mide la capacidad de un líquido para diseminar un haz luminoso producido por la presencia de material insoluble, tales como partículas de arcillas provenientes de la erosión del suelos y otras sustancias inorgánicas finamente divididas (en arcillas, limos, partículas de sílice, materias inorgánicas) o materias similares y organismos microscópicos. La determinación de la turbidez tiene un

gran interés como parámetro de control en aguas contaminadas y residuales. Se puede evaluar en el campo o en el laboratorio.

- **Sólidos:** la materia sólida presente en un agua suele agruparse en tres categorías: materias decantables, materias en suspensión y residuos. La materia decantable se determina dejando en reposo un litro de agua en un cono o probeta graduada. El resultado se expresa como mililitros de materia decantada por litro de agua. La determinación de las materias en suspensión en el agua puede realizarse por filtración o por centrifugación. La filtración se realiza a vacío sobre un filtro. El filtro con el residuo es nuevamente secado y pesado. La diferencia entre este peso y el que teníamos antes del filtro solo, proporciona el valor de los sólidos.

- **pH:** las medidas de pH se realizan con un electrodo de vidrio, el cual genera un potencial que varía linealmente con el pH de la solución en la que está inmerso. El electrodo consiste en una célula con un potencial controlado por la actividad del protón a cada lado de una membrana de vidrio muy fina. Éste método se utiliza si se quiere obtener medidas muy precisas y puede aplicarse a cualquier caso particular. La escala comprende de 0 (muy ácido) a 14 (muy alcalino) con el valor medio de 7 que corresponde a la neutralidad.

- **Dureza:** también llamada grado hidrotimétrico, es debida a iones metálicos bivalentes que son capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para forma incrustaciones. La dureza corresponde a la suma de las concentraciones de cationes metálicos excepto los metales alcalinos y el ion hidrógeno. En la mayoría de los casos se debe principalmente a la presencia de iones calcio y magnesio, y algunas veces también se unen hierro, aluminio, manganeso y estroncio.

- **Acidez y alcalinidad:** la acidez de un agua se define como su capacidad para neutralizar bases. Generalmente es provocada por la presencia de bióxido de carbono y varios ácidos orgánicos, tales como acido tánico y acido húmico. La acidez de un agua corresponde a la presencia de anhídrido carbónico libre, ácidos minerales y sales de ácidos fuertes y bases débiles. La alcalinidad de un agua corresponde a la presencia de los bicarbonatos.

- **Conductancia específica:** es una medida de la capacidad de un líquido para transmitir la corriente eléctrica, es un parámetro relacionado con la cantidad de iones presentes en el líquido y la temperatura a la cual se realiza la determinación.

- **Temperatura:** normalmente estas mediciones pueden efectuarse con cualquier termómetro de mercurio. Debe ser siempre registrada en el campo y hasta obtener una lectura constante. Este parámetro afecta fundamentalmente los sistemas de tratamiento biológico de las aguas debido a su efecto sobre el metabolismo bacteriano; también afecta la solubilidad de los gases y la velocidad de sedimentación de los sólidos.

1.7 Tipos de procesos para el tratamiento de aguas residuales

Los tratamientos biológicos en las aguas residuales son usados para disminuir la materia orgánica de los compuestos orgánicos biodegradables. Los objetivos del tratamiento biológico son tres: reducir el contenido en materia orgánica de las aguas, reducir su contenido en nutrientes y eliminar los patógenos y parásitos.

1.7.1 Procesos aeróbicos

La digestión aeróbica es un proceso bacteriano que ocurre en presencia del oxígeno. Bajo condiciones aeróbicas, las bacterias consumen rápidamente la materia orgánica y la convierten en el bióxido de carbono. Una vez que haya una carencia de la materia orgánica, las bacterias mueren y son utilizadas como alimento por otras bacterias. La reducción de los sólidos ocurre en esta fase, conocida como respiración endógena. Los costos de capital de digestión aerobia son más bajos, sin embargo los gastos de explotación son característicos por ser mucho mayores para la digestión aeróbica debido a los costes energéticos para la aireación necesitada para agregar el oxígeno al proceso.

1.7.1.1 Lodos activados

El agua servida aireada se mezcla con bacterias aeróbicas desarrolladas con anterioridad. Esta mezcla previamente decantada, se agita por medio de bombas para que la materia se mantenga en suspensión y en constante contacto con oxígeno al interior de piscinas de concreto armado. La materia orgánica degradada del agua servida flocula, por lo que luego se puede decantar. La biomasa sedimentada se devuelve parcialmente al tratamiento biológico para mantener una población bacteriana adecuada y el resto se separa como lodo. Las ventajas principales de este proceso son la eficiencia en la extracción de las materias suspendidas y el corto tiempo de residencia de la biomasa en las piscinas (alrededor de 6 horas), lo que permite tratar grandes volúmenes en espacios reducidos.

En el proceso del lodo activado las bacterias son los microorganismos más importantes debido a que son ellas las responsables de la descomposición de la materia orgánica contenida en el agua residual a tratar. Entre los grupos y especies de bacterias que con más frecuencia se encuentran presentes en los lodos activados, pueden citarse: Pseudomonas, flavo bacterias, chromo bacterias, azoto bacterias, micrococos, bacilos,

alcalígenos y nocardias. En menor proporción se encuentran los hongos, levaduras y mohos. Sin embargo, la eficiencia en la eliminación de bacterias patógenas es baja, requiere de infraestructura costosa y la instalación de equipos electromecánicos de alto consumo energético. Por otra parte, produce un alto volumen de lodos que requieren un tratamiento posterior.

1.7.1.2 Lagunas aireadas

Son embalses de aguas servidas que ocupan una gran superficie de terreno. El agua servida así dispuesta se oxigena mediante aireadores superficiales o difusores sumergidos para generar oxidación bacteriana. Estos dispositivos crean una turbulencia que mantiene la materia en suspensión. El tiempo de residencia normal de este proceso es de 3 a 6 días, tiempo en que las bacterias experimentan un crecimiento acelerado, dependiendo de las condiciones climáticas y suponiendo una aireación suficiente. La separación de sólidos de este tratamiento se logra por decantación en un periodo de 6 a 12 horas. La calidad del efluente de este proceso es inferior al de lodos activados, cuya diferencia fundamental es que en el primero no hay recirculación de lodos.

1.7.1.3 Biofiltro dinámico aeróbico

Es un filtro que contiene lombrices, a través del cual se hace pasar el agua a tratar. Esta técnica consiste en que la materia orgánica del agua residual es degradada por una población de microorganismos y lombrices. El biofiltro dinámico aeróbico es una piscina rellena con diferentes capas que actúa como un filtro percolador, compuesto en orden descendente por:

1. Una capa de humus y lombrices, las cuales tienen excelentes características desintegradoras de residuos sólidos y orgánicos;
2. Una capa de aserrín y viruta para una segunda filtración;

3. Una capa de gravilla;
4. Una capa de piedra bola.

Estas dos últimas capas proveen soporte y aireación al sistema, asegurando su permeabilidad.

La planta de tratamiento de aguas servidas está compuesta por una cámara de rejas y desarenadora que retiene los sólidos gruesos, una planta elevadora que envía el agua al biofiltro y finalmente, un sistema de desinfección que utiliza rayos ultravioleta para eliminar los elementos patógenos contenidos en las aguas servidas tras su paso por el filtro.

1.7.2 Tratamiento anaeróbico

Consiste en una serie de procesos microbiológicos que ocurren dentro de un recipiente hermético, que realizan la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos, pero es desarrollado principalmente por bacterias. Presenta ventajas frente a la digestión aerobia: generalmente requiere de instalaciones menos costosas y no hay necesidad de suministrar oxígeno, por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético es menor. Por otra parte, se produce una menor cantidad de lodos (el 20% en comparación con un sistema de lodos activos). Ejemplos de tratamientos anaeróbicos son los tanques sépticos y los reactores anaerobios que tratan el agua en un sistema sin luz, oxígeno ni movimiento. En cuanto a sus desventajas se cuenta que es más lento que el tratamiento aeróbico, pues requiere un mayor tiempo de contacto o retención hidráulica, así como más tiempo de aclimatación, lo que impide el tratamiento de grandes volúmenes de aguas servidas.

1.7.3 Humedales artificiales

Este sistema consiste en la reproducción controlada de las condiciones existentes en los sistemas lagunares someros o de aguas lénticas, los cuales en la naturaleza efectúan la purificación del agua. Esta purificación involucra una mezcla de procesos bacterianos aerobios-anaerobios que suceden en el entorno de las raíces de las plantas hidrófilas, las que liberan oxígeno y consumen los elementos aportados por el metabolismo bacteriano y lo transforman en follaje.

La tecnología de humedales artificiales o *wetlands* está definida como un complejo ecosistema de sustratos saturados, vegetación (macrófitas) y agua; cuyo objetivo es la remoción de la mayor cantidad de contaminantes del agua residual. Las macrófitas son plantas superiores, algas, musgos y briofitas macroscópicas, adaptadas a la vida en el medio acuático.

Estas plantas acuáticas, que constituyen la base de la tecnología de humedales artificiales, tienen la propiedad de inyectar grandes cantidades de oxígeno hacia sus raíces. El aire que no es aprovechado por la especie es absorbido por microorganismos como bacterias y hongos, que se asocian a la raíz y se encargan de metabolizar los contaminantes que entran al sistema. Dichos microorganismos son usados para asimilar y descomponer nutrientes, materia orgánica e inorgánica, y su efectividad depende del tipo de efluente a tratar y de las condiciones de operación.

Los sistemas de tratamiento de aguas tipo *wetland* comprenden tres procesos distintos: El agua a tratar pasa por un decantador, de manera de separar los sólidos y depositar sólo líquido en el humedal artificial. Allí las aguas escurren bajo un lecho de piedras de 5 cm, en el que se plantan las especies acuáticas y que impide la aparición de mal olor e insectos. Finalmente, los líquidos son descargados en una laguna con plantas que completan el proceso de depuración de las aguas servidas.

Las principales ventajas de este sistema son su adaptabilidad a las variaciones de carga, bajo impacto visual, capacidad depuradora eficaz de aguas residuales con

contaminación principalmente orgánica, bajo costo, y mantenimiento y funcionamiento sencillos. Sin embargo, la necesidad de amplias superficies de terreno para su instalación y su incapacidad para tratar aguas industriales con alta contaminación inorgánica, se convierten en las principales desventajas.

1.7.3.1 Tipos de humedales

Existen varios tipos de depuración natural entre los que destacan sistemas con flujo sumergido horizontal, con flujo sumergido vertical y con flujo superficial. Cada tipo de sistema tiene características constructivas distintas y ofrece rendimientos depurativos específicos según el tipo de contaminante a eliminar.

Esto permite lograr un tratamiento apropiado para cada caso y la combinación de estos sistemas puede tratar aguas servidas con características de contaminación muy distintas. Las especies vegetales más utilizadas pertenecen a los géneros: *Phragmites, Typha, Scirpus, Iris, Nymphaea, Juncus, Carex, Alisma, Myriophyllum, Ceratophyllum, Butomus, Potamogetum.*

1.8 Productos generados a partir del agua residual

Las aguas residuales tratadas contienen una gran cantidad de nutrientes orgánicos. Esta característica permite aprovecharlas para riego, generación de energía y fertilización.

1.8.1 Agua tratada

El uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura constituye una de las herramientas más valiosas que tienen los países en vías de desarrollo para controlar la

contaminación y hacer frente al reto que constituye incrementar la producción agrícola con un recurso hídrico escaso. Las aguas residuales constituyen un problema sanitario, pero a su vez un recurso muy apreciado para el riego y la piscicultura; de gran valor económico en áreas desérticas o con estiajes prolongados.

Los nutrientes presentes en las aguas residuales tienen valor como fertilizantes y aumentan el rendimiento de los cultivos, estos nutrientes se conservan en el protoplasma de las algas al tratar las aguas residuales en lagunas de estabilización.

Los tóxicos y microorganismos patógenos en las aguas residuales pueden causar efectos nocivos a la salud y/o a los cultivos, si no se utilizan el tratamiento y el manejo adecuados. La aplicación de aguas residuales, crudas o previamente tratadas, al suelo, campos de cultivo o estanques de piscicultura constituye en sí un tratamiento adicional que mejora la calidad de las mismas. Los principales cultivos en los cuales se usan las aguas tratadas son: silvicultura, forrajes, hierbas, alfalfa, maíz, trigo, cebada, caña de azúcar, remolacha, menta, algodón, tabaco.

La aplicación de aguas residuales a terrenos agrícolas puede originar riesgos a la salud humana debido a la presencia de metales, productos químicos orgánicos y otros compuestos tóxicos. Estas substancias pueden entrar a la cadena alimenticia a través de alimentos para el hombre o a través de alimentos para animales por lo tanto sólo con buen manejo y alto grado de tratamiento se recomienda el uso en frutas y vegetales.

Por otra parte, aunque se ha realizado con buen éxito la cría de peces en lagunas de estabilización de grado superior al terciario, la experiencia indica que es preferible construir lagunas específicas para acuicultura a las cuales se lleve el efluente de las lagunas de estabilización o de campos de riego de acuerdo con los requerimientos nutricionales de los peces.

Las lagunas específicas de piscicultura permiten conciliar los requerimientos de las instalaciones de tratamiento con los de la actividad piscícola. Además facilitan agregar nutrientes complementarios a los peces cuando éstos son necesarios.

1.8.2 Biogás

Se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas, etc.) y otros factores, en ausencia de oxígeno (esto es, en un ambiente anaeróbico).

El producto resultante está constituida por metano (CH_4) en una proporción que oscila entre un 40% a un 70% y dióxido de carbono (CO_2), conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno (H_2), nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S). Este gas se ha venido llamando *gas de los pantanos*, puesto que en ellos se produce una biodegradación de residuos vegetales semejante a la descrita. Se considera que este gas es más venenoso y mortífero que el gas en su estado normal.

La producción de biogás por descomposición anaeróbica es un modo considerado útil para tratar residuos biodegradables ya que produce un combustible de valor además de generar un efluente que puede aplicarse como acondicionador de suelo o abono genérico. El biogás tiene como promedio un poder calorífico entre 4,500 a 5,600 kilocalorías por m^3. Este gas se puede utilizar para producir energía eléctrica mediante turbinas o plantas generadoras a gas, en hornos, estufas, secadores, calderas u otros sistemas de combustión.

Debe tenerse en cuenta que la incorporación de esta tecnología obliga a una estricta regulación en cuanto a tipo de productos que se vierten en los sistemas cloacales urbanos; por este motivo en algunos países donde los desechos industriales son vertidos sin tratar en las cloacas los reactores anaeróbicos han tenido graves problemas de funcionamiento.

La difusión de estos sistemas estará condicionada por la rentabilidad final. Sin embargo representa la utilización más racional del biogás ya que se obtiene una forma

de energía extremadamente dúctil como la electricidad, al mismo tiempo que una fuente de calor muy necesaria para la calefacción de digestores en zonas frías.

1.8.3 Biosólido

El agua servida, comercial e industrial es colectada y tratada antes de regresarla a los cursos de aguas. El material removido durante el tratamiento genera lodos y biosólidos según el nivel de tratamiento; los primeros hacen parte del conjunto descriptor de procesos; los biosólidos son un producto originado después de un proceso de estabilización de lodos orgánicos provenientes del tratamiento de las aguas residuales.

La estabilización se realiza para reducir su nivel de patogenicidad, su poder de fermentación y su capacidad de atracción de vectores. Gracias a este proceso, el biosólido tiene aptitud para utilización agrícola y forestal, y para la recuperación de suelos degradados. El tipo de tratamiento a aplicar dependerá de su composición y del potencial aprovechamiento o forma de disposición final.

La gestión de biosólidos debe contemplar la mayor cantidad de opciones de aprovechamiento. Las alternativas de aprovechamiento de biosólidos son las siguientes: agrícola y pecuario, silvicultura (plantaciones forestales, viveros), recuperación de suelos degradados, adecuación de zonas verdes (separadores viales, parques), elaboración de abonos, cobertura intermedia o final de rellenos sanitarios, regeneración de suelos contaminados y elaboración de materiales de construcción.

Las opciones de disposición son: codisposición (disposición conjunta con residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios), monodisposición (rellenos exclusivos para la disposición de biosólidos), incineración (más que una disposición en sí misma, es una opción de tratamiento y reducción de volumen).

Las regulaciones de biosólidos en el mundo tienen varias consideraciones: Por ejemplo, establecen límites y parámetros en las concentraciones de metales pesados, se controla la tasa de aplicación (concentración de metales pesados por hectárea) teniendo en cuenta el contenido de nutrientes del biosólido y los requerimientos de los cultivos agrícolas. Adicionalmente, regula otros metales pesados como arsénico, selenio y molibdeno. La mayoría de normatividades regulan los mismos indicadores de contaminación fecal (coliformes fecales y huevos de helminto) y establecen la necesidad de tratamiento de los lodos (digestión anaeróbica, aeróbica, secado térmico, estabilización química, etc.) para que al ser convertidos en biosólidos puedan ser aplicados al suelo.

El biofertilizante puede ser usado en relación 10-1 con el riego o en forma foliar agregando algún fijador como el jabón.

1.9 Beneficios potenciales para las comunidades

Mejora de la calidad ambiental por la eliminación de olores, mosquitos y fauna nociva mediante el constante cumplimiento de las normas de calidad de las aguas que se descargan.

Mejoramiento de la salud de la población. Ahorro de costos derivados de la reducción de los índices de morbilidad y mortalidad de la población; para determinar estos beneficios derivados del proyecto, es necesario conocer la situación sin proyecto, con objeto de detectar la existencia de enfermedades provocadas por el contacto directo o indirecto con las aguas contaminadas, así como el tipo y el número de éstas.

Conocida la situación epidemiológica de la población, se debe verificar si el tratamiento de las aguas residuales logrará reducir las concentraciones de contaminantes a un nivel que permita que las enfermedades detectadas disminuyan o desaparezcan. Los costos pueden ser determinados observando el número de consultas, los honorarios

médicos por consulta, el costo de los medicamentos, días de hospitalización y de incapacidad, entre otros.

Aumento de la disponibilidad de agua, cuyo uso puede ser riego agrícola o la substitución de agua potable. Mejoramiento de la calidad del agua para riego debido al tratamiento, lo que permite el incremento de la producción de cultivos más rentables.

Aparición o ampliación de la oferta de agua tratada: En este caso, el proyecto permitirá la realización de consumos que anteriormente eran imposibles en virtud de las restricciones de la oferta. Como consecuencia, se tendrá un beneficio por el bienestar asociado a un mayor consumo de agua tratada o al consumo asociado a la aparición del consumo de agua tratada. Substitución de la oferta de agua potable: En este caso el proyecto generaría un beneficio como consecuencia del diferencial de costos que existiera entre la producción de ambos tipos de agua

Incremento en el valor de los predios o viviendas aledaños a los cuerpos de agua que serán saneados. El mejoramiento de los atributos de los predios y la vivienda hace posible el aumento de su valor, el cual siempre y cuando se estime sobre bases realistas, puede ser considerado como un beneficio atribuible al saneamiento.

Ahorro por postergación de inversiones, si por efecto del proyecto se incrementa la disponibilidad de agua potable y es posible posponer inversiones ya programadas, se tendrá un beneficio igual al monto de las inversiones por el costo social de los recursos durante el tiempo que éstas se dejen de realizar.

Reactivación de la actividad pesquera en el río San José, como consecuencia del incremento del oxígeno disuelto en el río.

Facilita el proceso de extracción de arena para el sector productivo que aprovecha esta explotación. (Arena mas limpia, menos riesgos).

Como un subproducto de la digestión del lodo se produce biogás que es combustible por su alto contenido de metano. Por cogeneración se aprovecha el

combustible de que se dispone, para dos propósitos: 1) Generar energía eléctrica para el consumo en el funcionamiento de la misma planta haciéndola autosuficiente y 2) producir energía calórica para calentar el lodo que requiere 35 ºC de temperatura para el proceso de digestión, que a su vez genera biogás.

La generación empleos, a pesar de que sean unos pocos, tendría un impacto favorable en la economía de la población de bajos recursos, principalmente si son beneficiadas personas que habiten en el sector en donde se construya la planta de tratamiento.

ESTUDIO TÉCNICO

2.1 Localización

La planta de tratamiento se debe situar en terrenos donde las aguas lleguen por gravedad con el fin de evitar el bombeo de las mismas, siendo conveniente realizar previamente un estudio topográfico y geotécnico, evitando aquellos terrenos en los que la construcción sea difícil y requieran cimentaciones complejas.

2.1.1 Criterios de localización

Al momento de diseñar una red de alcantarillado o una planta de tratamiento de aguas residuales se debe considerar las características del sitio, tales como: topografía, suelos, geología, hidrología, clima y uso del terreno.

La topografía y la profundidad del lecho de rocas, influyen significativamente en el costo de la instalación del alcantarillado, siendo más deseables las elevaciones que permitan el flujo por gravedad y la profundidad adecuada para la colocación de tuberías. El espesor y las características del suelo, como: contenido de arcilla, contenido de arena, sustancias orgánicas y permeabilidad son importantes cuando se consideran ciertas opciones de tratamiento para las plantas de tratamiento, incluidos el tratamiento del terreno, tratamiento de estanques o lagunas o filtración con medios granulares.

Las condiciones desfavorables de los sitios hidrológicos incluyen las siguientes: zonas de recarga de acuíferos, áreas propensas a inundaciones, pantanos, alta napa freática estacional, proximidad a pozos de abastecimiento o reservorios de agua.

Se deben tomar en cuenta factores climáticos importantes como la precipitación y la evapotranspiración cuando los procesos de tratamiento dependen total o parcialmente de la evaporación de las aguas residuales tratadas.

El uso del terreno puede afectar el área disponible para una planta, lo que a su vez puede afectar la selección de opciones de procesos de tratamiento. Las opciones para el tratamiento intensivo del terreno, tales como las lagunas de estabilización, pueden no ser factibles si no hay terreno disponible o es demasiado costoso.

2.1.2 Macro localización

La diarrea y las enfermedades gastrointestinales asociadas a las condiciones del agua son algunas de las principales causas de morbilidad en los habitantes del departamento de Chiquimula, además a esto se le pueden agregar las enfermedades de la piel y los riesgos de intoxicación por el contacto y la ingesta de agua contaminada.

Los basureros clandestinos, aguas residuales domesticas sin tratamiento y el inadecuado sistema de disposición de excretas, han provocado que la mayoría de subcuencas sean contaminadas. Debido a esto y por un largo período de sequía que afectó al departamento de Chiquimula en el año 2001, las autoridades han puesto más atención al cuidado de los recursos hídricos. Específicamente la subcuenca del río San José, el cuerpo receptor de todas las aguas residuales de la cabecera departamental.

2.1.3 Micro localización

La colonia El Maestro está ubicada en la zona 4 de la ciudad de Chiquimula. Esta zona está formada en su mayoría por el barrio El Molino, sin embargo en los últimos años se han establecido otras colonias además de la colonia promotora de este proyecto, entre las que se pueden mencionar: El Caminero, Los Duarte, El Manguito, Brisas de San José y Las Flores; las cuales serian beneficiadas en futuro por la misma planta.

La colonia se localiza aproximadamente a 4 km del centro de la ciudad, su ingreso es por la avenida principal del barrio el Molino, luego se cruza a la izquierda y

después a la derecha entre varios callejones hasta llegar a la parte central de la colonia. La mayoría de este trayecto se realiza sobre calles adoquinadas y asfaltadas, sin embargo al acercarse a la colonia, el camino se convierte en terracería, el cual en invierno es muy lodoso y lleno de zanjones.

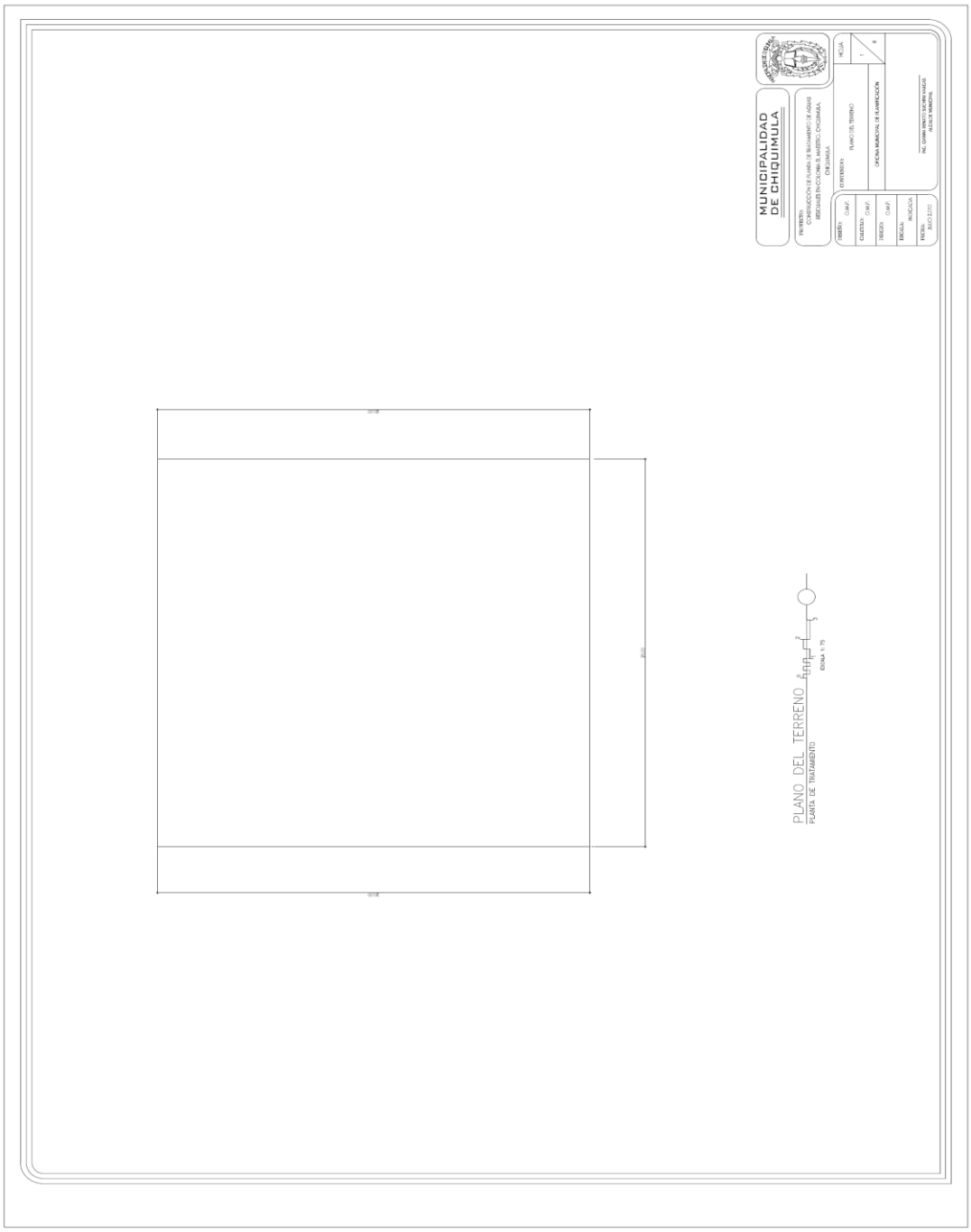
El terreno destinado para la construcción del proyecto se encuentra localizado aproximadamente a unos 500 m de distancia del final de la colonia, el cual esta formado actualmente por lotes baldíos. Es necesario mencionar que el terreno, donde se construirá la planta de tratamiento de aguas residuales estará a unos 100 m de la playa del río San José, para evitar daños a la edificación ante posibles desbordamientos del río en la época lluviosa.

Figura 2. Ubicación del terreno

Fuente. Municipalidad de Chiquimula

2.1.4 Plano del terreno

Figura 3. Plano del terreno



Fuente. Municipalidad de Chiquimula

2.2 Diseño

2.2.1 Planta de tratamiento

Se define como un sistema de manejo de aguas negras, jabonosas, de desecho o cualquier sustancia contaminante, donde usualmente se incorpora oxígeno y se precipitan sólidos disueltos.

Las municipalidades del país cuentan con poco presupuesto para ejecutar sus obras, especialmente proyectos a los cuales no se les da la importancia que se merecen, como es una planta de tratamiento de aguas residuales. Estos proyectos llegan a hacerse realidad únicamente cuando las comunidades cuentan con juntas de vecinos y/o Cocode bien organizados y propositivos. Por estas razones se hace la propuesta de una planta de tratamiento con los mecanismos mínimos, pero suficientes para ofrecer los resultados esperados.

La construcción de la planta de tratamiento, inicia con el reconocimiento del área, limpieza de la misma, nivelación del terreno, construcción de 3 pozos de absorción, tres cajas, un desarenador con rejillas, un tanque Imhoff y 2 patios de secado de lodos. Todos los dispositivos estarán conectados mediante tubería PVC con sus respectivos accesorios.

Al finalizar los trabajos debe retirarse todo el material sobrante y efectuar todas las reparaciones de daños ocasionados. El proyecto deberá cumplir con los parámetros de calidad y ejecutarse por personal calificado.

Además de exponer las especificaciones técnicas de los dispositivos que se construirán para el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales. También se presentan otros tipos de tratamiento que no se utilizan en este proyecto, algunos por su costo, otros por espacio y otros más por que obtienen los mismos resultados obtenidos por este método.

Movimiento de tierras

- **Excavación:**

Es el trabajo de cortar y remover cualquier clase de material, dentro o fuera de los límites de la obra, para incorporarlo en la construcción de rellenos, terraplenes y cualquier elemento que implique la edificación de la planta.

En la excavación del terreno se deberá tener un ancho adecuado, para que al estar instalando la tubería esta deje el espacio necesario para poder maniobrar y que la colocación de las juntas de la tubería quede instalada adecuadamente.

En caso de zanjo profundo o mediano, el contratista deberá proteger la zanja a efecto de evitar derrumbes y/o daños materiales y humanos.

Cuando se encuentren rocas, ya sea en estratos o sueltas, estas deberán ser removidas debajo de la línea de contacto con la tubería y repuesta con material adecuado, de manera que se provea un colchón de tierra suave o suelta, apisonándola adecuadamente para obtener la compactación debida.

Se deberá tomar las precauciones necesarias para desviar cualquier corriente de agua que se pueda encontrar durante se estén realizando los trabajos. Se dragará cualquier corriente del río con motivo de evitar el atraso de los trabajos y que por la misma existan derrumbes de la zanja.

- **Excavación de fosa para el tanque Imhoff:**

Se deberá usar maquinaria pesada para tal efecto, donde la dificultad dependerá de la profundidad del tanque Imhoff. Se considerará el nivel de las aguas subterráneas, porque ocasionará problemas al momento de la excavación si esta se encontrase cerca al nivel de terreno.

- **Relleno y compactación:**

Para la tubería PVC el relleno podrá hacerse de forma inmediata a la instalación de la tubería, sobreponiendo capas de material no mayor de 20 cm, humedeciéndolas y apisonándolas adecuadamente hasta llegar a 60 cm arriba de la corona del tubo, a partir de este punto hacia arriba se podrá apisonar la zanja en forma mecánica.

El relleno alrededor y debajo de los dispositivos debe ser apropiado, libre de fragmentos que puedan fracturar los distintos elementos. De preferencia utilizar dispositivos mecánicos para obtener una superficie firme y uniforme.

2.2.1.1 Tratamiento primario

El objetivo del tratamiento primario es la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga en el tratamiento biológico. Los sólidos removidos en el proceso tienen que ser procesados antes de su disposición final.

Sin embargo, previo al tratamiento primario es necesario utilizar las unidades de tratamiento preliminar (desarenadores y rejas) las cuales en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales se convierten en equipo de carácter obligatorio.

Los procesos del tratamiento primario para las aguas residuales pueden ser: tanques Imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación. Éste proyecto se llevará a cabo utilizando tanque Imhoff. Para los otros tipos de tanque solamente se mencionan las características y/o especificaciones necesarias para su construcción.

- **Desarenadores**

En plantas de tratamiento de aguas residuales municipales se considera de carácter obligatorio el uso de desarenadores, los cuales tienen la finalidad de evitar que se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y

evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0.2 mm.

Esta unidad se puede dividir en cuatro partes o zonas.

• Zona de entrada: tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, y a su vez estabilizar la velocidad.

• Zona de desarenación: parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.

• Zona de salida: conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada.

• Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada: constituida por una tolva con pendiente mínima de 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos.

El periodo de operación es de 24 horas por día. Debe existir una transición en la unión del canal o tubería de llegada al desarenador para asegurar la uniformidad de la velocidad en la zona de entrada. La transición debe tener un ángulo de divergencia suave no mayor de 12° 30´.

La velocidad de paso por el vertedero de salida debe ser pequeña para causar menor turbulencia y arrastre de material (V = 1 m/s). La llegada del flujo de agua a la zona de transición no debe proyectarse en curva pues produce velocidades altas en los lados de la cámara.

La descarga del flujo puede ser controlada a través de dispositivos como vertederos (sutro) o canales Parshall (garganta).

- **Rejas**

Las rejas deben utilizarse en toda planta de tratamiento, aún en las más simples. Se diseñarán cribas de limpieza manual, salvo que la cantidad de material cribado justifique las de limpieza mecanizada. Para el diseño de cribas de rejas se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

a) Se utilizarán barras de sección rectangular de 5 mm a 15 mm de espesor y de 50 mm de ancho.

b) El espaciamiento entre barras estará entre 20 mm y 50 mm. Para localidades con un sistema inadecuado de recolección de residuos sólidos se recomienda un espaciamiento no mayor a 25 mm.

c) Las dimensiones y espaciamiento entre barras se escogerán de modo que la velocidad del canal antes de y a través de las barras sea adecuada. La velocidad a través de las barras limpias debe mantenerse entre 0.60 a 0.75 m/s, siendo 0.45 m/s un valor comúnmente utilizado.

d) El ángulo de inclinación de las barras de las cribas de limpieza manual será entre 45 y 60 grados con respecto a la horizontal.

e) Para facilitar la instalación y el mantenimiento de las cribas de limpieza manual, las rejas serán instaladas en guías laterales con perfiles metálicos en "U", descansando en el fondo en un perfil "L" o sobre un tope formado por una pequeña grada de concreto.

2.2.1.1.1 Tanques Imhoff

Los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y a digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble

cámara. Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas. Previo al tanque Imhoff se deberá colocar un desarenador para remover las partículas y cualquier material de gran tamaño que pudiera alterar los procesos de estas unidades o dañar las estructuras.

Cabe resaltar que esta alternativa resulta apropiada en caso no se cuente con grandes áreas de terreno para poder construir un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, como es el caso de las lagunas de estabilización. Además el tanque Imhoff deberá instalarse alejado de la población, debido a que produce malos olores.

- **Entrada al tanque Imhoff**

Se colocará una pantalla con orificios para distribuir el caudal uniformemente a la entrada de cada sedimentador. Esta pantalla puede ser construida de concreto o prefabricada. Se deberá construir un canal repartidor de caudal antes de los sedimentadores en caso se tenga más de uno.

- **Cámara de sedimentación**

Es conveniente que el material con que se construyan las paredes y el fondo de la cámara de sedimentación, sean lo más lisos posibles, para evitar la retención del lodo en la cámara de sedimentación. Por lo que se recomienda utilizar concreto reforzado. El fondo de la cámara será de sección trasversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá entre 50° a 60°. La abertura situada en el fondo del sedimentador, deberá tener de 15 cm a 20 cm entre sus bordes. Uno de los lados deberá prolongarse para evitar el paso de los gases al sedimentador; esta prolongación deberá tener una proyección horizontal de entre 0.15 m a 0.20 m. La profundidad del tanque deberá ser de 2 m.

La longitud del compartimiento no debe exceder de 30 m. La velocidad del escurrimiento no deberá pasar de 0.0051 m/s (1 pie/min). El ancho de la cámara estará determinado por consideraciones de economía y conveniencia para evitar la formación de corrientes transversales; la profundidad del tanque será moderada, teniendo en cuenta las dificultades de excavación. Las aguas tratadas deberán salir de la cámara de sedimentación sobre un vertedero largo, para reducir al mínimo las fluctuaciones en el nivel de las aguas en el tanque. El borde libre o distancia vertical entre parte superior de la pared del tanque y la superficie del agua, deberá ser como mínimo 0.30 m.

Se debe colocar frente a la entrada y a la salida deflectores colgantes y sumergidos de 30 cm a 50 cm, proyectándose unos 30 cm sobre la superficie de las aguas en el tanque y en los tanques grandes; asimismo, deflectores intermedios para evitar el movimiento de las espumas o su paso al líquido saliente.

Los dispositivos de entrada y de salida deberán establecerse de tal modo que pueda invertirse la dirección del escurrimiento en el tanque, a fin de que el lodo acumulado se pueda distribuir más uniformemente en las tolvas de la cámara de digestión.

- **Cámara de digestión**

El material de construcción será concreto reforzado, pues con un buen método de construcción puede obtenerse una superficie lisa. La altura máxima de los lodos deberá estar 0.50 m por debajo del fondo del sedimentador.

El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertido (tolva de lodos), para facilitar el retorno de los lodos digeridos. Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 25° con respecto a la horizontal. Si se establece más de una tolva, deberán ponerse conexiones por debajo de la superficie que alcance el lodo, para que éste se pueda distribuir uniformemente entre las tolvas y ninguna de ellas resulte sobrecargada. Para quitar los lodos e impedir la acumulación de

gases, se colocará un tubo de hierro fundido de 200 mm de diámetro o tubería PVC de 6”, en posición aproximadamente vertical, con su extremo inferior abierto a unos 15 cm por encima del fondo del tanque.

En el tramo horizontal del tubo se monta una válvula. Cuando ésta se encuentra abierta el lodo fluirá libremente. La pendiente hidráulica para asegurar el escurrimiento del lodo de un tanque Imhoff, no deberá ser menor de 12% a 16%.

Para prevenir el desplazamiento del tanque por una elevación de las aguas subterráneas cuando éste se encuentra vacío, se deberá: construir el tanque de concreto macizo con un techo pesado de concreto; establecer un drenaje inferior en la cimentación o instalando válvulas que se puedan abrir hacia el interior cuando el nivel de las aguas subterráneas sea más alto que el de las aguas servidas del tanque.

Se puede colocar un techo al tanque Imhoff, para facilitar el combate a los malos olores, para proteger las aguas servidas contra las lluvias y para estimular la actividad bacteriana. Pero debe establecerse la ventilación y un fácil acceso al tanque para una inspección limpia y su respectivo mantenimiento.

- **Área de ventilación**

El volumen de esta zona deberá ser aproximadamente igual a la mitad del volumen de la cámara de digestión. El área de la superficie de la cámara de espumas expuesta a la atmósfera, deberá ser del 25% al 30% de la proyección horizontal de la parte superior de la cámara de digestión.

El espaciamiento libre será como mínimo de 1 m (desde la parte exterior de la cámara de sedimentación hasta la parte interior de la cámara de digestión), en este caso es de 0.85 m de cada lado de la cámara de sedimentación. El borde libre tendrá como mínimo 30 cm.

Las partes de la superficie del tanque deberán ser accesibles, para que puedan destruirse o extraerse las espumas y los objetos flotantes. El área de ventilación deberá establecerse con suficiente tamaño para que se pueda penetrar por ellas en la cámara de lodo, cuando el tanque este vacío.

- **Extracción de lodos**

El tubo de extracción del lodo no deberá tener menos de 200 mm de diámetro de hierro fundido o de tubo PVC de 6", a menos que el lodo se vaya a extraer por bombeo, en ese caso puede ser de 150 mm. La tubería de remoción de lodos deberá estar 15 cm por encima del fondo del tanque. Para la remoción hidráulica del lodo se requiere por lo menos una carga hidráulica de 1.80 m, sobre la tubería de extracción. Al instalarse tuberías y canales para el lodo deberán establecerse los menores cambios de dirección que sean posibles, en cada uno de estos cambios se instalará un dispositivo de limpieza; y se tomarán medidas para poder inyectar el agua a presión en el tubo que conduzca el lodo.

- **Salida del tanque Imhoff**

La tubería de salida deberá estar a un nivel inferior que el de la tubería de ingreso, también tendrá un diámetro de 6", además contará con una válvula de compuerta de hierro fundido de 6". La unión entre la pared y la tubería de salida será con mortero.

2.2.1.1.2 Tanques de sedimentación

La sedimentación puede usarse como parte de un tratamiento primario o como una etapa del tratamiento secundario. El objetivo de la sedimentación primaria es reducir

la concentración de sólidos suspendidos y la carga orgánica de un agua residual para facilitar los tratamientos posteriores.

Los tanques de sedimentación pequeños, de diámetro o lado deben ser proyectados sin equipos mecánicos. La forma puede ser rectangular, circular o cuadrado; los rectangulares podrán tener varias tolvas y los circulares o cuadrados una tolva central. La inclinación de las paredes de las tolvas de lodos será de por lo menos 60º con respecto a la horizontal. Los parámetros de diseño son similares a los de sedimentadores con equipos mecánicos.

2.2.1.1.3 Tanques de flotación

El proceso de flotación se utiliza en aguas residuales para remover partículas finas en suspensión y de baja densidad, usando el aire como agente de flotación. Una vez que los sólidos han sido elevados a la superficie del líquido, son removidos en una operación de desnatado.

El proceso requiere un mayor grado de mecanización que los tanques convencionales de sedimentación; por lo que su uso deberá ser justificado ante el organismo competente. La flotación propiamente dicho ocurre en un tanque que recibe la suspensión proveniente de la zona de contacto y tiene por objetivo separar las partículas flotantes y el efluente tratado.

Los sistemas de descarga del agua tratada, normalmente por el fondo, emplean mecanismos especiales, como canaletas provistas de ranuras que las atraviesan longitudinalmente por su parte inferior, o dispositivos que minimizan la formación de corrientes de agua.

El parámetro más importante que debe ser considerado en el diseño de esta etapa, es el "flujo superficial" que es una medida del tiempo de residencia medio del fluido dentro del estanque. En relación con el producto flotado, su extracción es realizada con

un colector mecánico que atraviesa lentamente la superficie de la unidad de flotación o situado en el extremo final del estanque separador.

2.2.1.2 Tratamiento secundario

Se consideran como tratamiento secundario los procesos biológicos con una eficiencia de remoción de DBO soluble mayor a 80%, pudiendo ser de biomasa en suspensión o biomasa adherida, se incluye los siguientes sistemas: lagunas de estabilización, lodos activados, filtros biológicos y módulos rotatorios de contacto. La selección del tipo de tratamiento secundario, deberá ser debidamente justificada, se preferirán aquellos que sean de fácil operación y mantenimiento y que reduzcan al mínimo la utilización de equipos mecánicos complicados o que no puedan ser reparados localmente.

2.2.1.2.1 Lagunas de estabilización

Son estanques diseñados para el tratamiento de aguas residuales mediante procesos biológicos naturales de interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.) y la materia orgánica contenida en el agua residual. El tratamiento por lagunas de estabilización se aplica cuando la biomasa de las algas y los nutrientes que se descargan con el efluente pueden ser asimilados por el cuerpo receptor. El uso de este tipo de tratamiento se recomienda especialmente cuando se requiere un alto grado de remoción de organismos patógenos. Las lagunas de estabilización se construyen de poca profundidad (2 m – 4 m) y con períodos de retención relativamente grandes.

El período de vida útil de la planta de tratamiento debe estar comprendido entre 20 y 30 años. En el diseño del proyecto se deben seguir las siguientes consideraciones:

• Se debe diseñar un número mínimo de dos unidades en paralelo para permitir la operación en una de las unidades mientras se remueve el lodo de la otra. En ningún caso se deberá permitir que el volumen de lodos acumulado supere 50% del tirante de la laguna.

• La conformación de unidades, geometría, forma y número de celdas debe escogerse en función de la topografía del sitio, y en particular de un óptimo movimiento de tierras.

• La forma de las lagunas depende del tipo de cada una de las unidades. Para las lagunas anaerobias y aireadas se recomiendan formas cuadradas o ligeramente rectangulares. Para las lagunas facultativas se recomienda formas alargadas; se sugiere que la relación largo-ancho mínima sea de 2.

• El tipo de entrada debe ser lo más simple posible y no muy alejada del borde de los taludes, debiendo proyectarse con descarga sobre la superficie.

• En la salida se debe instalar un dispositivo de medición de caudal, con la finalidad de poder evaluar el funcionamiento de la unidad.

• Antes de la salida de las lagunas primarias se recomienda la instalación de una pantalla para la retención de natas.

• La interconexión entre las lagunas puede efectuarse usando simples tuberías después del vertedero o canales.

• Las esquinas de los diques deben redondearse para minimizar la acumulación de natas.

• El ancho de la acera sobre los diques debe ser por lo menos de 2.5 m.

• Para el vaciado de las lagunas se recomienda la instalación temporal de sifones u otro sistema alternativo de bajo costo.

• El borde libre aconsejable para las lagunas de estabilización es de 0.5 m.

• Se deben calcular las presiones en los lados exteriores de los taludes para comprobar si la pendiente exterior de los diques es adecuada.

• Los taludes interiores de los diques deben tener una inclinación entre 1:1.5 y 1:2. Los taludes exteriores son menos inclinados, entre 1:2 y 1:3 (vertical: horizontal).

• La diferencia de cotas del fondo de las lagunas y el nivel freático deberá determinarse considerando las restricciones constructivas y de contaminación de las aguas subterráneas.

• El sistema de lagunas debe protegerse contra daños por efecto de la escorrentía, diseñándose cunetas de intercepción de aguas de lluvia en caso de que la topografía del terreno así lo requiera.

• La impermeabilidad del estanque se puede lograr con arcilla apisonada, hormigón o con geomembranas.

Las lagunas tienen las ventajas de que no necesitan personal calificado para su operación y mantenimiento, su efluente es apto para riego y que los costos de construcción son relativamente bajos. Mientras que algunas desventajas son la pérdida de agua por evaporación, alto contenido de algas en el efluente y la necesidad de grandes superficies de terreno plano; esta última ha sido determinante para la concepción de este proyecto.

2.2.1.2.1.1 Lagunas anaeróbicas

Consisten en digestores que no requieren oxigeno ya que las bacterias anaerobias descomponen los residuos orgánicos, prácticamente funcionan como tanques sépticos abiertos. Son utilizadas generalmente como primera fase en el tratamiento de aguas residuales domésticas o industriales con alto contenido en materia orgánica biodegradable. Suelen utilizarse en serie con otras lagunas anaerobias o con lagunas

facultativas. Una de sus ventajas es que reducen las concentraciones de compuestos tóxicos o inhibitorios presentes en las aguas residuales.

La laguna debe tener una temperatura relativamente alta y no es recomendable su uso para temperaturas menores de 15 °C (óptimo 30 ºC). Deben de ser de poca superficie y profundas (3 m – 4 m).

El color gris del agua, las burbujas, la costra sobre la superficie y la ausencia de malos olores son señales de un buen funcionamiento, además si las aguas toman una coloración rosa o rojiza es por la proliferación de bacterias fotosintéticas del azufre. La presencia de sulfuros en el medio disminuye la posibilidad de crecimiento de algas.

La estabilización de la laguna se realiza en dos etapas: primero un grupo de bacterias descomponen las moléculas orgánicas a dióxido de carbono, sulfuros, amoníaco, materia celular y ácidos orgánicos; en condiciones ambientales favorables con respecto a la alcalinidad, pH y concentración de ácidos. Luego otro grupo de bacterias utilizan los ácidos orgánicos para producir metano, dióxido de carbono y materia celular.

2.2.1.2.1.2 Lagunas aireadas

En las lagunas aireadas la oxigenación es aportada mecánicamente por un aireador de superficie. Este principio se diferencia por la ausencia de la extracción continua o reciclado de lodos. El uso de las lagunas aireadas en serie no es recomendable.

En la etapa de aireación, las aguas a tratar están en presencia de microorganismos que van a consumir y asimilar los nutrientes constituidos por la contaminación a eliminar. Estos microorganismos son principalmente bacterias y hongos (similares a los que están presentes en las estaciones de lodos activados).

En la etapa de decantación, las materias en suspensión, que son los microorganismos y partículas aprisionadas, decantan en forma de lodos. Estos lodos son bombeados regularmente o retirados de la balsa cuando constituyen un volumen demasiado importante. Este piso de decantación está constituido de una simple laguna de decantación.

La población bacteriana sin recirculación conduce a: una pequeña densidad de bacterias y a un elevado tiempo de tratamiento; o a una floculación poco importante de las bacterias lo que provoca implementar una laguna de decantación de dimensiones grandes.

En este tipo de lagunas la profundidad varía entre 3 m y 5 m y el período de retención entre 2 y 7 días. Se seleccionará el tipo de aireador más conveniente, prefiriéndose los aireadores mecánicos superficiales, de acuerdo con sus características, velocidad de rotación, rendimiento y costo. La capacidad de energía requerida e instalada se determinará seleccionando un número par de aireadores de igual tamaño y eficiencias especificadas.

2.2.1.2.1.3 Lagunas facultativas

En ellas existe una zona aerobia superior mantenida por algas y una zona anaerobia inferior. Su principal característica es la simbiosis entre algas y bacterias en el estrato superior y la descomposición anaerobia de los sólidos sedimentables en el fondo. Estas bacterias son las responsables de la degradación de la materia orgánica.

El gas carbónico formado por las bacterias, así como las sales minerales contenidas en las aguas residuales permite a las algas multiplicarse. Por lo tanto hay una proliferación de dos poblaciones independientes: las bacterias y las algas. Este ciclo se auto mantiene siempre y cuando el sistema reciba energía solar y materia orgánica.

El tratamiento de aguas en una laguna facultativa, se lleva a cabo en tres diferentes capas:

- Zona fótica: sistema de aeración donde ocurre la fotosíntesis y la transferencia de oxígeno atmosférico al agua por efecto del viento. La profundidad es determinada por concentración de algas, sólidos suspendidos, carga orgánica y transparencia de agua residual.
- Zona heterótrofa: es donde se lleva a cabo la degradación de la materia orgánica disuelta y coloidal. Existe una relación simbiótica entre la zona fótica y la heterótrofa, pues el producto final de cada zona es usado por la otra; la zona fótica genera oxigeno, usado por bacterias para degradar materia orgánica, como resultado de la degradación se forma bióxido de carbono que requieren las algas para generar oxígeno.
- Zona anaerobia: se encuentra en el fondo de la laguna, está definida por materia orgánica sedimentada la cual se transforma por acción de las bacterias en ácidos grasos y posteriormente en metano, bióxido de carbono y acido sulfhídrico.

Su ubicación como unidad de tratamiento en un sistema de lagunas puede ser:

- Como laguna única (caso de climas fríos en los cuales la carga de diseño es tan baja que permite una adecuada remoción de bacterias) o seguida de una laguna secundaria o terciaria (normalmente referida como laguna de maduración)

- Como una unidad secundaria después de lagunas anaerobias o aireadas para procesar sus efluentes a un grado mayor.

Para evitar el crecimiento de plantas acuáticas con raíces en el fondo, la profundidad de las lagunas debe ser mayor de 1.5 m. Para el diseño de una laguna facultativa primaria, el proyectista deberá proveer una altura adicional para la acumulación de lodos entre períodos de limpieza de 5 a 10 años.

Para lagunas facultativas primarias se debe determinar el volumen de lodo acumulado teniendo en cuenta un 80% de remoción de sólidos en suspensión en el efluente, con una reducción de 50% de sólidos volátiles por digestión anaerobia, una densidad del lodo de 1.05 kg/l y un contenido de sólidos de 15% a 20% del peso.

2.2.1.2.2 Lodos activados

Es un tratamiento biológico en el cual se agita y airea una mezcla de agua de desecho y un lodo de microorganismos, y de la cual los sólidos se remueven y recirculan. El paso de burbujas de aire a través de las aguas de desecho coagula los coloides y la grasa, satisface parte de la demanda bioquímica de oxígeno y reduce un poco el nitrógeno amoniacal.

En una planta convencional de lodo activado, las aguas de desecho que entran pasan primero por un tanque de sedimentación primaria. Se añade lodo activado al efluente del tanque, generalmente en la relación de 1 parte de lodo por 3 o 4 partes de aguas negras decantadas y la mezcla pasa a un tanque de aireación. En el tanque, el aire atmosférico se mezcla con el líquido por agitación mecánica o se difunde aire comprimido dentro del fluido mediante diversos dispositivos; placas filtrantes, tubos de filtro, eyectores y chorros. Con cualquiera de los métodos se pone a las aguas negras en contacto con los microorganismos contenidos en el lodo. En los primeros 15 a 45 minutos el lodo absorbe los sólidos en suspensión y los coloides.

Según se absorbe la materia orgánica tiene lugar la oxidación biológica. Los organismos presentes en el lodo descomponen los compuestos de nitrógeno orgánico y destruyen los carbohidratos. El proceso avanza rápidamente al principio y luego decae gradualmente en las próximas 2 a 5 horas. En general el periodo de aireación dura de 6 a 8 horas más.

El efluente del tanque de aireación pasa a un tanque de sedimentación secundaria, donde se retiene el fluido aproximadamente entre 1 1/2 a 2 horas para decantar el lodo. El efluente de este tanque está completamente tratado y después de la floración puede descargarse sin peligro.

Cerca de un 25% a 35% del lodo del tanque de sedimentación final se regresa para la recirculación con las aguas negras de entrada. Es necesaria la remoción parcial (a intervalos de menos de 1 hora) o la remoción continúa para mantener la aireación.

La reducción de la DBO y sólidos en suspensión en el proceso convencional del lodo activado que incluye pre-decantación y sedimentación final, puede variar desde 80% a 95% y la reducción de las bacterias coliformes de 90% a 95%.

El costo de construcción de una planta de lodo activado puede ser competitivo con otros tipos de plantas de tratamiento que producen resultados comparables. Sin embargo, los costos unitarios de operación son relativamente altos.

2.2.1.2.2.1 Sedimentador secundario

La sedimentación secundaria constituye un proceso importante para la clarificación del efluente de las unidades de tratamiento biológico y para el espesamiento de los lodos orgánicos que se obtienen. La sedimentación es efectiva para la remoción de sólidos suspendidos en la medida en que la fuerza de gravedad que actúa sobre la partícula que se desea remover es mayor que la resultante de las fuerzas de sustentación y la viscosa que actúan sobre ella.

2.2.1.2.2.2 Zanjas de oxidación

La zanja de oxidación es una variación del proceso de aireación prolongada con tiempos similares de retención hidráulica y de sólidos. Los anillos de la zanja de

oxidación son ovalados y reciben ventilación por los aireadores rotatorios de escobilla, jaula o disco colocados horizontalmente. Estos son adecuados para flujos de aguas residuales superiores a 0.4 lts/s (10,000 gal/día). Los canales triples son un tipo de zanja de oxidación con tres canales construidos en serie. La sedimentación del lodo activado y descarga de aguas residuales tratadas se alternan entre los dos canales externos. La ventaja de este sistema es que elimina la necesidad de tanques separados de sedimentación, lo que hace que su construcción sea relativamente menos costosa.

2.2.1.2.2.3 Filtros percoladores

Consisten en lechos formados por un medio sumamente permeable al que se adhieren los microorganismos, a través del cual se filtran los desechos líquidos. El medio filtrante consiste generalmente de piedras cuyo tamaño oscila entre 2.5 - 10 cm de diámetro. La profundidad de las piedra varían entre 0.9 - 2.4 m. También se utilizan filtros percoladores con medios filtrantes plásticos, los cuales brindan mayor superficie de contacto para el crecimiento biológico y tienen menor peso específico, lo cual permite la construcción de filtros con profundidades de 9 – 12 m. Cada filtro posee un sistema de desagüe inferior para recoger el líquido tratado y los sólidos biológicos que se vayan separando del medio.

2.2.1.2.2.4 Sistemas biológicos rotativos de contacto

Están formados por una serie de discos de poliestireno situados sobre un eje, a corta distancia unos de otros. Los discos están parcialmente sumergidos en los desechos líquidos y giran lentamente.

En este sistema el crecimiento biológico se adhiere a las superficies de los discos, hasta formar una película biológica sobre la superficie mojada de estos. La rotación de los discos pone la biomasa en contacto con la materia orgánica presente en el agua

residual y con la atmósfera para la adsorción de oxígeno, lo cual permite mantener las condiciones aerobias.

2.2.1.3 Otros tipos de tratamiento

2.2.1.3.1 Filtros intermitentes de arena

Son unidades utilizadas para la remoción de sólidos, DBO y algunos tipos de microorganismos. En caso de utilizarse este proceso, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

a) Pre tratamiento: Primario como mínimo y recomendable secundario.

b) Lecho filtrante: Material granular lavado con menos 1% por peso de materia orgánica. La arena tendrá un tamaño efectivo de 0.35-1.0 mm y un coeficiente de uniformidad menor que 4 (preferiblemente 3.5). La profundidad del lecho podrá variar entre 0.60 y 0.90 m.

c) El sistema de drenaje consiste en tubos con juntas abiertas o con perforaciones y un tubo de ventilación al extremo aguas arriba. La pendiente de los tubos será de 0.5 y 1% respectivamente. Bajo las tuberías se colocará un lecho de soporte constituido por grava o piedra triturada de 0.6 - 3.8 cm de diámetro.

d) La distribución del afluente se efectuará por medio de canaletas o por aspersión. Se deben colocar placas protectoras de hormigón para impedir la erosión del medio filtrante.

e) El afluente debe dosificarse con una frecuencia mínima de 2 veces al día, inundando el filtro hasta 5 cm de profundidad.

f) El número mínimo de unidades es dos. Una de las unidades debe ser capaz de tratar todo el caudal, mientras la otra unidad está en mantenimiento o alternativamente se debe proveer almacenamiento.

2.2.1.3.2 Tratamientos anaeróbicos de flujo ascendente

Consiste en un reactor en el cual el efluente es introducido a través de un sistema de distribución localizado en el fondo y que fluye hacia arriba atravesando un medio de contacto anaerobio. En la parte superior existe una zona de separación de fase líquida y gaseosa, luego el efluente clarificado sale por la parte superior. Los tiempos de permanencia de estos procesos son relativamente cortos. Existen básicamente diversos tipos de reactores, los más usuales son:

a) El de lecho fluidizado, en el cual el medio de contacto es un material granular (normalmente arena). El efluente se aplica en el fondo a una tasa controlada (generalmente se requiere de recirculación) para producir la fluidización del medio de contacto y la biomasa se desarrolla alrededor de los granos del medio.

b) El reactor de flujo ascendente con manto de lodos (conocido como RAFA o UASB por las siglas en inglés) en el cual el desecho fluye en forma ascendente a través de una zona de manto de lodos.

2.2.1.4 Desinfección

Se utiliza sobre todo si se pretende realizar posteriormente una reutilización del agua. Su objetivo consiste en destruir los gérmenes patógenos mediante la utilización de procesos normalmente químicos.

Para la desinfección pueden utilizarse los siguientes agentes:

- **Químicos:**
    1. Los hipocloritos sódico y cálcico se suelen emplear en las plantas pequeñas, especialmente en las prefabricadas, en las que la simplicidad y seguridad son criterios de mayor peso que el costo.
    2. El dióxido de cloro también se emplea en las instalaciones de tratamiento, debido a que tiene algunas propiedades poco frecuentes (no reacciona con el amoníaco). La utilización del dióxido de cloro puede dar lugar a la formación de algunos productos finales potencialmente tóxicos como el clorito y el clorato.
    3. El bromo es comparable al cloro y al yodo en la destrucción de microorganismos, su costo es más alto que el de dichos compuestos y su manejo (en especial el del bromo líquido) crea problemas. Es por eso que se ha limitado su uso a la desinfección de piscinas pues produce menor irritación de los ojos que el cloro.
    4. Los iones de plata son un desinfectante utilizado especialmente en plantas de purificación para usos industriales. Algunas veces se le utiliza en filtros domésticos de porcelana porosa con relativo éxito.
    5. Últimamente se ha considerado el yodo como posible alternativa para el cloro, dado que resulta igualmente eficiente para destruir coliformes, más efectivo para matar amibas y un poco menos para inactivar virus. La mayor dificultad de su uso está en el precio, pues es varias veces más costoso que el cloro y que se desconoce los efectos fisiológicos que puede producir su ingestión continuada, especialmente en el funcionamiento de la tiroides.
    6. El ozono, tanto por su costo como por su eficacia, es el más serio competidor del cloro. El equipo necesario para producirlo es bastante costoso y de difícil mantenimiento. Se ha usado preferentemente en plantas de tratamiento de aguas potables y en desinfección de líquidos

cloacales, por cuanto no deja efecto residual y por consiguiente no interfiere con el ecosistema de los ríos y embalses donde dichos líquidos cloacales son descargados. El ozono se produce haciendo pasar aire seco entre los electrodos de un generador. Entre dichos electrodos hay un material aislante que transporta la electricidad por inducción tal como vidrio. El ozono se desintegra rápidamente en el agua de forma que los residuales solo permanecen por corto tiempo.

- **Físicos:** los desinfectantes físicos más usados son la luz y el calor.

    1. El agua a temperatura de ebullición destruye las principales bacterias causantes de enfermedades y no formadoras de esporas.
    2. El calor se suele emplear con frecuencia en las industrias lácticas y de bebidas pero su aplicación al agua residual no es factible debido al alto costo que supondría.
    3. La luz solar también es un buen desinfectante especialmente la radiación ultravioleta. En la esterilización de pequeñas cantidades de agua, el empleo de lámparas especiales ha resultado exitoso. La penetración de los rayos, así como la eficiencia de la desinfección depende de la turbiedad del líquido. Se usa principalmente en piscinas. No es aconsejable para acueductos.

- **Mecánicos:** se pueden mencionar las rejas, desarenadores, sedimentación simple, precipitación química, filtros percoladores, lodos activados, cloración de agua residual tratada.

- **Radiación:** los principales tipos de radiación son electromagnética, acústica y de partículas.

2.2.1.5 Tratamiento terciario de aguas residuales

Se considera como un tratamiento para sustraer los contaminantes que no pueden ser eliminados en las fases de tratamiento anteriores, depende mucho del uso posterior que se le va a hacer del agua ya depurada. Sin embargo, este tratamiento se ha vuelto obligatorio en el caso de aguas industriales, muchas veces es el único que se realiza, pues busca eliminar contaminantes muy específicos.

Debido a los costos que los tratamientos terciarios generan, en este trabajo de graduación solamente se mencionan, pero no se hace un estudio detallado de los mismos.

2.2.1.5.1 Ósmosis inversa

Consiste en hacer pasar el agua a través de membranas semipermeables, para ello se debe aplicar una presión hidrostática que venza la presión osmótica del agua a tratar. La ósmosis inversa consigue eliminar el plomo, cobre, bario, cromo, mercurio, sodio, cadmio, flúor, nitritos, nitratos, selenio. Este filtro ultravioleta sirve para eliminar bacterias, virus, esporas, algas, parásitos, etc.

2.2.1.5.2 Electro diálisis

Consiste en aplicar a efluentes con una alta carga de iones, una diferencia de potencial de forma que los cationes se vayan hacia el cátodo y los aniones al ánodo, entre ambos se introducen membranas de diálisis selectivas, unas permeables a cationes y otras a aniones, consiguiendo por lo tanto una parte de agua con alta concentración de iones y agua dulce por otra.

2.2.1.5.3 Destilación

La destilación es un proceso de separación que consiste en eliminar uno o más de los componentes de una mezcla volátil por medio de la transferencia simultánea de calor y masa. Para llevar a cabo la operación se aprovecha la diferencia de volatilidad de los constituyentes de la mezcla, separando o fraccionando éstos en función de su temperatura de ebullición. Se usa para concentrar mezclas alcohólicas y separar aceites esenciales así como componentes de mezclas líquidas que se deseen purificar.

Los equipos empleados son torres o cilindros metálicos por los que pasan los vapores y los líquidos generados. Dentro de estas columnas se encuentran platos con perforaciones o empaques de cerámica para un mayor contacto líquido-vapor. Los residuos en esta operación se localizan como sedimentos o lodos y en algunos casos breas en el fondo de las torres o tanques de destilación, como cabezas líquidas o gaseosas en lo alto de las torres y como colas líquidas en la parte baja de ésta.

2.2.1.5.4 Coagulación

Mediante este tratamiento se persigue mejorar la eliminación de los sólidos en suspensión. Consiste en desestabilizar las partículas coloidales mediante la adición de reactivos químicos que reciben el nombre de coagulantes.

2.2.1.5.5 Adsorción

Consiste en la propiedad que presentan ciertos materiales de fijar en su superficie determinados compuestos del agua residual. Este procedimiento se utiliza con compuestos como fenoles, hidrocarburos aromáticos, derivados dorados, etc. y en episodios en los que se generan problemas de olores.

Es un proceso en el cual el agua es bombeada dentro de una columna que contiene el carbón activo, esta agua deja la columna a través de un sistema de drenaje. La actividad del carbón activo depende de la temperatura y de la naturaleza de las sustancias. El agua pasa a través de la columna constantemente produciendo una acumulación de sustancias en el filtro, por esa razón el filtro necesita ser sustituido periódicamente.

El carbón activo se usa en los siguientes procesos: depuración de agua subterránea, eliminación del cloro del agua, depuración de aguas para piscinas y refinamiento de las aguas residuales tratadas

2.2.1.5.6 Remoción por espuma

Se fundamenta en reactores (tanques) con mezcla completa suministrada por difusores de aire que introducen burbujas al sistema desde el fondo del tanque. En el tanque se introducen piezas de plástico especialmente diseñadas que sirven como base al crecimiento de los microorganismos.

Las piezas de plástico pueden tener diferentes formas y tamaños y pueden estar hechas de diversos materiales plásticos, siendo el polietileno de alta densidad el plástico más utilizado. Generalmente se utiliza hule espuma con densidad de 30 kg/m^3, cortado en cubos de 1 cm^3.

2.2.1.5.7 Filtración

Se trata de una técnica basada en la separación de las moléculas en función de su tamaño, para ello se utiliza una membrana porosa de tamaño definido, quedando retenidas las moléculas que lo superen. Este procedimiento se utiliza en el tratamiento de

aguas de lavado de pinturas, aceites usados, recuperación de sueros de efluentes de queserías, etc.

2.2.1.5.8 Extracción por solvente

Es una técnica de tratamiento que consiste en usar un solvente para separar o retirar contaminantes orgánicos peligrosos de fangos residuales, sedimentos o tierra. No destruye los contaminantes, sino que los concentra para que sea más fácil reciclarlos o destruirlos con otra técnica. La eficacia de la técnica de extracción por solventes es en función del coste que supone el proceso de separación de los contaminantes.

Tras la extracción por solventes, algunos contaminantes pueden reciclarse o reutilizarse en la industria manufacturera, reduciendo al mínimo la necesidad de eliminarlos, pero esta técnica no reduce la toxicidad de los contaminantes.

Este proceso ha resultado eficaz para retirar contaminantes orgánicos de desechos de pintura, desechos del proceso de fabricación de goma sintética, desechos de alquitrán de hulla, barro extraído en perforaciones, desechos del tratamiento de la madera, plaguicidas e insecticidas y desechos oleosos.

Sin embargo, no da buenos resultados para extraer contaminantes inorgánicos, es decir, ácidos, bases, sales y metales pesados, ya que estos materiales no se disuelven fácilmente en la mayoría de los solventes. Algunos de los solventes más utilizados en el proceso son: dióxido de carbono líquido, butano, acetona, hexano, propano, trietilamina, metanol y éter dimetílico.

2.2.1.5.9 Intercambio iónico

Consiste en la sustitución de uno o varios iones presentes en el agua por otros que forman parte de una fase sólida, siendo esta reacción de intercambio reversible. Esta

técnica es muy cara, por lo que sólo se utiliza para elementos tóxicos o por su alto valor para recuperarlos, como por ejemplo: eliminación de isótopos radioactivos, mercurio, cromatos, cianuros, recuperación de oro, platino y otros metales preciosos.

2.2.1.5.10 Oxidación química

Estas reacciones se utilizan para modificar el estado de ciertos metales o compuestos (nitrogenados, sulfurados, cianurados, etc.) con objeto de hacerlos insolubles o no tóxicos.

2.2.1.5.11 Precipitación

Consiste en la formación de compuestos insolubles de los elementos que queremos eliminar, mediante la adición de reactivos apropiados. Se emplea principalmente en la eliminación de metales pesados, muy presentes en la industria de tratamiento de superficies. Estos metales tienen la propiedad común que a un pH determinado (8.5 - 9.5), forman los hidróxidos correspondientes con una baja solubilidad. También sirve para algunos aniones como fluoruros y fosfatos que mediante la adición de reactivos como cal forma sales cálcicas insolubles.

2.2.1.5.12 Nitrificación – Desnitrificación

La desnitrificación biológica implica la reducción microbiológica del nitrato a nitrito y finalmente del nitrito a nitrógeno gaseoso. La desnitrificación presenta ciertas ventajas: recupera una parte de la alcalinidad que fue consumida durante el proceso de nitrificación, disminuye considerablemente los riesgos potenciales comúnmente asociados a la desnitrificación incontrolada que puede desarrollarse en la sedimentación secundaria y recupera una parte del oxígeno consumido por la nitrificación.

2.2.1.6 Tratamiento de lodos

2.1.1.6.1 Digestión anaeróbica

Proceso en el que se produce la descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno molecular. Su principal aplicación es la estabilización de los lodos concentrados producidos en el tratamiento de los desechos líquidos. En la digestión anaeróbica, la materia orgánica contenida en los lodos se convierte biológicamente en metano y dióxido de carbono.

Los lodos se introducen en un reactor completamente cerrado, de forma continua o intermitente y permanecen en su interior durante periodos variables. El lodo estabilizado que se extrae tiene bajo contenido de materias orgánicas y patógenas, además no es putrescible.

2.1.1.6.2 Lagunas de lodos

Las lagunas de lodos pueden emplearse como digestores o para el almacenamiento de los lodos digeridos. Su profundidad debe ser entre 3 – 5 m.

Las lagunas de lodos deben diseñarse teniendo en cuenta lo siguiente:

- Los diques y fondos de estas lagunas deben tener recubrimiento impermeabilizante.
- Se deben incluir dispositivos para la remoción del lodo digerido en el fondo y del flotante.
- Se deberán incluir dispositivos de limpieza y facilidades de circulación de vehículos, rampas de acceso, etc.

2.1.1.6.3 Aplicación de lodos sobre el terreno

Los lodos estabilizados contienen nutrientes que pueden ser aprovechados como acondicionador de suelos. Los lodos estabilizados pueden ser aplicados en estado líquido directamente sobre el terreno, siempre que se haya removido por lo menos el 55% de los sólidos volátiles suspendidos. Los terrenos donde se apliquen lodos deberán estar ubicados por lo menos a 500 m de la vivienda más cercana. El terreno deberá estar protegido contra la escorrentía de aguas de lluvias y no deberá tener acceso del público.

El terreno deberá tener una pendiente inferior de 6% y su suelo deberá tener una tasa de infiltración entre 1 a 6 cm/h, de composición química alcalina o neutra, debe ser profundo y de textura fina. El nivel freático debe estar ubicado por lo menos a 10 m de profundidad.

2.1.1.6.4 Remoción de lodos de las lagunas

Para la remoción de lodos de las lagunas primarias, se procederá al drenaje mediante el uso de sifones u otro dispositivo. Las lagunas deberán drenarse hasta alcanzar un nivel que permita la exposición del lodo al ambiente.

La operación de secado debe efectuarse en la estación seca. Durante esta operación el agua residual debe idealmente tratarse sobrecargando otras unidades en paralelo. El lodo del fondo debe dejarse secar a la intemperie. El mecanismo de secado es exclusivamente por evaporación y su duración depende de las condiciones ambientales, principalmente de la temperatura. El lodo seco puede ser removido en forma manual o con la ayuda de equipo mecánico.

En el diseño de lagunas deberá considerarse las rampas de acceso de equipo pesado para la remoción de lodos. Además debe almacenarse en pilas de hasta 2 m por un tiempo mínimo de 6 meses, previo a su uso como acondicionador de suelos. De no

usarse deberá disponerse en un relleno sanitario. Alternativamente se podrá remover el lodo de lagunas primarias por dragado o bombeo a una laguna de secado de lodos.

2.1.1.6.5 Lechos de secado

Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos), lo cual resulta ideal para pequeñas comunidades.

Pueden ser construidos de mampostería de concreto o de tierra (con diques), con profundidad total mínima útil de 50 cm a 60 cm. El ancho de los patios de secado será de 3 m a 6 m, pero para instalaciones grandes pueden sobrepasar los 10 m. Deberán construirse 2 patios de secado.

- El medio de drenaje deberá ser como mínimo de 0.30 m de espesor y deberá tener los siguientes componentes:

- El soporte deber estar constituido por una capa de 15 cm formada por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 2 cm llenos de arena.

- La arena es el medio filtrante y deberá tener un tamaño efectivo de 0.3 mm a 1.3 mm y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5.

- Luego de la arena se deberá colocar un estrato de grava graduada entre 1.6 mm y 51 mm (1/6” y 2”) de 0.20 m de espesor.

- Los drenes deberán ser tubos de 100 mm de diámetro como mínimo, de hierro fundido o tubería PVC, instalados debajo de la grava del medio de drenaje.

- Los muros deberán ser impermeables, extendiéndose verticalmente desde un nivel de 15 cm bajo la superficie de arena hasta 35 cm o 45 cm por encima. Para cada patio se deberá proveer una tubería de descarga con su respectiva válvula de

compuerta y losa en el fondo, para impedir la destrucción del lecho. La boca de descarga estará a 30 cm más alta que la superficie de la arena y de forma que pueda desaguar los tubos.

2.2.2 Especificaciones de descarga

2.2.2.1 Caracterización de los efluentes

La caracterización del efluente deberá estar dentro de los límites máximos permitidos y cumplir con las especificaciones del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

Tabla V. Especificaciones de descarga

Parámetros	Dimensionales	Límites máximos permisibles
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	20
Fósforo total	Miligramos por litro	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrogeno	6 - 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10E4
Arsénico	Miligramos por litro	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1
Cobre	Miligramos por litro	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.01
Níquel	Miligramos por litro	2
Plomo	Miligramos por litro	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10
DQO	Miligramos por litro	300
DBO	Miligramos por litro	200

Fuente. Acuerdo Gubernativo 236-2006.

2.2.2.2 Disposición final de los efluentes

Las aguas residuales tratadas contienen una gran cantidad de nutrientes orgánicos especialmente nitrógeno y fósforo. Esta característica permite aprovecharlas para riego y fertilización.

El agua tratada será descargada al río San José o reutilizada para riego de jardines municipales, lo que contribuirá a la protección ambiental.

La descarga de las aguas residuales se deberá hacerse con un tubo de 6 pulgadas. Al instalarse tuberías y canales para el lodo deberán establecerse los menores cambios de dirección que sean posibles, en cada uno de estos cambios se instalará un dispositivo de limpia y se tomarán medidas para poder inyectar el agua a presión en el tubo que conduzca el lodo.

Por otra parte, el lodo generado y luego de ser secado, será enviado a lugares designado por la Comuna para ser utilizado como relleno sanitario.

2.2.3 Instalaciones

- **Cajas de registro**

Permitirán la distribución uniforme del flujo hacia cada unidad subsiguiente. El ancho de la caja es de 1.38 m y la profundidad de 1.46 m. Las paredes de la caja serán construidas de block y la base de losa de concreto. Todas las cajas deberán estar provistas de una tapa liviana apropiada para realizar limpieza, la tapa será fabricada de losa de concreto. Estarán conectadas a las otras unidades por tubos de PVC de 6” de diámetro. Los materiales usados para su construcción serán concreto, mampostería y block.

- **Circulación del predio**

Se construirá un muro perimetral con malla con el fin de impedir la entrada de animales y de personas no autorizadas para proteger el área, que ocupará la planta de tratamiento.

El muro se levantará con mampostería de block, la altura del block llegara hasta los 1.84 m, luego estarán 1.4 m de malla galvanizada tipo diamante de calibre 14 tensada con tubos de hierro de 2", colocados cada 2.5 m

El ingreso al predio se hará por un portón de malla galvanizada reforzada por tubos de hierro de 2", con 2.64 m de altura y 3.35 m de ancho.

- **Caseta de control**

El propósito de la caseta es: el almacenaje de herramientas, implementos, y equipo básico para operar los tanques; proveer un baño con ducha y vestidor y guardar un botiquín de primeros auxilios en caso de una emergencia. La casa debe tener una fuente de agua potable y preferiblemente una fuente de electricidad para tener luces en la noche. La caseta también puede ser utilizada por el vigilante que está encargado de la vigilancia de la instalación.

Todas las paredes se edificarán con block visto de 0.15 X 0.20 X 0.40 m; las medidas de la caseta serán de 3.3 m por 3.09 m, además contara al frente de un pequeño corredor de 3.3 m por 1.2 m. El piso a colocar será de concreto acabado tipo cernido. La puerta será de metal de 1 m de ancho por 2 m de alto, además en la ventana de 1.1 m de ancho se colocara un balcón de metal, tanto puerta como ventana estarán recubiertos con dos capas de pintura anticorrosiva

La altura de la caseta será de 2.45 m en la parte más baja y 2.85 m en la parte más alta, con una pendiente de 14%. La estructura de la cubierta estará fabricada de

costanera metálica de 2” x 3” en la parte de el corredor tendrá 2 parales de costanera doble. En la cubierta se utilizara lámina de zinc acanalada calibre 28.

Materiales

- **Cemento**

El cemento usado será tipo Portland de 4,000 psi y deberá cumplir con las especificaciones ASTM C-150, cemento Tipo I, empacado en sacos de 42.5 kg. Su almacenamiento será en un lugar seco y fresco, de preferencia sobre tarimas de madera, estibado en no más de 8 sacos.

- **Agregado grueso**

Deberá estar constituido por piedrín (piedra triturada) granítico o basáltico, este agregado debe pasar por el tamiz de 13 mm y quedar retenido en el tamiz de 9 mm. En prueba de intemperismo acelerado, no más del 12% de pérdida de peso con un tamaño máximo de 3/4” y deberá estar limpio y libre de impurezas.

- **Agregado fino**

Será arena de río, se recomienda que sea un material limpio y libre de materia orgánica. No se permite el uso de materiales tales como suelos con materia orgánica fibrosa, turbas, turbas arenosas y turbas arcillosa.

- **Agua**

El agua empleada en la mezcla del concreto deberá ser limpia y clara, así como libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, sales, material orgánico u otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto.

- **Concreto**

El concreto a utilizar tendrá una proporción volumétrica 1:2:3 (una parte de cemento, dos de arena y tres de piedrín), para obtener una resistencia máxima de 210 kg/cm² (3,000 psi) a los 28 días.

Antes de verter el concreto para cualquier elemento, deberá verificarse que la armadura de hierro este nivelada y centrada, además deberá tener un recubrimiento mínimo de 0.075 m en la base y en los elementos que estén en contacto permanente con el suelo o el agua.

Se recomienda humedecer la superficie de la formaleta que se esté utilizando. El concreto fresco deberá vibrarse adecuadamente para impedir cavernas internas en el mismo, pero con el cuidado de no exceder el tiempo de vibrado para evitar la segregación de los materiales.

- **Concreto ciclópeo**

Para la protección del talud se construirá un muro de contención por gravedad, el cual tendrá una relación 60% piedra y 40% concreto.

La piedra a utilizar será de canto rodado con un tamaño de 6” a 8”. Para el concreto se utilizará una mezcla volumétrica en proporción 1:2:3 (cemento, arena, piedrín) para obtener una resistencia máxima de 210 kg/cm² (3,000 psi) a los 28 días.

Los materiales a utilizar para la elaboración del concreto deberán cumplir con las características que se describieron anteriormente.

- **Acero de refuerzo**

Para el refuerzo se utilizará acero legítimo en forma de barras corrugas de grado 40 (f´y = 2,810 kg/cm² ó 40,000 psi) o malla electro soldada de alta resistencia, es decir de grado 70 (f´y = 4,200 kg/cm² ó 70,000 psi).

- **Mampostería**

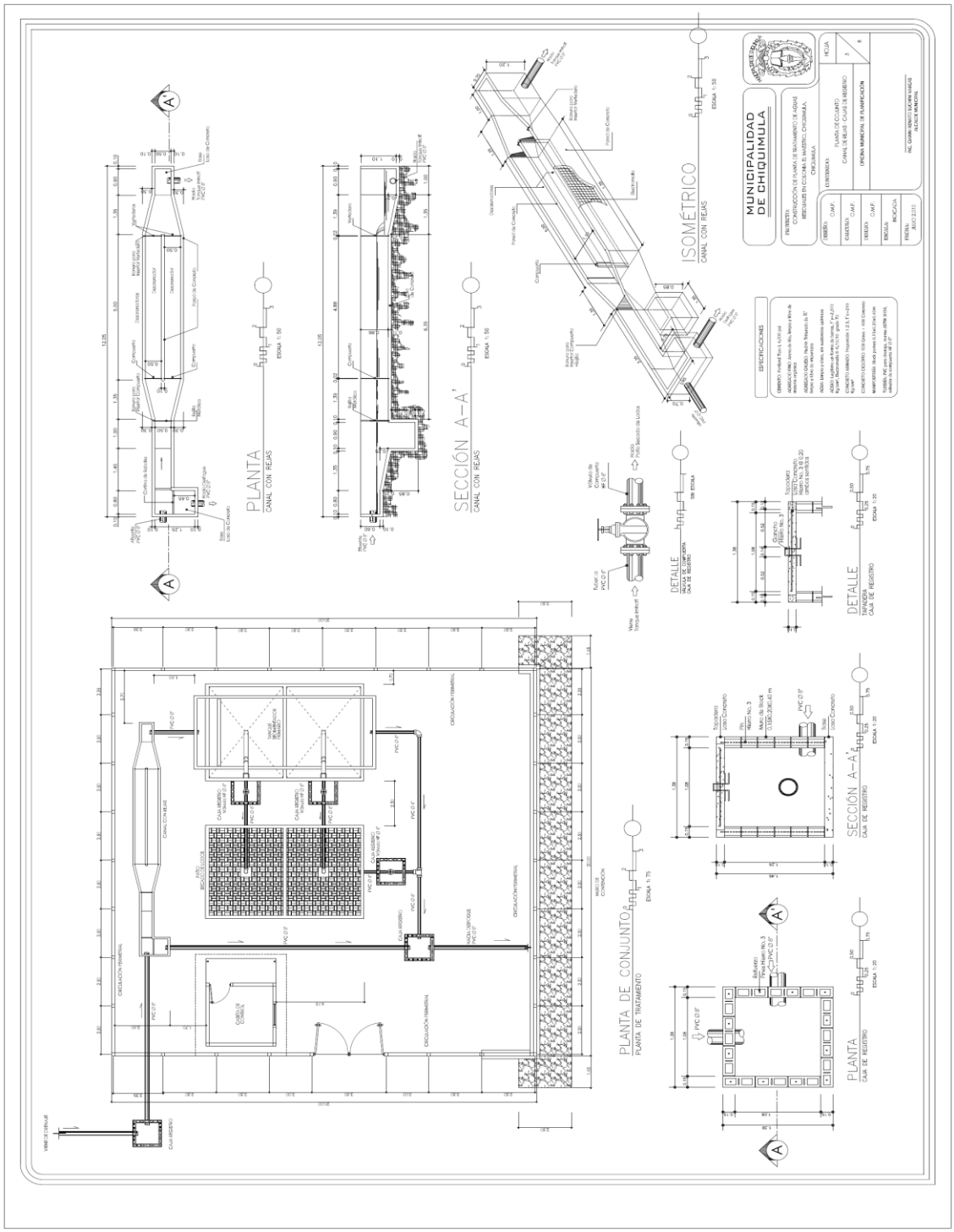
Todas las paredes de mampostería se construirán con block pómez fabricado en la región, la medida de los blocks será de 0.15 x 0.20 x 0.40 m.

- **Tubería PVC**

Todos los drenajes y conexiones entre las diferentes unidades se utilizarán tubos PVC norma ASTA 3034. Las válvulas de compuerta de hierro utilizadas serán de 6" y 8" de diámetro.

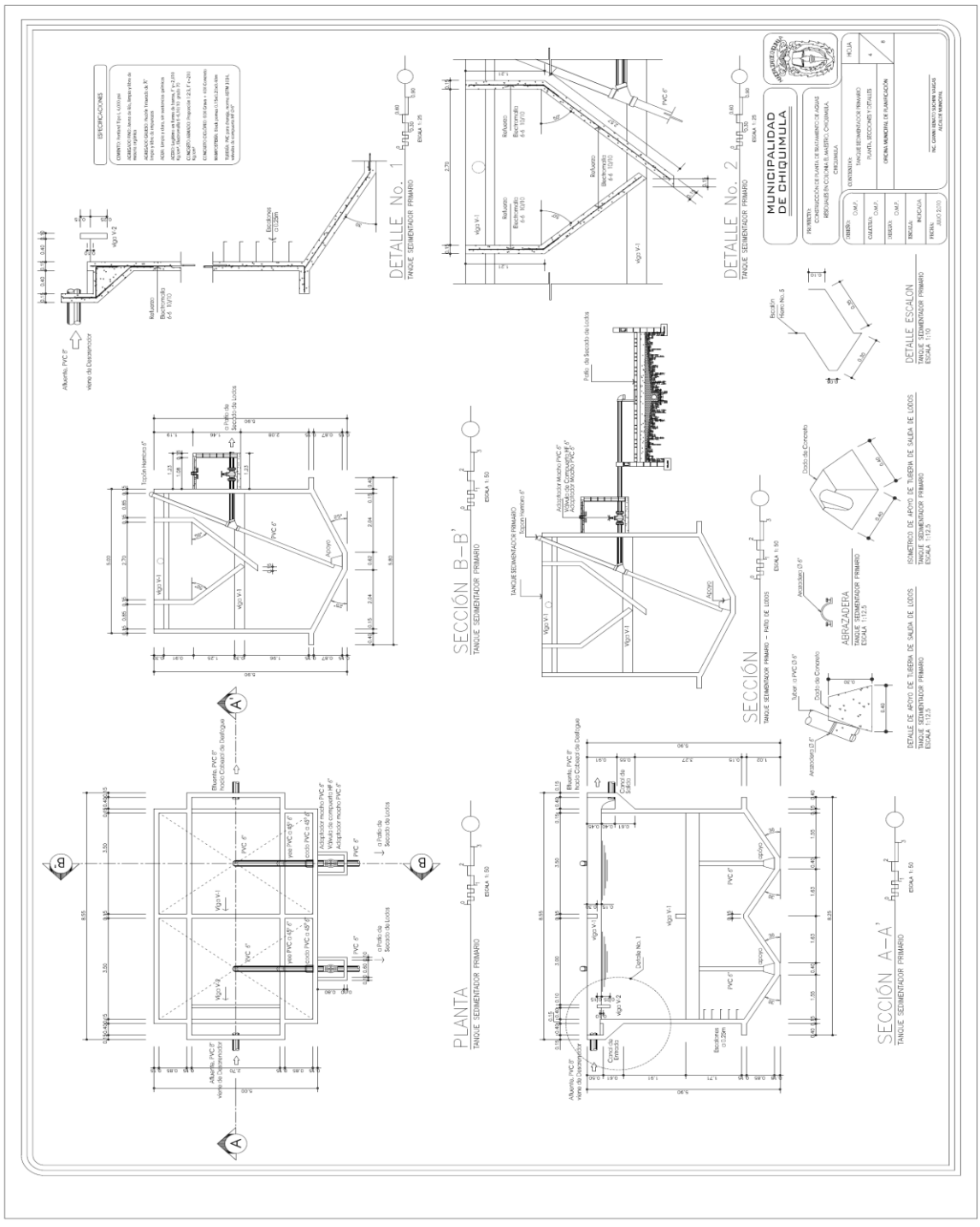
2.2.3.1 Planos de plantas

Figura 4. Planta de conjunto, canal de rejas, cajas de registro



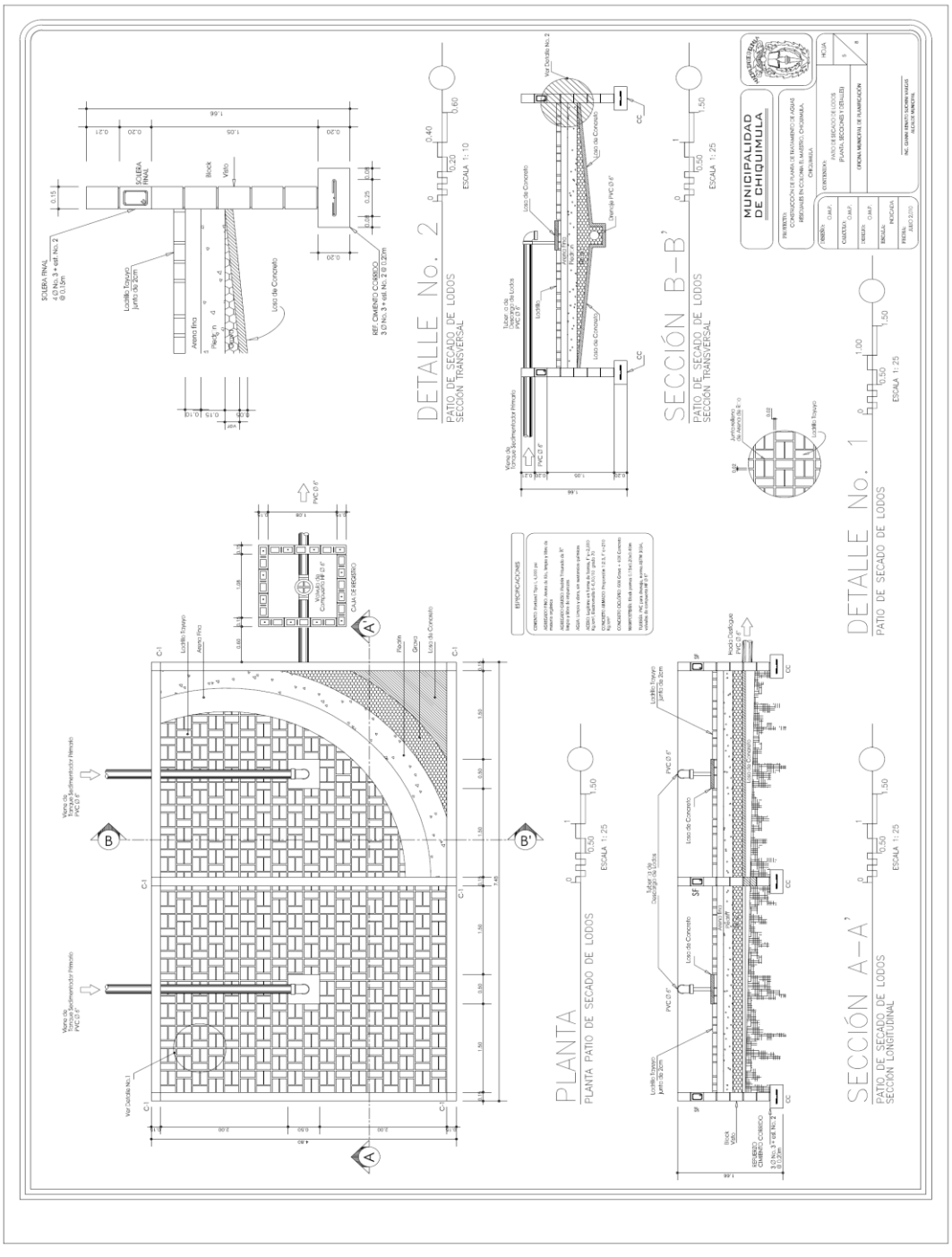
Fuente. Municipalidad de Chiquimula

Figura 5. Tanque sedimentador primario. (Planta y secciones)



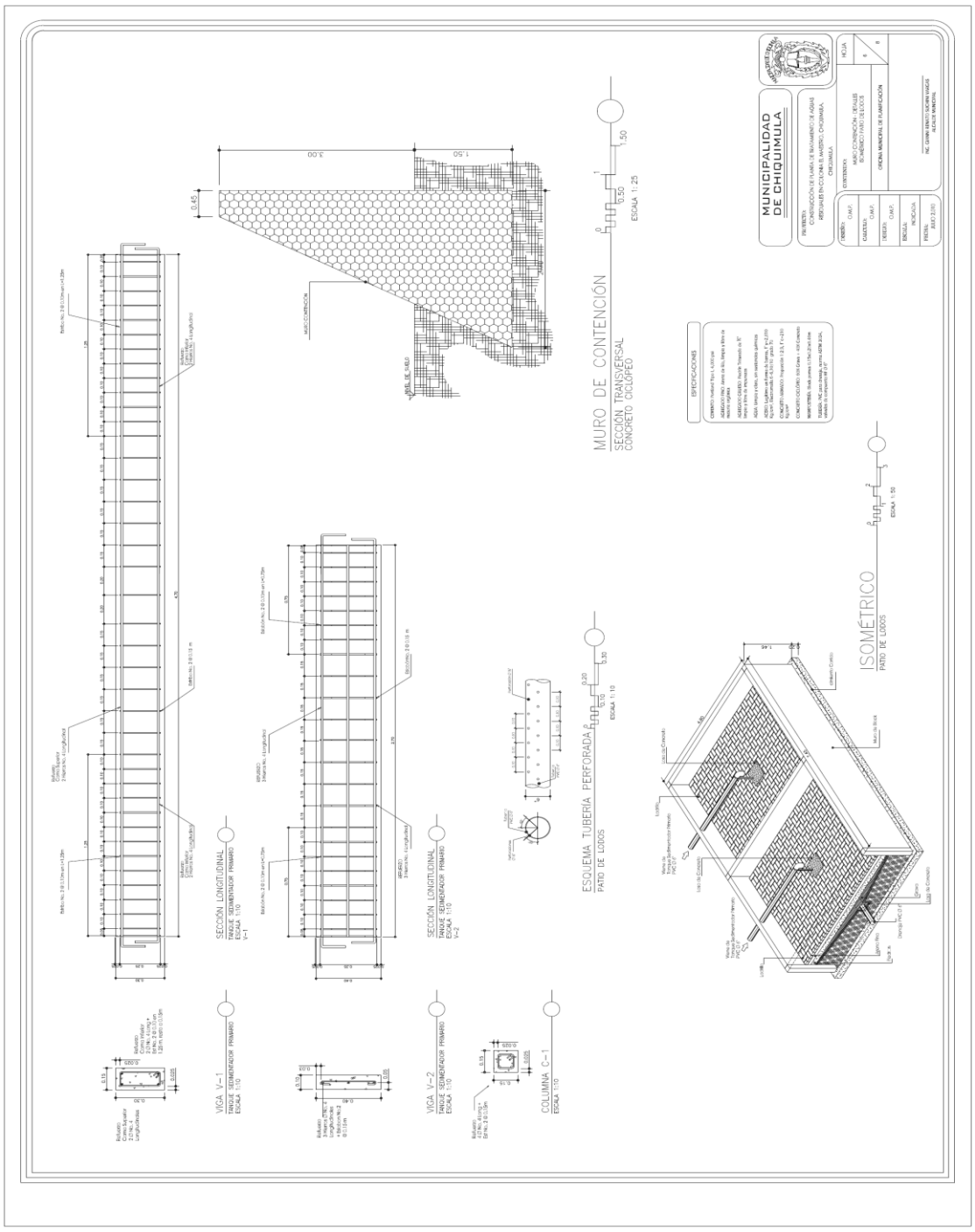
Fuente. Municipalidad de Chiquimula

Figura 6. Patio de secado de lodos. (Planta y secciones)



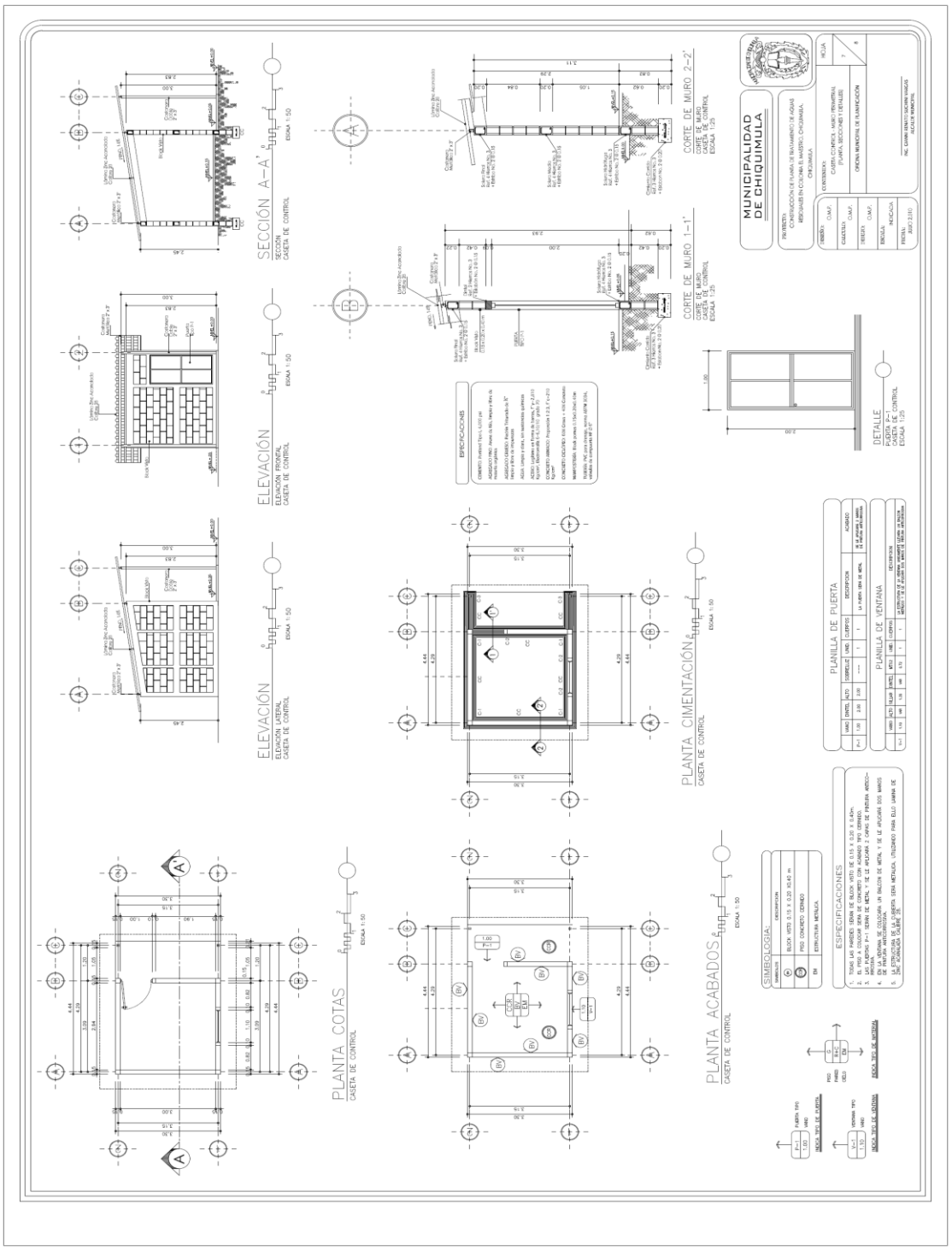
Fuente. Municipalidad de Chiquimula

Figura 7. Muro de contención. Patio de lodos



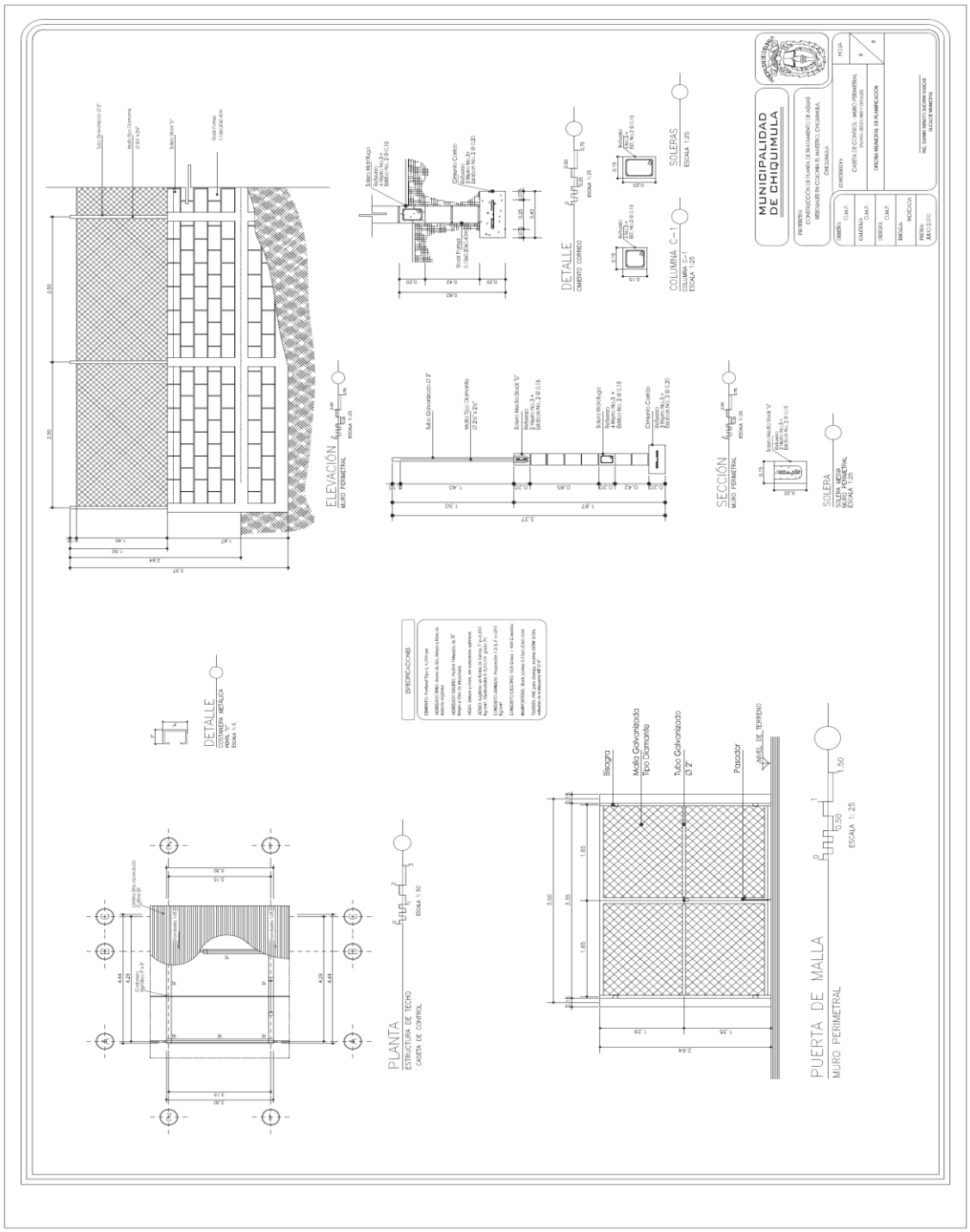
Fuente. Municipalidad de Chiquimula

Figura 8. Caseta de control y muro perimetral. (Planta, secciones y detalles)



Fuente. Municipalidad de Chiquimula

Figura 9. Caseta de control y muro perimetral. (Planta, secciones y detalles)



Fuente. Municipalidad de Chiquimula

2.3 Operación y mantenimiento

2.3.1 Operación

Tanque Imhoff

Antes de poner en funcionamiento el tanque Imhoff, deberá ser llenado con agua limpia y si fuera posible, agregar en el tanque de digestión lodo proveniente de otra instalación similar para acelerar el desarrollo de los microorganismos anaeróbicos encargados de la mineralización de la materia orgánica. Es aconsejable que la puesta en funcionamiento se realice en los meses de mayor temperatura para facilitar el desarrollo de los microorganismos en general.

- **Zona de sedimentación**

En el caso que el tanque Imhoff disponga de más de un sedimentador, el caudal de ingreso debe dividirse en partes iguales a cada una de ellas.

Durante la operación del tanque Imhoff, la mayor proporción de los sólidos sedimentables del agua residual cruda se asientan a la altura de la estructura de ingreso, produciendo el mal funcionamiento de la planta de tratamiento. En el caso de tanque Imhoff compuesto por dos compartimientos, la homogenización de la altura de lodos se realiza por medio de la inversión en el sentido del flujo de entrada, la misma que debe realizarse cada semana mediante la manipulación de los dispositivos de cambio de dirección del flujo afluente.

- **Zona de ventilación**

Cuando la digestión de los lodos se realiza en forma normal, es muy pequeña la atención que se presta a la ventilación. Si la nata permanece húmeda, ella continuará digiriéndose en la zona de ventilación y progresivamente irá sedimentándose dentro del compartimiento de digestión.

Se permite la presencia de pequeñas cantidades de material flotante en las zonas de ventilación. Un exceso de material flotante en estas zonas de ventilación puede producir olores ofensivos y a la vez cubrir su superficie con una pequeña capa de espuma lo que impide el escape de los gases.

Para mantener estas condiciones bajo control, la capa de espuma debe ser rota o quebrada periódicamente y antes de que seque. La rotura de la capa se puede ejecutar con chorros de agua proveniente de la zona de sedimentación o manualmente quebrando y sumergiendo la capa con ayuda de trinches, palas o cualquier otro medio.

Esta nata o espuma puede ser descargada a los lechos de secado. Los residuos conformados por grasas y aceites deberán ser incinerados. Además las natas, espumas y los residuos formados por grasas y aceites podrán ser enterrados o dispuestos en un relleno sanitario.

- **Zona de digestión de lodos**

La puesta en marcha del tanque Imhoff o después que ha sido limpiado, debe ejecutarse cercana a la época de verano. Muchos meses de operación a una temperatura cálidas es requerida para el desarrollo de las condiciones óptimas de digestión.

- **Drenaje de lodos**

Es deseable mantener el lodo el mayor tiempo posible en zona de digestión a fin de lograr una buena mineralización. El nivel de lodo debe ser mantenido entre 0.5 y 1 m por debajo de la ranura del sedimentador y en especial de su deflector.

Se recomienda que durante los meses de verano se drene la mayor cantidad posible de lodos para proveer capacidad de almacenamiento y mineralización de los lodos en época de invierno.

Por ningún motivo debe drenarse la totalidad de lodos, siendo razonable descargar no más de 15% de volumen total o la cantidad que puede ser aceptado por un lecho de secado. El drenaje de lodo debe ejecutarse lentamente para prevenir alteración en la capa de lodo fresco.

Lecho de secado

- **Preparación**

Los lechos de secado deben ser adecuadamente acondicionados cada vez que vaya a descargarse lodo del digestor. La preparación debe incluir los siguientes trabajos:

a) Remover todo el lodo tan pronto como se haya alcanzado el nivel de deshidratación que permita su manejo. El lodo deshidratado con un contenido de humedad no más del 70% es quebradizo, de apariencia esponjosa y fácilmente hincable con tridente

b) Nunca añadir lodo a un lecho que contenga lodo

c) Remover todas las malas hierbas u otros restos vegetales.

d) Escarificar la superficie de arena con rastrillos o cualquier otro dispositivo antes de la adición de lodo. Esto reduce la compactación de la capa superficial de arena mejorando la capacidad de filtración

- **Reemplazo de la capa de arena**

Una parte de la capa de arena se pierde cada vez que se remueve el lodo seco. La arena que se utilice para reponer el espesor original debe ser de la mismas características que la utilizada inicialmente.

- **Calidad del lodo digerido**

El lodo a ser descargado a los lechos de secado debe estar adecuadamente digerido. Lodos pobremente digeridos son ofensivos a los sentidos especialmente al olfato y el proceso de secado es sumamente lento.

Así mismo, el lodo que ha permanecido en el digestor mayor tiempo del necesario también tiene un proceso de secado muy lento. Es decir, que los dos extremos, la pobre digestión o un tiempo de digestión mayor al necesario son perjudiciales. Los aceites, grasas y otros residuos oleosos obturarán los poros de la arena y no deben ser descargados a los lechos de secado.

Muestras de lodos deberán ser examinados antes de proceder a su descarga para determinar si las características son las más adecuadas. Entre ellas se tiene:

- Características físicas. El lodo debe ser examinado para determinar su color, textura y olor, pues estos son indicadores del estado de digestión de los lodos.
- Volumen a remover. Debe ser calculado y registrado para determinar la capacidad de digestión y evaluar la cantidad de sólidos fijos y volátiles removidos del sistema. El volumen removido puede ser calculado rápidamente a través de la determinación del volumen ocupado por el lodo en el lecho de secado.
- Sólidos totales. La concentración de sólidos como medida del contenido de sólidos totales, indica la capacidad de retención de agua por parte del lodo y el grado de compactación.

- Porcentaje de materia volátil. Indica el grado el nivel de degradación de la materia orgánica
- Valor de pH. Debe ser próximo a 7.0, mientras que lodos con valores de pH menor a 7.0 indica que requiere mayor tiempo de digestión y que no está listo para ser secado.

- **Descarga del lodo digerido**

El lodo debe ser descargado del digestor a una tasa bastante alta a fin de mantener limpia la tubería de descarga hacia el lecho de secado. La presencia de material compactado, incluida la arena en el tubo de descarga puede requerir el sondeo o la necesidad de efectuar un lavado. Al inicio del proceso de drenaje de lodos, la válvula debe ser abierta totalmente y una vez que el flujo se estabilice, la válvula debe ser cerrada hasta obtener un flujo regular. El drenaje de lodo debe prolongarse hasta haber purgado la cantidad prevista de lodo.

Luego de la descarga de lodo al lecho de secado, debe drenarse la tubería y luego lavarse con agua. Esto no sólo previene la obturación de la tubería, sino que también evita la generación de malos olores o gases por la descomposición del lodo acumulado en la tubería de descarga.

- **Profundidad del lodo**

El espesor de la capa lodo a ser depositado sobre el lecho de secado no debe ser mayor a 0.30 m e idealmente de 0.25 m. Con buenas condiciones ambientales y un buen lecho de secado, un lodo bien digerido, deberá deshidratarse satisfactoriamente y estar listo para ser removido del lecho de secado entre una a dos semanas. Lodos con alto contenido de sólidos pueden requerir hasta tres semanas o más a menos que se descargue capas de lodo menos profundas. Normalmente, el volumen de lodos se reduce un 60% o más por medio de este método de deshidratación.

- **Remoción del lodo de los lechos de secado**

El lodo removido de los lechos de secado puede ser dispuesto en el relleno sanitario o almacenado por un tiempo para lograr una mayor deshidratación y de esta manera un menor volúmen y peso que facilite el transporte hacia el lugar de disposición final.

Entre las herramientas usadas para la remoción están la pala plana y el tridente. Con el tridente, el lodo seco puede ser removido con mucha menor pérdida de arena que con la pala. En todo caso, siempre será necesario reponer la arena perdida que se adhiere en el fondo de la capa de lodo seco. Un equipo de gran ayuda es la carretilla para retirar el lodo al punto de disposición final, para lo cual se deben colocar tablas para facilitar el desplazamiento de la carretilla.

2.3.2 Mantenimiento

Se manejará dos tipos de mantenimiento: el preventivo, que son las acciones periódicas de cuidado e inspección programadas para prever la falla y prolongar el funcionamiento adecuado de las obras, mientras que el correctivo son intervenciones no programadas dirigidas a devolver al equipo, estructura, proceso u operación averiada a su estado operacional que tenía antes que el defecto fuera descubierto.

2.3.2.1 Mantenimiento preventivo

Cajas de registro

Deben ser inspeccionadas cada tres o seis meses para observar la presencia de sedimentos que pudieran afectar la distribución del agua residual hacia las siguientes

unidades. En caso de verificarse una mala distribución de agua por la presencia de sólidos se deberá proceder a su limpieza.

Tanque Imhoff

- **Zona de sedimentación**

Toda la superficie de agua del sedimentador debe estar libre de la presencia de sólidos flotantes, espumas, grasas y materiales asociados a las aguas residuales, así como de material adherido a las paredes de concreto y superficies metálicas con el cual los sólidos están en contacto.

El material flotante tiende a acumularse rápidamente sobre la superficie del reactor y debe ser removido con el propósito de no afectar la calidad de los efluentes, por lo que ésta actividad debe recibir una atención diaria retirando todo el material existente en la superficie de agua del sedimentador.

La recolección del material flotante se efectúa con un desnatador. La versión común de esta herramienta consiste de una paleta cuadrada de 0.45 x 0.45 m construida con malla de ¼" de abertura y acoplada a un listón de madera.

Las estructuras de ingreso y salida deberán limpiarse periódicamente, así mismo los canales de alimentación de agua residual deben limpiarse una vez concluida la maniobra de cambio de alimentación con el propósito de impedir la proliferación de insectos o la emanación de malos olores.

Semanalmente o cuando las circunstancias así lo requieran, los sólidos depositados en las paredes del sedimentador deben ser retirados mediante el empleo de raspadores con base de goma y la limpieza de las paredes inclinadas del sedimentador debe efectuarse con un limpiador de cadena.

La grasa y sólidos acumulados en las paredes a la altura de la línea de agua deben ser removidos con un raspador metálico.

- **Zona de ventilación**

La zona de ventilación de la cámara de digestión, debe encontrarse libre de natas o de sólidos flotantes, que hayan sido acarreados a la superficie por burbujas de gas. Para hundirlas de nuevo es recomendable el riego con agua a presión, si no se logra esto, es mejor retirarlas y enterrarlas inmediatamente. La limpieza debe realizarse mensualmente.

Generalmente se ayuda a corregir la presencia de espuma usando cal hidratada, la cual se agrega por las áreas de ventilación. Conviene agregar una suspensión de cal a razón aproximada de 5 kg por cada 1,000 habitantes.

- **Zona de digestión de lodos**

Es importante determinar constantemente el nivel de lodos para programar su drenaje en el momento oportuno. Cuando menos una vez al mes, debe determinarse el nivel al que llegan los lodos en su compartimiento.

Para conocer el nivel de lodos se usa una sonda, la que hace descender cuidadosamente a través de la zona de ventilación de gases hasta que se aprecie que la lámina de las sonda toca sobre la capa de los lodos; este sondeo debe verificarse cada mes, según la velocidad de acumulación que se observe.

Los lodos digeridos se extraen de la cámara de digestión abriendo lentamente la válvula de la línea de lodos y dejándolos escurrir hacia los lechos de secado. Los lodos deben extraerse lentamente para evitar que se apilen en los lechos de secado, procurando que se distribuyan uniformemente en la superficie de tales lechos. La fuga de material

flotante en la salida del sedimentador será un indicio de la necesidad de una extracción más frecuente de lodo del digestor.

Se recomienda que en cada descarga de lodos se tome la temperatura del material que se está escurriendo, lo mismo que la temperatura ambiente. Con esto se tiene una indicación muy valiosa de las condiciones en que se está realizando la digestión.

2.3.2.2 Mantenimiento correctivo

Tanque Imhoff

- **Zona de sedimentación**

Caso 1. Distribución de caudal no uniforme:

Este fenómeno puede ser notado por la presencia de una mayor turbulencia y/o movimiento superficial del agua en la zona de ingreso del agua residual cruda o mediante la medición de la velocidad de desplazamiento del agua dentro del sedimentador. Puede ser causada por: condiciones hidráulicas inadecuadas en las estructuras de ingreso; estructuras de entrada o salida mal niveladas y por vertederos de entrada o salida mal niveladas.

Medidas correctivas

- Colocar vertederos pequeños o ajustarlos para permitir la distribución uniforme del caudal afluente.

- Colocar obstáculos como pantallas para ajustar la distribución del caudal afluente.
- Ajustar los vertederos al nivel correspondiente.

Caso 2. Alto contenido de sólidos en la superficie del sedimentador o en los efluentes.

Algunas de las causas de este problema son: poca profundidad por debajo del nivel de agua de la pantalla de salida; acumulación de cantidades excesivas de espumas en la superficie de agua o de material adherido a las paredes del sedimentador, canales de colección o vertederos de entrada y salida, ascensión de sólidos a través de la ranura del sedimentador desde la cámara de digestión y alto contenido de sólidos en el agua residual cruda.

Medidas correctivas

- Ampliar la profundidad de la pantalla de salida por debajo del nivel de agua hasta alcanzar buenos resultados.
- Remover el material flotante con mayor frecuencia y en forma completa.
- Drenar los lodos del tanque de digestión hasta una altura que impida su paso al sedimentador.
- Evitar un exceso de la capa de material flotante y de espuma en la zona de ventilación. El exceso puede forzar a que los lodos pasen al sedimentador a través de la abertura de fondo.

- **Zona de ventilación**

Caso 1. Acumulación excesiva de espumas.

Causado por la presencia de grandes cantidades de material flotante ligero tales como sólidos flotantes que forman las natas y la presencia de grasas o aceites.

Medida correctiva

- Remover parte de las espumas siempre que el gas y el lodo sea forzado a salir a través de la ranura de fondo del sedimentador.

- **Zona de Digestión de lodos**

Caso 1. Presencia de espuma

Generalmente el espumeo se caracteriza por la presencia de una gran cantidad de material de baja densidad que asciende a la superficie en la zona de ventilación y es causado por las altas tasas de digestión como consecuencia del incremento de la temperatura, conduciendo a que flote material sin digerir. El fenómeno también puede presentarse por la fermentación ácida de los lodos, así como por: inicio de la operación de la nueva planta con grandes cantidades de material sedimentable; incremento de la temperatura del lodo en la zona de digestión durante el verano luego del período de invierno y por presencia de grandes cantidades de materia orgánica en las aguas residuales.

Medidas correctivas

- Iniciar la operación del tanque Imhoff en verano.
- Drenar la mayor cantidad posible de lodos antes del invierno, para permitir suficiente período de digestión durante este.

- Drenar frecuentemente pequeñas cantidades de lodos pero manteniendo lo suficiente como para permitir una buena digestión del lodo fresco.
- El espumeo, puede ser corregido por la rotura de las capas de material flotante presente en las ventilaciones utilizando chorros de agua, por la rotura manual de la capa de espuma para permitir el escape de los gases o por la adición de cal hasta ajustar el pH a 7 o ligeramente por encima de este valor.
- Al efecto deben tomarse muestras de lodos a diferentes alturas con el propósito de cuantificar la cantidad de cal necesaria. La cal se añade bajo la forma de lechada a todo lo largo de la zona de ventilación de manera de ejecutar una distribución uniforme del producto químico.

Caso 2. El lodo no fluye a través de la tubería de drenaje.

Es provocado por lodo muy viscoso o por la obstrucción de la tubería por arenas, lodo compactado, trapos, sólidos voluminosos, etc.

Medidas correctivas

- A través de la tubería de ventilación introducir una varilla hasta el fondo del tanque y sondearlo hasta lograr la licuefacción del lodo.
- Insertar una manguera contra incendio con su respectiva boquilla hasta el fondo de la tubería y soltar agua a presión.
- Revisar el espejo de la válvula de drenaje
- Remover el lodo viscoso del área cercana al ingreso a la tubería de drenaje con ayuda de una bomba de aire.
- Cuando existen grandes cantidades de arena es necesario desaguar el tanque por bombeo con el fin de removerlos.

ESTUDIO ECONÓMICO

3.1 Presupuesto de Inversiones

3.1.1 Inversión fija

3.1.1.1 Terrenos

Los vecinos de la colonia, para agilizar el proyecto, habían decidido comprar un terreno de 10 m x 20 m a un precio de Q 10,000.00, sin embargo se cancelo la transacción por dos motivos: a) La Oficina Municipal de Planificación (O.M.P.) recomendó un terreno de 20 m x 20 m como mínimo. b) El alcalde municipal ofreció un terreno que cumpliera con las medidas mínimas y que este más cercano al río San José, a coste cero.

3.1.1.2 Construcción y edificación

Durante la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, la mano de obra y los materiales serán los insumos que más recursos consuman.

3.1.1.2.1 Materiales, herramientas y equipo

Tabla VI. Presupuesto de materiales para el muro de contención

Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Q)	Total (Q)
Arena de río	80	m³	70.00	5,600.00
Cemento tipo Portland	900	saco	63.50	57,150.00
Clavo de 3”	75	lb.	5.00	755.00
Madera	3400	pie	5.00	17,000.00
Piedra bola	170	m³	150.00	25,500.00
Piedrín ¾	80	m³	135.00	10,800.00
TOTAL				**Q. 116,805.00**

Tabla VII. Presupuesto de materiales para la circulación perimetral

Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Q)	Total (Q)
Arena de río	20	m³	70.00	1,400.00
Alambre de amarre	200	lb.	5.00	1,000.00
Block, 0.15x0.20x0.40m	1600	Unidad	3.10	4,960.00
Block U, 0.15x0.20x0.40m	225	Unidad	3.25	731.25
Cemento tipo Portland	200	Sacos	63.50	12,700.00
Clavo de 3"	20	lb.	5.00	100.00
Hierro Ø 1/4"	8	qq	270.00	2,160.00
Hierro Ø 3/8"	10	qq	340.00	3,400.00
Madera	400	Pie	5.00	2000.00
Malla galvanizada	5	Rollo	515.00	2,575.00
Piedrín ¾	15	m³	135.00	2,025.00
Portón malla	1	Unidad	1,200.00	1,200.00
Tubo galvanizado	12	Unidad	345.00	4,140.00
TOTAL				**Q. 38,391.25**

Tabla VIII. Presupuesto de materiales para el drenaje, cajas y desfogue

Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Q)	Total (Q)
Arena de río	6	m³	70.00	420.00
Alambre de amarre	35	lb	5.00	175.00
Block, 0.15x0.20x0.40m	550	Unidad	3.10	1,705.00
Cemento tipo Portland	75	Sacos	63.50	4,762.50
Clavo de 3"	10	lb	5.00	50.00
Codo de 6" a 90°	3	Unidad	300.00	900.00
Hierro Ø 3/8"	2	qq	340.00	680.00
Madera	275	Pie	5.00	1,375.00
Piedrín ¾	4	m³	135.00	540.00
Tubería 6"	8	Unidad	675.00	5,400.00
Tubería 8"	10	Unidad	995.00	9,950.00
Tee de 6"	1	Unidad	330.00	330.00
Válvula de compuerta HF	3	Unidad	3,650.00	10,950.00
Yee de 6"	1	Unidad	330.00	330.00
TOTAL				**Q. 37,567.50**

Tabla IX. Presupuesto de materiales para el sedimentador de rejas

Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Q)	Total (Q)
Arena de río	9	m³	70.00	630.00
Alambre de amarre	25	lb	5.00	125.00
Cemento tipo Portland	100	Sacos	63.50	6,350.00
Clavo de 3"	50	lb	5.00	250.00
Compuerta metálica	2	Unidad	750.00	1,500.00
Electro malla	7	Unidad	310.00	2,170.00
Madera	1,760	Pie	5.00	8,800.00
Piedrín ¾	7	m³	135.00	945.00
Vertedero metálico	2	Unidad	600.00	1,200.00
TOTAL				**Q. 21,970.00**

Tabla X. Presupuesto de materiales para el tanque sedimentador primario

Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Q)	Total (Q)
Arena de río	30	m³	70.00	210.00
Alambre de amarre	55	lb	5.00	275.00
Cemento tipo Portland	350	Sacos	63.50	22,225.00
Clavo de 3"	30	lb	5.00	150.00
Electro malla	15	Unidad	310.00	4,650.00
Hierro Ø 1/4"	2	qq	270.00	540.00
Hierro Ø 3/8"	3	qq	340.00	1,020.00
Hierro Ø ½"	2	qq	340.00	680.00
Madera	3,820	pie	5.00	19,100.00
Piedrín ¾	30	m³	135.00	4,050.00
TOTAL				**Q. 52,900.00**

Tabla XI. Presupuesto de materiales para el patio de secado de lodos

Materiales	Cantidad	Unidad	Costo unitario (Q)	Total (Q)
Arena de río	15	m³	70.00	1,050.00
Alambre de amarre	75	lb	5.00	375.00
Block, 0.15x0.20x0.40m	600	Unidad	3.10	1,860.00
Cemento tipo Portland	100	Sacos	63.50	6,350.00
Clavo de 3"	25	lb	5.00	125.00
Electro malla	5	Unidad	310.00	1,550.00
Hierro Ø 1/4"	2	qq	270.00	540.00
Hierro Ø 3/8"	4	qq	340.00	1,360.00
Ladrillo tayuyo	1550	Unidad	3.50	5,425.00
Madera	600	Pie	5.00	3,000.00
Piedra bola	10	m³	130.00	1,300.00
Piedrín ¾”	10	m³	135.00	1,350.00
Piedrín 1”	10	m³	135.00	1,350.00
TOTAL				**Q. 25,635.00**

Tabla XII. Presupuesto de materiales para la caseta de control

Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Q)	Total (Q)
Arena de río	8	m³	70.00	560.00
Alambre de amarre	40	lb	5.00	200.00
Balcón	1	Unidad	500.00	500.00
Block, 0.15x0.20x0.40m	420	Unidad	3.10	1,302.00
Cemento tipo Portland	100	Sacos	63.50	6,350.00
Clavo de 3"	15	lb	5.00	75.00
Costanera 3”x2”	5	qq	195.00	975.00
Hierro Ø ¼"	1	qq	270.00	270.00
Hierro Ø 3/8"	3	qq	340.00	1,020.00
Lamina galvanizada	10	Unidad	130.00	1,300.00
Madera	350	Pie	5.00	1750.00
Piedrín ¾	8	m³	135.00	1,080.00
Puerta metálica	1	Unidad	825.00	825.00
Tornillos para lamina	75	Unidad	2.75	206.25
Ventana: aluminio y vidrio	1	Unidad	600.00	600.00
TOTAL				**Q. 17,013.25**

Tabla XIII. Presupuesto total de materiales

Actividad	Costo (Q)
Muro de contención	116,805.00
Circulación perimetral	38,391.25
Drenaje interno, cajas y desfogue	37,567.50
Sedimentador de rejas	21,970.00
Tanque Sedimentador primario (Imhoff)	52,900.00
Patio de secado de lodos	25,635.00
Caseta de control	17,013.25
TOTAL DE MATERIALES	**Q. 310,282.00**

3.1.1.2.2 Mano de obra

Tabla XIV. Presupuesto de mano de obra

ACTIVIDAD		Cantidad	Unidad	Costo unitario (Q)	Subtotal (Q)	Total (Q)
Preliminares	Limpieza	400	m²	6.00	2,400.00	4,400.00
	Trazo y nivelación	400	m²	5.00	2,000.00	
Movimiento de tierras	Excavación	735	m³	30.00	22,050.00	60,425.00
	Nivelación y compactación	400	m²	35.00	14,000.00	
	Movimiento de tierras	735	m³	25.00	18,375.00	
	Limpieza de sobrantes	400	m²	15.00	6,000.00	
Muro de contención		1	global	62,525.00	62,525.00	62,525.00
Circulación perimetral		1	global	20,275.00	20,275.00	20,275.00
Drenaje interno, cajas y desfogue		1	global	19,740.00	19,740.00	19,740.00
Sedimentador con rejillas		1	global	12,460.00	12,460.00	12,460.00
Sedimentador primario (tanque Imhoff)		1	global	29,030.00	29,030.00	29,030.00
Patio de secado de lodos		1	global	12,980.00	12,980.00	12,980.00
Caseta de control		1	global	15,000.00	15,000.00	15,000.00
TOTAL DE MANO DE OBRA						**Q. 236,835.00**

3.1.1.3 Maquinaria y equipo

El tipo de planta de tratamiento de aguas residuales no requiere inversión alguna para la compra de maquinaria y/o equipo para su funcionamiento.

Durante la construcción se plantea un presupuesto de mano de obra para excavación, sin embargo queda a decisión de la empresa constructora si se realiza de forma manual o con maquinaria.

3.1.2 Inversión diferida

3.1.2.1 Estudios y gastos legales

El alcantarillado, planos y estudios topográficos serán realizados por la municipalidad de Chiquimula, a través de la Oficina Municipal de Planificación. También la municipalidad se hará responsable por los gastos de los permisos y licencias municipales.

La municipalidad de Chiquimula cuenta con la Unidad de Gestión Ambiental, la cual se encarga de hacer los Estudios de Impacto Ambiental, sin embargo en proyectos gestionados por el Cocode estos deben estar autorizados por un consultor ambiental externo, estos estudios de impacto ambiental tienen un costo de aproximadamente Q. 15,000.00 en esta región del país.

El Cocode de la colonia El Maestro ya está conformado, además por ninguna razón se necesita la intervención de notario o abogado para hacer constar la constitución de un Cocodes, simplemente se necesita realizar su asamblea comunitaria, levantar un acta de todo lo actuado, e inscribirse en el Registro Civil. Por lo tanto los estudios y gastos legales no tendrían ningún costo para este proyecto.

3.1.2.2 Gastos de organización

Abarcan principalmente los gastos de locomoción (gasolina y pasajes de bus) y papelería (fotocopias e impresiones) que se necesiten para promover el proyecto ante las autoridades y para iniciar el contacto con los proveedores. Por lo tanto se dispondrá de Q. 500.00 provenientes de la tesorería del comité de vecinos para sufragar estos gastos.

3.1.2.3 Gastos de arranque

Se deben considerar como gastos de arranque el entrenamiento de personal y de algunos insumos necesarios para los primeros días de funcionamiento.

Los costos de capacitación corren por cuenta de la municipalidad de Chiquimula y mientras que para la compra de los utensilios e insumos, se considera un presupuesto Q. 1,500.00; también provenientes de los fondos comunitarios.

Tabla XV. Presupuesto de herramientas

Herramienta	Cantidad	Precio unitario (Q)	Costo (Q)
Pala	2	44.00	88.00
Rastrillo	2	40.00	80.00
Tridente	1	140.00	140.00
Azadón	1	98.00	98.00
Carretilla	1	500.00	500.00
Piocha	1	65.00	65.00
Manguera	2	25.00	50.00
Escoba	1	15.00	15.00
Total			**Q 1,036.00**

Además están los costos de los insumos como, la cal con un costo de Q. 25.00 el quintal, utilizada para reducir la espuma. El cloro para la desinfección, se plantea el consumo de 2 gal/mes, el precio de cada galón es de Q. 23.65.

También se debe presupuestar un Indicador universal en varillas pH 0-14 marca Merck utilizado para hacer las pruebas de nivel de pH al efluente. Con el cual se pueden tomar 100 mediciones y tiene un costo de Q. 122.74.

3.2 Capital de trabajo

Es el efectivo necesario para operar en los primeros tres meses de la planta de tratamiento. El capital de trabajo para este periodo es de Q. 7,825.64, del cual se realiza una descripción más detallada a continuación.

3.2.1 Materiales y suministros

Los insumos son los materiales utilizados directamente en el proceso, y de los cuales se desvinculan los útiles y papelería usados para anotar los informes.

Tabla XVI. Presupuesto de materiales y suministros

Rubro	Costo trimestral (Q)
Herramientas	1,036.00
Insumos	414.64
Papelería	75.00
Total	**Q. 1,525.64**

3.2.2 Proveedores

En este estudio se ha tomado en cuenta como proveedores a la empresa que suministra la energía eléctrica y los empleados de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla XVII. Presupuesto de proveedores

Rubro	Costo trimestral (Q)
Mano de obra	6,000.00
energía eléctrica	300.00
Total	**Q. 6,300.00**

3.3 Costos de operación y mantenimiento

3.3.1 Mano de obra

Los costos de mano de obra dependerán de la decisión que tome el comité de vecinos sobre la cantidad de empleados requeridos para el funcionamiento de la planta, la cual puede operar con un trabajador y un guardián.

Tabla XVIII. Presupuesto mensual y anual de operadores de la planta

Puesto	Cantidad	Costo mensual	Costo anual
Operador	1	Q. 1,000.00	Q. 12,000.00
Guardián	1	Q. 800.00	Q. 9,600.00
Ayudante	1	Q. 200.00	Q. 2,400.00
Total	**3**	**Q. 2,000.00**	**Q. 24,000.00**

El ayudante se le pagará por día trabajado (se toma un día a la semana), sin embargo esto es opcional, pues esta labor la puede hacer como voluntario algún miembro de la comunidad para poder reducir los costos.

Otra opción podría ser que la misma persona sea el operador y el guardián, unificando los sueldos pero reduciendo el costo mensual, en este caso sería de Q. 1,300.00, por lo tanto se tendría un ahorro de Q. 500.00 mensuales.

3.3.2 Servicios

Los costos de energía eléctrica se estiman aproximadamente Q. 100.00 mensuales, sin embargo dependerán mucho del uso de aparatos eléctricos por parte de los empleados.

3.3.3 Materiales

Los materiales no es necesario comprarlos mensualmente, pues la duración de los mismos va más allá del mes. Sin embargo se recomienda un presupuesto de Q. 150.00 mensuales para cubrir los costos trimestrales de los suministros utilizados.

3.3.4 Costos de administración

Los costos administrativos son mínimos, pues lo único que se necesita son hojas, fotocopias, lapiceros; para que el operador realice los reportes e informes. Inicialmente se planteará un presupuesto de Q. 25.00 mensuales, sin embargo se estima que para el 5to. año de funcionamiento de la planta, la cuota deberá ser aumentada a Q. 30.00 para poder seguir cubriendo los gastos de operación y mantenimiento.

3.4 Financiamiento

3.4.1 Créditos y costos de financiamiento (intereses)

Este proyecto no se plantea para realizarse mediante créditos o prestamos, pues la comunidad es muy pequeña y no cuentan con garantías para cumplir con montos tan grandes.

3.4.2 Donaciones

El comité de vecinos de la colonia El Maestro ha hecho solicitudes ante el Concejo Municipal, Gobernador y diputados del departamento de Chiquimula para que colaboren con la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Sin embargo, únicamente se ha conseguido como una donación de la municipalidad de Chiquimula el terreno donde se tendría proyectado la construcción de la planta de tratamiento y además se gestiona para obtener la cantidad de Q. 600,000.00 mediante los Concejos de Desarrollo.

3.5 Presupuesto de ingreso

Se planteará un método de cobro con una cuota fija de Q. 25.00 por hogar, el cual permite cubrir los costos de operación y mantenimiento, y que da derecho al usuario a conectar su tubería de aguas residuales al sistema de colectores que fluye hacia la planta de tratamiento de aguas residuales.

Además existe la posibilidad de promover la venta del agua tratada para la reutilización en el riego de jardines, parques municipales o campos deportivos. Para esto se sugiere vender el tinaco de 2,500 lts a un precio de Q. 10.00, sin embargo sería necesario hacer el contacto con alguna persona o empresa que se dedique a la venta de

agua, para que se encargue del flete y la reventa de esta agua tratada. Se estima que inicialmente se puedan vender tres tinacos por día.

3.6 Flujo de caja

Se ha realizado una estimación de los ingresos que se podrían generar por la tarifa vecinal y la posible venta de agua tratada.

Tabla XIX. Flujo de caja del proyecto. (Cifras en quetzales)

Concepto	Inversión inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5**
INGRESOS	**0.00**	**32,175.00**	**33,575.00**	**34,975.00**	**36,375.00**	**44,555.00**
Cuota vecinal		30,300.00	31,200.00	32,100.00	33,000.00	40,680.00
Venta de agua		1,875.00	2,375.00	2,875.00	3,375.00	3,875.00
EGRESOS	**563,653.00**	**28,800.00**	**30,475.00**	**32,890.00**	**35,895.00**	**39,810.00**
Construcción	547,117.00*					
EIA	15,000.00*					
Organización	500.00					
Herramientas	1,036.00	300.00	330.00	350.00	375.00	410.00
Materiales		1,800.00	1,900.00	2,050.00	2,120.00	2,300.00
Servicios		1,200.00	1,320.00	1,450.00	1,525.00	1,700.00
Administración		300.00	325.00	340.00	375.00	400.00
Sueldos		25,200.00	26,600.00	28,700.00	31,500.00	35,000.00
SALDOS (quetzales)	**-563,653.00**	**3,375.00**	**3,100.00**	**2,085.00**	**480.00**	**4,745.00**

* Cantidad a gestionar ante entidades municipales y/o estatales. (Q. 562,117.00)

** En este año la cuota vecinal fue aumentada a Q. 30.00.

ESTUDIO FINANCIERO

4.1 Métodos de evaluación financiera

En la evaluación financiera de la planta de tratamiento de aguas residuales se utilizarán como herramientas de decisión: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Análisis de Sensibilidad y la relación Beneficio Costo.

Para esto se evaluará la inversión de dos formas: la primera incluirá la inversión inicial de la obra civil, que por ser una donación no precisa ser recuperada.

Además se realizara el análisis tomando como inversión inicial únicamente la cantidad invertida por el comité de vecinos para el inicio de operaciones, esto nos permitirá determinar la auto-sostenibilidad del proyecto.

4.1.1 Valor presente neto (VAN)

Es la diferencia entre los ingresos y egresos expresados en moneda actual. Consiste en actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar el proyecto, descontados a un cierto tipo de interés y compararlos con el importe inicial.

Si el VAN > 0 se acepta la inversión.

Si el VAN < 0 se rechaza la inversión.

4.1.1.1 Determinación del VAN

La tasa de descuento utilizada es del 12%, la cual está definida por instituciones internacionales que aportan fondos para los proyectos de inversión social.

Caso 1

Análisis general del proyecto

$$\text{VAN} = -563{,}653 + 3{,}375(1+i)^{-1} + 3{,}100(1+i)^{-2} + 2{,}085(1+i)^{-3} + 480(1+i)^{-4} + 4{,}745(1+i)^{-5} =$$

$$= -563{,}653 + 3{,}375(1.12)^{-1} + 3{,}100(1.12)^{-2} + 2{,}085(1.12)^{-3} + 480(1.12)^{-4} + 4{,}745(1.12)^{-5} =$$

$$= -563{,}653 + 3{,}013.39 + 2{,}471.30 + 1{,}484.06 + 305.05 + 2{,}692.44 =$$

$$= \text{Q. } -553{,}686.76$$

Caso 2

Verificando la auto-sostenibilidad del proyecto

$$\text{VAN} = -1{,}536 + 3{,}375(1+i)^{-1} + 3{,}100(1+i)^{-2} + 2{,}085(1+i)^{-3} + 480(1+i)^{-4} + 4{,}745(1+i)^{-5} =$$

$$= -1{,}536 + 3{,}375(1.12)^{-1} + 3{,}100(1.12)^{-2} + 2{,}085(1.12)^{-3} + 480(1.12)^{-4} + 4{,}745(1.12)^{-5} =$$

$$= -1{,}536 + 3{,}013.39 + 2{,}471.30 + 1{,}484.06 + 305.05 + 2{,}692.44 =$$

$$= \text{Q. } 8{,}430.24$$

4.1.1.2 Interpretación de resultados

Obtenemos un valor negativo de – Q. 553,686.76. Esto indica que el proyecto no es rentable y es probable no recuperar la inversión inicial.

Sin embargo, si la inversión inicial tiene carácter de donación, el proyecto generará un valor positivo Q. 8,430.24 por lo que será capaz de obtener un rendimiento en sus operaciones y la auto-sostenibilidad de las mismas.

4.1.2 Tasa interna de retorno (TIR)

Evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo con lo cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual.

Es la tasa de descuento o tipo de interés que iguala el VAN a cero y representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero. Se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I$$

Donde

BN representa los beneficios netos en el periodo *t*.

i es la tasa interna de retorno

I es la inversión inicial

4.1.2.1 Determinación de TIR

Basándose en el VAN se puede determinar la no rentabilidad del proyecto, por lo tanto el cálculo de la TIR no tiene sentido, pues el este arrojaría un número demasiado pequeño.

Sin embargo, se calcula la TIR únicamente para el desembolso que realizaran los vecinos de la colonia El Maestro genera una tasa de 205%.

$$0 = -1{,}536 + 3{,}375(1+i)^{-1} + 3{,}100(1+i)^{-2} + 2{,}085(1+i)^{-3} + 480(1+i)^{-4} + 4{,}745(1+i)^{-5} =$$

$$i = 205\ \%$$

Este cálculo se realiza con relativa facilidad utilizando la fórmula integrada en el programa de Excel.

4.1.2.2 Interpretación de resultados

La TIR iguala la suma de los flujos descontados a la inversión, sin embargo debido a que en este caso no se considera la recuperación de la inversión inicial, el cálculo de la TIR no tiene ningún objetivo. Además el proyecto posee un VAN negativo, por lo tanto no es posible encontrar una tasa rentable.

En el caso de la auto-sostenibilidad del proyecto si se considera rentable, pues la tasa de 205% es mayor que la tasa de descuento del 12%.

4.1.3 Análisis de sensibilidad

Permite conocer los efectos sobre la rentabilidad del proyecto si se presentaran circunstancias diferentes a las previstas en el planteamiento original.

Se fundamenta en suponer variaciones que afecten el presupuesto de caja, por ejemplo: disminución de cierto porcentaje en ingresos o un aumento en los costos y/o gastos (mano de obra, materiales, insumos, etc.) y se reflejen en la operación de la planta de tratamiento.

4.1.3.1 Determinación del análisis de sensibilidad

Se realizará el análisis de sensibilidad proyectando que existe una mayor demanda del servicio; esto significa que además de los hogares nuevos que se construyan en la colonia, también se estarán conectando a la red de alcantarillado que conduce a la planta de tratamiento de aguas residuales, las viviendas de las colonias vecinas.

Se prevé que a partir del año 2 se sumarán 25 nuevos hogares cada año. Estos nuevos miembros apartarán la misma cuota de Q. 25.00 hasta el año 4, porque a partir del año 5 la cuota de servicio aumentará a Q. 30.00 lo cual permitirá mantener ganancias operacionales y auto-sostenibilidad.

Además se supone que con la promoción de las ventajas de la reutilización del agua tratada, las ventas aumenten en un 20% adicional a lo estimado inicialmente.

También es de tomar en cuenta que al ser mas hogares los atendidos por la planta de tratamiento, se incrementarán los costos en insumos y materiales.

4.1.3.2 Interpretación de resultados

Observamos que los ingresos se amplían considerablemente debido a la admisión de nuevos hogares en el programa de tratamiento. Igualmente aumentan los fondos provenientes de la venta del agua tratada.

Adicionalmente al aumento de los hogares beneficiados también se incrementan los costos de operación; sin embargo debido al marcado crecimiento de los ingresos, las variaciones en los egresos no son resultan significativas.

4.1.4 Relación beneficio costo

Se utiliza para evaluar las inversiones gubernamentales o de interés social. Tanto los beneficios como los costos no se cuantifican como se hace en un proyecto de inversión privada, sino que se toman en cuenta criterios sociales

La relación beneficio costo se calcula de la siguiente manera:

$$B/C(i) = \frac{VANingresos(i)}{VANegresos(i)}$$

Esta relación beneficio costo puede tomar los siguientes valores:

B/C > 1: Proyecto atractivo

B/C = 1: Indiferente

B/C < 1: No es conveniente

La relación beneficio costo se utiliza en proyectos relacionados con obras públicas o con inversiones financiadas por organismos internacionales porque permite

una comparación explícita de los beneficios y los costos. También es útil para adelantar la evaluación económico-social del proyecto.

4.1.4.1 Determinación de la relación beneficio costo

$$\text{VAN ingresos} = 32{,}175(1.12)^{-1} + 33{,}575(1.12)^{-2} + 34{,}975(1.12)^{-3} + 36{,}375(1.12)^{-4} + 44{,}555(1.12)^{-5} =$$

$$= 28{,}727.68 + 26{,}765.78 + 24{,}894.51 + 23{,}116.97 + 25{,}281.70$$

$$= \text{Q. } 128{,}786.64$$

$$\text{VAN egresos} = 28{,}880(1.12)^{-1} + 30{,}475(1.12)^{-2} + 32{,}890(1.12)^{-3} + 35{,}895(1.12)^{-4} + 39{,}810(1.12)^{-5} =$$

$$= 25{,}714.28 + 24{,}294.48 + 23{,}410.45 + 22{,}811.92 + 22{,}589.26$$

$$= \text{Q. } 118{,}820.39$$

$$B/C(0.12) = \frac{128{,}786.64}{118{,}820.39} = 1.0838$$

4.1.4.2 Interpretación de resultados

La relación beneficio costo genera como resultado el valor de 1.0838, lo cual indica que el proyecto debe ser aceptado para su ejecución. Esto significa que por cada Quetzal que se invierte después de considerar los costos y los gastos a una tasa de 12% se obtiene una utilidad de Q. 0.38.

4.2 Conclusión de evaluación financiera

Al observar la cantidad a desembolsar para la construcción de la planta de tratamiento podemos concluir que el proyecto no es rentable.

Sin embargo, si la inversión inicial es aportada por alguna entidad en calidad de donación. El proyecto resulta rentable y auto sostenible en su funcionamiento, pues los beneficios aumentan anualmente y permiten cubrir los costos de operación y mantenimiento; y adicionalmente generar ingresos que contribuyan a continuar con el mejoramiento de la colonia El Maestro, siempre y cuando, cada uno de los vecinos pague una cuota fija mensual.

ESTUDIO ADMINISTRATIVO

5.1 Marco legal

Para la construcción de proyectos municipales o estatales se necesita cumplir con ciertos requisitos para garantizar la calidad de la obra y la probidad en el manejo de los fondos. Dichos requerimientos están especificados en diferentes leyes, reglamentos y normas que mencionamos a continuación.

5.1.1 Orden constitucional

Además de los que establece la Constitución Política de la Republica de Guatemala, también es importante el conocimiento de otros reglamentos como: la Ley de Contrataciones del Estado, Ley de Presupuesto General de Ingresos y Egresos del Estado y las Normas de uso de Guatecompras.

5.1.1.1 Constitución Política de la República de Guatemala

Considerando que la Constitución de la Republica, debe garantizar el bienestar de todos los de todos los habitantes, a continuación se mencionan los artículos que definen los derechos y obligaciones de los miembros de la sociedad relacionados con este estudio:

Articulo 30. Todos los actos de la administración son públicos. Los interesados tienen derecho a obtener, en cualquier tiempo, informes, copias, reproducciones y certificaciones que soliciten y la exhibición de los expedientes que deseen consultar, salvo que se trate de asuntos militares o diplomáticos de seguridad nacional, o de datos suministrados por particulares bajo garantía de confidencia.

Articulo 97. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

Articulo 98. Las comunidades tienen el derecho y el deber de participar activamente en la planificación, ejecución y evaluación de los programas de salud.

Articulo 127. Todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles. Su aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social. Una ley específica regulará esta materia.

Articulo 128. El aprovechamiento de las aguas de los lagos y de los ríos, para fines agrícolas, agropecuarios, turísticos o de cualquier otras naturaleza, que contribuya al desarrollo de la economía nacional, está al servicio de la comunidad y no de persona particular alguna, pero los usuarios están obligados a reforestar las riberas y los cauces correspondientes, y a facilitar las vías de acceso.

5.1.2 Orden municipal

La finalidad de las municipalidades es satisfacer las necesidades de la comunidad local. Siendo una de estas la protección y conservación del medio ambiente, contribuyendo de este modo al mejoramiento de la calidad de vida de los vecinos y habitantes del municipio. El Decreto Número 12-2002 Tiene por objeto desarrollar los principios constitucionales referentes a la organización, gobierno, administración, y funcionamiento de los municipios.

5.1.2.1 Código Municipal

A continuación se presentan extractos de los artículos que inciden en los proyectos municipales:

Articulo 68. Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio son las siguientes: a) Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos; limpieza y ornato. e) Autorización de las licencias de construcción de obras, públicas o privadas, en la circunscripción del municipio; l) Promoción y gestión ambiental de los recursos naturales del municipio.

Articulo 72. El municipio debe regular y prestar los servicios públicos municipales de su circunscripción territorial y, por lo tanto, tiene competencia para establecerlos, mantenerlos, ampliarlos y mejorarlos, en los términos indicados en los artículos anteriores, garantizando un funcionamiento eficaz, seguro y continuo y, en su caso, la determinación y cobro de tasas y contribuciones equitativas y justas. Las tasas y contribuciones deberán ser fijadas atendiendo los costos de operación, mantenimiento y mejoramiento de calidad y cobertura de servicios.

Articulo 95. Oficina municipal de planificación. El Concejo Municipal tendrá una oficina municipal de planificación, que coordinará y consolidará los diagnósticos, planes, programas y proyectos de desarrollo del municipio. La oficina municipal de planificación podrá contar con el apoyo sectorial de los ministerios y secretarías de Estado que integran el Organismo Ejecutivo. La oficina municipal de planificación es responsable de producir la información precisa y de calidad requerida para la formulación y gestión de las políticas públicas municipales.

Articulo 130. Las inversiones se harán preferentemente en la creación, mantenimiento y mejora de los servicios públicos municipales y en la realización de obras sanitarias y de urbanización.

Articulo 142. Las lotificaciones, parcelamientos, urbanizaciones y cualquier otra forma de desarrollo urbano o rural que pretendan realizar o realicen el Estado o sus entidades o instituciones autónomas y descentralizadas, así como las personas individuales o jurídicas que sean calificadas para ello, deberán contar con la aprobación y autorización de la municipalidad en cuya circunscripción se localicen. Tales formas de desarrollo, además de cumplir con las leyes que las regulan, deberán comprender y garantizar como mínimo, y sin excepción alguna, el establecimiento, funcionamiento y administración de los servicios públicos, sin afectar los servicios que ya se prestan a otros habitantes del municipio.

5.1.3 Orden comunitario

La Ley de Concejos Comunitarios de Desarrollo, está constituida en el decreto 52-87 del Congreso de la Republica. Los Concejos de Desarrollo Urbano y Rural se instituyen para organizar y coordinar la administración pública mediante la formulación de las políticas de desarrollo urbano y rural así como de ordenamiento territorial y promueve la organización y participación de la población en el desarrollo integral del país, conforme un Sistema Nacional de Concejos de Desarrollo Urbano y Rural.

5.1.3.1 Ley de Concejos Comunitarios de Desarrollo

Las funciones de los Concejos de desarrollo esta agrupadas en el artículo 13 de La Ley de Concejos Comunitarios de Desarrollo.

Artículo 13. Son funciones del Concejo local de Desarrollo, las siguientes: a) Promover el desarrollo económico, social y cultural de su comunidad. b) Promover la participación efectiva de la población en la identificación y solución de problemas. c) Identificar e inventariar las necesidades de la comunidad y determinar las correspondientes prioridades para la formulación de programas y proyectos. d) Proponer

al Concejo Municipal de desarrollo las necesidades de cooperación para la ejecución de programas y proyectos, cuando éstas no puedan ser resueltas por su comunidad. e) Coordinar las actividades que promuevan o realicen los grupos de comunidad para evitar la duplicación de esfuerzos. f) Gestionar los recursos económicos y financieros que requieren para sus programas y proyectos de desarrollo local.

5.2 Operaciones administrativas

5.2.1 Planificación

Busca establecer las metas y los objetivos de esta empresa comunitaria y la programación de actividades durante su construcción y operación.

5.2.1.1 Metas

Proveer a la colonia El Maestro y colonias adyacentes un sistema de tratamiento de aguas residuales, que permita reducir la contaminación en el río San José, así como inculcar en los pobladores de estas colonias una cultura de protección ambiental.

5.2.1.2 Objetivos

Impedir y disminuir la descarga de aguas residuales sin tratamiento al suelo y en los mantos freáticos de la región.

Restaurar y conservar ciertas áreas que alteran el bienestar de la población (suelo, agua, salud, etc.) promoviendo y fomentando el desarrollo comunitario. En un programa exclusivo para el recurso agua, en el cual se plantea como prioridad la gestión para la recolección, manejo, tratamiento y disposición final de aguas residuales.

5.2.1.3 Programación de actividades

Se ha programado como fecha de inicio el 1 de agosto de 2011, sin embargo es una fecha tentativa que podría verse afectada por distintos factores, como la programación de proyectos municipales; disponibilidad de fondos; voluntad política; iniciativa de la comunidad, etc.

La construcción de la planta se pronostica para realizarse en 15 semanas, por los que según la fecha de inicio y sin contratiempos fuera de lo previsto, el fin de la obra estaría proyectado para el 12 de noviembre del mismo año.

A continuación se detalla un listado de tareas, con su posible fecha de inicio y de finalización.

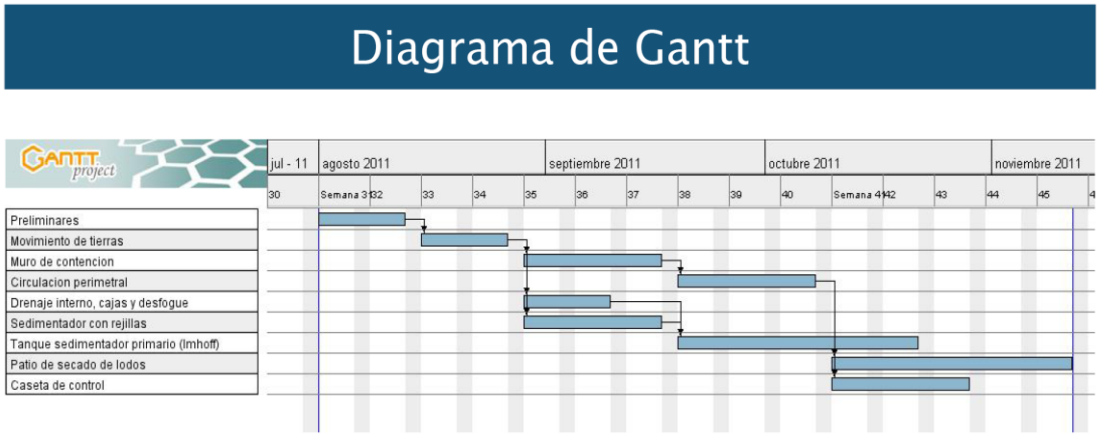
También un diagrama de Gantt en el que se puede observar las posibles fechas de inicio y fin de cada una de las etapas de la construcción.

Figura 10. Lista de tareas de construcción

Lista de tareas

Nombre	Recursos	Fecha de inicio	Fecha de fin
Preliminares		1/08/11	13/08/11
Movimiento de tierras		15/08/11	27/08/11
Muro de contencion		29/08/11	17/09/11
Circulacion perimetral		19/09/11	8/10/11
Drenaje interno, cajas y desfogue		29/08/11	10/09/11
Sedimentador con rejillas		29/08/11	17/09/11
Tanque sedimentador primario (Imhoff)		19/09/11	22/10/11
Patio de secado de lodos		10/10/11	12/11/11
Caseta de control		10/10/11	29/10/11

Figura 11. Diagrama de Gantt de la construcción



5.2.1.4 Control y seguimiento

Se debe contar con una descripción detallada de las operaciones y procedimientos a realizar durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

Monitorear el desempeño de los trabajadores, sus turnos y reportes de actividades presentados ante la directiva del comité.

Dar seguimiento a la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos relacionados con la planta de tratamiento verificar su cumplimiento.

La directiva del Cocode tendrá la responsabilidad y el compromiso de realizar pruebas a los efluentes para demostrar que la planta de tratamiento de aguas residuales funciona bajo los estándares que exigen las leyes nacionales.

Además velar porque se cumplan las metas y objetivos del proyecto. De lo contrario, deberá buscar medidas para corregir los defectos y proponerlas a las autoridades correspondientes.

El control de los procesos, está conformado por un conjunto de mediciones físicas y determinación de características operacionales como: caudal, balance hidráulico, distribución de agua, etc.; determinaciones químicas tales como: oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, pH, demanda química de oxígeno y de otros parámetros complementarios. Las unidades que deberán estar bajo control son:

a) *Rejas.* Para determinar el volumen o peso de sólidos retenidos. Los análisis deberán realizarse diario o semanalmente. Los resultados obtenidos deben ser anotados en una ficha de registro.

b) *Tanque Imhoff.* Cuantificar el volumen o peso del material flotante. Además deben realizarse las pruebas de pH de las aguas afluentes, de las aguas del digestor anaeróbico y verificar la profundidad de lodos. Los estudios de volumen de sólidos semanalmente; el de profundidad de lodos diario; y los de pH de las aguas afluentes quincenal y de pH de las aguas del digestor diario.

c) *Lecho de secado.* Evaluar el grado de avance de la deshidratación para determinar el momento de la limpieza y el mantenimiento del lecho de secado. Adicionalmente, medir la humedad del lodo húmedo y seco, luego de haberse cuarteado.

d) *Afluente (crudo) y efluente de tanque Imhoff.* Las determinaciones a ser realizadas son demanda bioquímica de oxígeno, valor de pH y coliformes. Todos estos análisis se deberán realizar quincenalmente. Las muestras de agua del afluente y del efluente del tanque Imhoff se deberán tomar en el momento más representativo y que por lo general se presenta entre las 10 y 13 horas.

Los resultados obtenidos deben ser anotados en una ficha de registro. Además es necesario que el operador registre cada mes el consumo de energía, datos operativos, datos de mantenimiento, operaciones de emergencia y costos de materiales usados.

5.2.2 Organización

La organización para la operación de la planta de tratamiento debe ser simple, funcional y flexible de forma que una persona pueda llevar a cabo varias actividades, pues al ser una entidad manejada por un Concejo Comunitario de Desarrollo deben estar preparados para que los mismos vecinos cumplan con las tareas necesarias para su funcionamiento.

5.2.2.1 Tipo de organización

El Concejo Comunitario de Desarrollo, está integrado por una asamblea y un órgano de coordinación. El municipio reconoce la personalidad jurídica de este conjunto de personas, igualmente reconoce y otorga personería al representante legal de dicho grupo de personas, pero para colectar o recaudar dinero es Contraloría General de Cuentas quien autoriza, siempre que en Registro Civil haya reconocido la organización con manejo de fondos.

El Concejo Comunitario de Desarrollo tiene por objeto que lo miembros de la comunidad interesados en promover y realizar políticas participativas, se reúnan para identificar y priorizar los proyectos y programas que beneficien a su comunidad. Lo integra la Asamblea Comunitaria, conformada por toda la comunidad y el órgano de coordinación, este grupo de 12 representantes más un presidente son electos por los vecinos.

La planta de tratamiento de aguas residuales será construida con fondos municipales y/o gubernamentales, sin embargo la operación y el sostenimiento estaría a cargo del Cocode de la colonia, pues la municipalidad de Chiquimula no cuenta con los fondos, ni el personal necesario para velar por el óptimo funcionamiento de la planta, solamente se compromete a brindar cierta asesoría y apoyo para la operación y mantenimiento.

5.2.2.2 Organigrama

Al momento de finalizar la construcción, la planta de tratamiento pasaría a ser responsabilidad del Cocode por lo que su organigrama seria así: la Asamblea Comunitaria que la conforman todos los vecinos de la comunidad; el órgano coordinador, formado por el presidente del comité o alcalde auxiliar y 12 personas electas por la asamblea. En lo propiamente relacionado con la operación de la planta de tratamiento está constituido por un operador con su ayudante y un guardián. Ó

Figura 12. Organigrama de la planta de tratamiento

5.2.2.3 Requerimiento de personal

El requerimiento de personal para esta planta de tratamiento es mínimo, sin embargo queda a disposición del Cocode de la colonia la decisión de contratar a las personas necesarias o bien organizarse por turnos para realizar el trabajo, para ambos casos la municipalidad de Chiquimula se responsabilizará de la capacitación y adiestramiento de los encargados.

Para el funcionamiento de la planta de tratamiento se recomienda un operador encargado y un guardián, además puede ser necesario un ayudante para el operador, sin embargo esta responsabilidad se le puede encargar al mismo guardián o bien a vecinos voluntarios.

Además existe la posibilidad de aumentar el número de colaboradores, los días que sean destinados para la limpieza y mantenimiento. También es decisión de los habitantes la decisión de contratar a un guardián para resguardar la planta de tratamiento de aguas residuales.

El personal responsable por la operación y el mantenimiento del servicio de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales requiere tener conocimiento sobre diversos temas vinculados con su trabajo para cumplir con las responsabilidades que ella demanda.

Algunos conocimientos y funciones con los que debe estar familiarizado el operador son:

- La función y el vínculo entre cada uno de los procesos que conforma la planta de tratamiento.
- La capacidad de tratamiento de cada proceso operacional.
- Saber las características de las aguas residuales a ser tratadas incluyendo las variaciones del caudal, cargas orgánicas y de sólidos, etc.
- Conocer los procesos de mantenimiento.
- Ser consciente de la importancia de su trabajo en la conservación del medio ambiente y de la salud de la población en general.
- Obtener información acerca de las características del agua residual a ser tratada.
- Variar la operación de la planta de tratamiento para atender los cambios de caudal o condiciones de carga, teniendo en cuenta la capacidad de cada proceso de tratamiento de la planta en su conjunto.

- Mantener un registro completo y exacto de todos los acontecimientos relacionados con la operación y el mantenimiento.
- Preparar informes basados en los registros de operación y mantenimiento.
- Limpiar la cámara de rejas tanto al ingresar como al terminar su turno de trabajo.
- Retirar el material flotante que pudieran estar presentes en la superficie del tanque Imhoff.
- Disponer adecuadamente los desechos retenidos en la cámara de rejas y los retirados de la superficie del tanque Imhoff.
- Drenar periódicamente el lodo del tanque Imhoff hacia los lechos de secado.
- Limpiar los lechos de secado y poner los lodos secos adecuadamente y lejos de la planta de tratamiento.
- Mantener en buen estado los alrededores de la planta de tratamiento.
- Inspeccionar todos los días el buen funcionamiento del proceso de distribución de las aguas residuales crudas a cada uno de los compartimientos del tanque Imhoff.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1 Marco legal

Considerando que toda legislación ambiental parte de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto 68-86, extraemos los siguientes artículos:

Artículo 1: El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y aprovechamiento de la fauna, la flora, el suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente. Teniendo como objetivo de velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

Artículo 15: El Gobierno velará por el mantenimiento de la cantidad del agua para el uso humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable, por lo que emitirá las disposiciones que sean necesarias y los reglamentos correspondientes para: a) Evaluar la calidad de las aguas y sus posibilidades de aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas; b) Ejercer control para que el aprovechamiento y uso de las aguas no cause deterioro ambiental; c) Revisar permanentemente los sistemas de disposición de aguas servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental y fijar los requisitos; d) Determinar técnicamente los casos en que debe producirse o permitirse el vertimiento de residuos, basuras, desechos o desperdicios en una fuente receptora, de acuerdo a las normas de calidad del agua; e) Promover y fomentar la investigación y el análisis permanente de las aguas interiores, litorales y oceánicas, que constituyen la zona económica marítima de dominio exclusivo; f) Promover el uso integral y el manejo racional de cuencas hídricas, manantiales y fuentes de abastecimiento de aguas; g) Investigar y controlar cualquier causa o fuente de contaminación hídrica para asegurar la

conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies; h) Propiciar en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para mantener la capacidad reguladora del clima en función de cantidad y calidad del agua; i) Velar por la conservación de la flora, principalmente los bosques, para el mantenimiento y el equilibrio del sistema hídrico, promoviendo la inmediata reforestación de las cuencas de ríos y manantiales; j) Prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares de Guatemala; k) Investigar, prevenir y controlar cualesquiera otras causas o fuentes de contaminación hídrica.

6.1.1 Normas legales vigentes sobre tratamiento y uso de las aguas residuales

El Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 establece los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reúso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos.

Buscando proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana, recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización y promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

Además es objeto del presente Reglamento establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico. (Art. 1).

A continuación se presentan el resto de artículos relacionados directamente con proyectos como este:

Articulo 3. Las municipalidades y demás instituciones de gobierno, incluidas las descentralizadas y autónomas, deberán hacer del conocimiento de dicho Ministerio los hechos contrarios a estas disposiciones, para los efectos de la aplicación de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

Artículo 5. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas o no a un cuerpo receptor o al alcantarillado público tendrán la obligación de preparar un estudio avalado por técnicos en la materia a efecto de caracterizar efluentes, descargas, aguas para reúso y lodos.

Artículo 13. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas en un cuerpo receptor o al alcantarillado público, deberá realizar la caracterización del afluente, así como del efluente de aguas residuales e incluir los resultados en el estudio técnico.

Artículo 14. La persona individual o jurídica, pública o privada, que genere aguas residuales para reúso o las reúse, deberá realizar la caracterización de las aguas que genere y que desea aprovechar e incluir el resultado en el estudio técnico.

Artículo 15. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar lodos, deberá realizar la caracterización de los mismos e incluir el resultado en el estudio técnico.

Artículo 16. Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales son los siguientes: a) Temperatura, b) Potencial de hidrógeno, c) Grasas y aceites, d) Materia flotante, e) Sólidos suspendidos totales, f) Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius, g) Demanda química de oxígeno, h) Nitrógeno total, i) Fósforo total, j) Arsénico, k) Cadmio, l) Cianuro total, m) Cobre, n) Cromo hexavalente, o) Mercurio, p) Níquel, q) Plomo, r) Zinc, s) Color y t) Coliformes fecales.

Artículo 18. Los entes generadores, en el Estudio Técnico, deberán incluir la determinación de la demanda química de oxígeno, a efecto de establecer su relación con la demanda bioquímica de oxígeno, mediante la siguiente fórmula: demanda química de oxígeno dividido entre la demanda bioquímica de oxígeno.

Artículo 21. Los entes generadores nuevos deberán cumplir, desde el inicio de sus operaciones, con una meta de tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno, con un parámetro de calidad asociado igual o menor que doscientos miligramos por litro de demanda bioquímica de oxígeno.

En el caso de que el parámetro de calidad asociado sea igual o menor a cien miligramos por litro en la demanda bioquímica de oxígeno, podrán realizar descargas mayores a tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno.

Adicionalmente, deberán cumplir los límites máximos permisibles de los parámetros siguientes:

Figura 13. LMP para entes generadores nuevos

Parámetros	Dimensionales	Límites máximos permisibles
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	20
Fósforo total	Miligramos por litro	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógreno	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1x10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1
Cobre	Miligramos por litro	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.01
Níquel	Miligramos por litro	2
Plomo	Miligramos por litro	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10
Color	Unidades platino cobalto	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Artículo 24. Las municipalidades o empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público y las urbanizaciones existentes no conectadas al alcantarillado público, cumplirán con los límites máximos permisibles para descargar a cuerpos receptores, siguientes:

Figura 14. LMP para municipalidades o empresas encargadas del tratamiento de aguas

			Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro	Dos de mayo de dos mil veintinueve
			Etapa			
Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	100	50	10	10	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	700	250	100	100	100
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	300	275	200	100	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	150	70	20	20
Fósforo total	Miligramos por litro	50	40	20	10	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1x10^8$	$< 1x10^7$	$< 1x10^4$	$< 1x10^4$	$< 1x10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	1	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	3	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.02	0.02	0.01	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	2	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1000	750	500	500

Artículo 25. Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales vertidas al alcantarillado público son los siguientes: a) Temperatura, b) Potencial de hidrógeno, c) Grasas y aceites, d) Materia flotante, e) Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius, f) Demanda química de oxígeno, g) Sólidos suspendidos totales, h) Nitrógeno total, i) Fósforo total, j) Arsénico,

k) Cadmio, l) Cianuro total, m) Cobre, n) Cromo hexavalente, o) Mercurio, p) Níquel, q) Plomo, r) Zinc, s) Color y t) Coliformes fecales.

Artículo 33. Las municipalidades coordinarán con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales la determinación de los criterios técnicos que servirán de base para establecer las tarifas del servicio de tratamiento de aguas residuales, para lo cual se tomará en cuenta como mínimo lo siguiente: a) Los costos de operación, mantenimiento, mejoramiento de calidad y cobertura de servicios. b) Los límites máximos permisibles establecidos en este Reglamento. c) Los estudios técnicos cuyos valores y caracterización sean conocidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el que deba realizar la Municipalidad jurisdiccional. d) La tarifa será diferenciada atendiendo a las características de cada descarga. Las Municipalidades establecerán las tarifas o tasas respectivas de conformidad con el propio Código Municipal.

Artículo 34. El presente Reglamento autoriza los siguientes tipos de reúso de aguas residuales, que cumplan con los límites máximos permisibles que a cada uso correspondan.

Tipo I: reúso para riego agrícola en general: uso de un efluente que debido a los nutrientes que posee se puede utilizar en el riego extensivo e intensivo, a manera de fertirriego, para recuperación y mejoramiento de suelos y como fertilizante en plantaciones de cultivos que, previamente a su consumo, requieren de un proceso industrial, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos.

Tipo II: reúso para cultivos comestibles: con restricciones en el riego de áreas con cultivos comestibles que se consumen crudos o precocidos, como hortalizas y frutas. Para el caso de coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno, deberá cumplirse de conformidad con los límites máximos permisibles.

Tipo III: reúso para acuacultura: uso de un efluente para la piscicultura y camaronicultura, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos.

Tipo IV: reúso para pastos y otros cultivos: con restricciones en el riego de áreas de cultivos no alimenticios para el ser humano como pastos, forrajes, fibras, semillas y otros, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos.

Tipo V: reúso recreativo: con restricciones en el aprovechamiento para fines recreativos en estanques artificiales donde el ser humano sólo puede tener contacto incidental, incluido el riego en áreas verdes, donde el público tenga contacto o no, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos.

Cualquier otro reúso no contemplado en el presente artículo deberá ser autorizado previamente por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Artículo 37. Todo ente generador podrá recircular las aguas residuales antes de que las mismas se viertan al cuerpo receptor. Dicha recirculación no se considerará como reúso ni estará sujeta a las disposiciones del Reglamento.

Artículo 38. Todos los lodos producidos como consecuencia del tratamiento de aguas residuales que representen un riesgo para el ambiente y la salud y seguridad humana deben cumplir los límites máximos permisibles para su disposición final.

Artículo 39. Los lodos que se regulan en el presente Reglamento son aquéllos generados por el tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario o especial.

Artículo 40. Se permite el tratamiento de los lodos por medio de la tecnología o los sistemas que el ente generador considere más adecuados a sus condiciones particulares, incluyendo la incineración a temperaturas mayores de mil quinientos grados Celsius.

Artículo 41. Se permite efectuar la disposición final de lodos, por cualesquiera de las siguientes formas: a) Aplicación al suelo: acondicionador, abono o compost; b) Disposición en rellenos sanitarios; c) Confinamiento o aislamiento; y, d) Combinación de las antes mencionadas.

Artículo 42. Para poder efectuar la disposición final de lodos los valores de sus propiedades fisicoquímicas no deben exceder los límites máximos permisibles descritos en el siguiente cuadro:

Figura 15. LMP de propiedades fisicoquímicas

Disposición Final	Dimensionales	Aplicación al suelo	Disposición en rellenos sanitarios	Confinamiento o aislamiento
Arsénico	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cadmio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cromo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	1500	3000	> 3000
Mercurio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	25	50	> 50
Plomo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	500	1000	> 1000

Artículo 43. Los lodos que presenten metales pesados y que se ajusten a los límites máximos permisibles establecidos podrán disponerse como acondicionador del suelo, en cuyo caso se permitirá disponer hasta doscientos mil kilogramos por hectárea por año. En caso de que la aplicación sea como abono se permitirá disponer hasta cien mil kilogramos por hectárea por año.

Artículo 44. Se permitirá la disposición en un relleno sanitario de los lodos que no sean bioinfecciosos, que no requieran confinamiento y que cumplan con los límites máximos permisibles. Los rellenos sanitarios deberán contar con autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y con aval del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Artículo 45. Los lodos que en su estructura posean compuestos que requieran confinamiento o aislamiento para evitar el impacto adverso del manto freático, las fuentes de suministro de agua superficiales y subterráneas, el suelo, subsuelo y el aire, deben disponerse en recintos que posean autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el aval de los Ministerios de Salud Pública y Asistencia Social y de Energía y Minas.

Artículo 46. La comercialización de los lodos producidos es libre, siempre que los mismos se caractericen y se cumpla con los tratados y convenios internacionales que rijan en la materia ratificados por Guatemala y con lo siguiente: a) No debe permitirse el contacto humano directo con los lodos. b) Los lodos deben cumplir las especificaciones descritas en el artículo 42. c) El transporte de lodos debe realizarse en recipientes y vehículos acondicionados para evitar fugas y derrames. d) Los recintos para su almacenamiento transitorio deben ser autorizados para el efecto por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. e) Las empresas que presten los servicios de extracción, manejo o disposición final deben contar con la autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, y si es aplicable del Ministerio de Energía y Minas.

Artículo 55. Se prohíbe terminantemente la disposición de aguas residuales de tipo ordinario a flor de tierra, en canales abiertos y en alcantarillado pluvial.

Artículo 56. Se prohíbe descargar directamente aguas residuales no tratadas al manto freático.

Artículo 57. Se prohíbe el uso de cualquier tipo de aguas ajenas al ente generador, con el propósito de diluir las aguas residuales.

Artículo 58. Se prohíbe el reúso de aguas residuales en los siguientes casos: a) En las zonas núcleo de las áreas protegidas siguientes: parque nacional, reserva biológica, biotopo protegido, monumento natural, área recreativa natural, manantial y refugio de vida silvestre; b) En las zonas núcleo de los sitios Ramsar, declarados en el marco de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas; c) En otras áreas donde se ponga en riesgo la biodiversidad y la salud y seguridad humana; d) Para el uso con fines recreacionales exceptuando el tipo V.

Artículo 59. Se prohíbe terminantemente efectuar la disposición final de lodos en alcantarillados o cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Además, se prohíbe la disposición de lodos como abono para cultivos comestibles que se pueden consumir

crudos o precocidos, hortalizas y frutas, sin haber efectuado su estabilización y desinfección respectiva ni haber determinado la ausencia de metales pesados y que no excedan las dos mil unidades formadoras de colonia por kilogramo de coliformes fecales.

Artículo 65. Las Municipalidades que opten por cumplir lo preceptuado en el literal b) del artículo 24 de este Reglamento, iniciarán el cumplimiento de los límites máximos permisibles de la etapa uno para entes generadores existentes, el dos de mayo de dos mil once. A partir de dicha fecha, aplicarán las reducciones en los plazos y etapas establecidos, hasta el final de los dieciocho años. Esta disposición no exime a las Municipalidades del cumplimiento de los demás aspectos que contempla el presente Reglamento.

Existen otros instrumentos jurídicos de especial relevancia para el tema, entre ellos:

- El Código Civil, Decreto Ley 106, contiene normas generales sobre el uso y aprovechamiento de las aguas y las principales restricciones sobre su uso.
- El Código Municipal, Decreto 58-88, contiene normas para el uso de las aguas en las jurisdicciones de cada gobierno local.
- El Código de Salud, Decreto 90-97 contiene regulaciones sobre salud y ambiente en los temas de calidad ambiental y agua potable para consumo humano. Obliga a las Municipalidades a abastecer de agua potable a las comunidades, y al Instituto de Fomento Municipal para que en coordinación con el Ministerio de Salud, impulsen una política prioritaria y de necesidad pública que garantice a la población el acceso a agua potable. Prevé regulaciones para la protección a fuentes de agua así como para el uso del procedimiento de declaratoria de Utilidad Pública para los

ríos, lagos, lagunas, riachuelos y otras fuentes de agua a fin de que puedan, ser usados para abastecimiento de agua potable.

- Acuerdo Gubernativo 26-85, Norma COGUANOR establece los aspectos técnicos para el uso del agua potable.
- El Acuerdo Gubernativo 1036-85, establece lo concerniente a la creación del Comité Permanente de Coordinación de Agua Potable y Saneamiento, COPECAS.
- Acuerdo Gubernativo 643-88, regula la creación del Consejo Nacional de Agua y Saneamiento, CONAGUA.
- Decreto 20-93, que aprueba el Convenio de creación del Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica y Panamá.
- Acuerdo Gubernativo 4-72, Reglamento de Riego y Acuerdo Gubernativo 18-72 Reglamento de Operación, Conservación y Administración de los Distritos de Riego, en los cuales se da prioridad a las formas de acceso al agua para fines agrícolas.
- La Ley que Reglamenta la Pesca y la Acuicultura, el Decreto 1235, establece que la pesca es libre, por lo que todo ciudadano podrá pescar en aguas públicas, sujetándose a las leyes y reglamentos que regulan la actividad.
- El Acuerdo Gubernativo 481-95 que establece la Norma COGUANOR se refiere a la regulación relativa a utilizar tubos de hormigón no reforzado para conducción de aguas servidas, desechos industriales y aguas pluviales.
- La Ley que Reglamenta la Piscicultura y la Pesca, Decreto 1235, contiene regulaciones relativas a la prohibición de alterar arbitrariamente las aguas con residuos de industrias o vertiendo en ellas, materiales o substancias perjudiciales o nocivas a la pesca.

- El Decreto 1004 prohíbe depositar, lanzar o mezclar substancias vegetales, químicas, desechos o residuos de la producción agrícola o industrial, a las aguas de los ríos, riachuelos, manantiales y lagos. Igualmente prohíbe el uso de letrinas sin dispositivo de depuración o adecuada filtración de desagües, especialmente si se encuentra en las márgenes de los ríos, riachuelos, manantiales y lagos.

6.2 Impacto ambiental

Es cualquier alteración de las condiciones ambientales o creación de un nuevo conjunto de condiciones ambientales, adverso o benéfico, provocada por la acción humana o fuerzas naturales.

6.2.1 Emisiones

Son todos los fluidos gaseosos, puros o con sustancias en suspensión; así como toda forma de energía radioactiva, electromagnética o sonora, que emanen como residuos o productos de la actividad humana. Las plantas de tratamiento de aguas residuales producen diferentes tipos de emisiones: sólidas, líquidas, gaseosas, sonoras y visibles; sin embargo no todas son perjudiciales, pues algunas de ellas son beneficiosas y reutilizables.

6.2.1.1 Líquido

El agua tratada por una planta de tratamiento es una materia prima valiosa, pues aparte de agua contiene materia orgánica y nutrientes por lo tanto es necesario valorizarla para desarrollo agrícola o para reúso de cualquier naturaleza, en lugar de verter estas aguas semi-tratadas al cauce más cercano.

6.2.1.2 Barro

Cuando el lodo es de cierta calidad puede ser procesado como un biosólido con la intención de reusarlo o revalorizarlo como mejorador de suelo en lugares como cementerios, bosques, jardines públicos, etc. Su comercialización es en consecuencia más fácil, sin embargo el precio de venta solo alcanza para pagar los costos directos de su deshidratación, empaque y transporte. Es de todos modos una fuente nueva de material orgánico para los cultivos de la región.

6.2.1.3 Arena

Las arenas son retenidas en el desarenador y luego deberán ser depositadas en las áreas libres del predio. Facilita el proceso de extracción de arena para el sector productivo que aprovecha esta explotación. Adicionalmente existen menos riesgos de salud pública porque se genera una arena más limpia.

6.2.1.4 Sólidos

Los sólidos suspendidos son partículas no solubles que no son lo suficientemente pesadas para sedimentarse en el cuerpo de agua en que están presentes. Los principales sólidos suspendidos son pequeñas partículas de materia orgánica e inorgánica, microorganismos y plancton. A los sólidos en el agua se pueden adherir microorganismos patógenos y elementos químicos peligrosos para la salud humana.

6.2.1.5 Aerosoles

Algunas operaciones que habitualmente tienen lugar en las plantas de tratamiento de aguas residuales dan lugar a la formación de bioaerosoles o partículas

aerotransportables de origen biológico, que en el caso de ser inhalados, pueden suponer un riesgo para la salud tanto para los operarios de la planta como para los habitantes de zonas residenciales vecinas. Los principales focos de emisión de bioaerosoles se localizan en la entrada de agua cruda y en el área de deshidratación de lodos.

6.2.1.6 Gases

Compuestos volátiles y olores provenientes del proceso de tratamiento o de las operaciones de eliminación de lodos. Este gas natural biológico es una fuente renovable de energía. El biogás se puede utilizar sin tratamiento alguno para casi todos los usos de combustión, en caldera o en estufas. El valor comercial del biogás depende del combustible sustituido. No tiene mayor valor en sustitución de bagazo de caña o de carbón, pero un alto valor en sustitución de electricidad.

Se debe tener mucho cuidado con los gases por que cuando se mezclan con el aire forman una mezcla altamente explosiva. La presencia de fuego directo o de operadores con cigarrillos debe ser prohibido cuando se drene los lodos hacia los lechos de secado.

6.2.1.7 Sonoras

Incremento en los niveles de ruido, provenientes de las máquinas durante el proceso de construcción y del sistema de tratamiento implementado.

6.2.2 Impactos positivos existentes en el ambiente y la salud

La operación y mantenimiento adecuado de cada uno de los componentes del sistema de tratamiento tendrá un impacto directo sobre la salud y saneamiento de los trabajadores y población cercana a la misma.

La aplicación y gestión de programas de tratamientos de aguas residuales ejercen efectos ambientales positivos, en el medio ambiente, salud y calidad de vida de la población.

6.2.2.1 Mejoramiento de la calidad bacteriológica del agua

Disminución de la carga orgánica descargada y reducción de riesgos de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales por escorrentías de aguas servidas. Mejora de la calidad de las aguas receptoras de las descargas de alcantarillado.

6.2.2.2 La reutilización de las aguas residuales tratadas

Las aguas residuales tratadas pueden reutilizarse en el riego de ciertos productos agrícolas y frutales, jardinización y proyectos municipales de construcción.

6.2.2.3 Disminución de riesgos de salubridad

Reducción de problemas de insalubridad en los alrededores de las descargas y por la utilización de fuentes de agua contaminada que contienen grandes concentraciones de organismos patógenos capaces de infectar al ser humano, como lo son las bacterias, protozoos, helmintos y virus.

6.2.2.4 Cumplimiento de leyes vigentes y normas ambientales

La construcción de la planta de tratamiento permitirá a la municipalidad de Chiquimula dar un primer paso para el cumplimiento de las leyes y reglamentos ambientales, a su vez colocara a la colonia El Maestro a la vanguardia en saneamiento comparada con otras urbanizaciones similares, que harán los esfuerzos y gestiones necesarias para cumplir con los mismos requisitos.

6.2.2.5 Mejora de la calidad del suelo

El riego y la fertilización de espacios verdes, con los productos generados por la planta de tratamiento, ayudaran a mejorar la calidad del suelo, así como incrementar su atractivo visual. Además reducirá la utilización de fertilizantes artificiales con su respectiva disminución de gastos y de contaminación. Permitirá conservar el suelo por enriquecimiento con humus y prevenir la erosión del terreno.

6.2.2.6 Mejoramiento de la calidad del aire

Al tratar de recuperar zonas áridas mediante el riego y fertilización de bosques, provocará el incremento en la cantidad y calidad del aire de la región. También se reducirán los olores generados por la descarga de aguas negras sin el previo tratamiento.

6.2.2.7 Aumento de fuentes de trabajo

El proyecto generara empleos directos e indirectos desde el inicio, pues se necesitará una gran cantidad de obreros para su construcción. Además de los empleados que estarán encargados de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

6.2.2.8 Cambios en la calidad de vida

La combinación de todos los beneficios mencionados anteriormente provocará incremento en el nivel de vida de las personas beneficiadas, pues con la puesta en marcha de la planta de tratamiento mejorará la salud de los pobladores y de todos los factores ambientales del ecosistema cercano a la comunidad y a los cuerpos receptores.

También por la generación de fuentes de trabajo durante la construcción y empleo de personal para la operación y mantenimiento. Y la revalorización de los terrenos y propiedades aledañas.

Asimismo cabe señalar el cambio positivo que surgirá al utilizar terrenos sin uso productivo para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

6.2.3 Impactos negativos en el ambiente y la comunidad

Las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden generar impactos ambientales negativos sobre el aire, suelos, aguas, cultivos, flora y fauna y salud humana; por lo tanto la decisión está en la necesidad y el balance entre los impactos negativos y los positivos, al momento de tomar una decisión.

6.2.3.1 Pérdida de hábitat y diversidad de la fauna

Alteración de hábitat de fauna nativa en los sitios de operación y disposición de materiales; alteración temporal de procesos de reproducción, migración y alimentación de algunas especies.

6.2.3.2 Concentraciones significativas de sales

Las aguas residuales tratadas aún pueden contener concentraciones muy significativas de sales que pueden deteriorar el suelo utilizado para cultivos agrícolas.

6.2.3.3 Emisión de olores

Toda planta de tratamiento, sea de tipo fisicoquímico o biológica, de tipo aerobio o anaerobio, es susceptible de generar malos olores. Sin embargo, debido al metabolismo de ciertas bacterias anaerobias (sulfato-reductoras), el medio anaerobio es el más propenso a presentar malos olores, sobre todo cuando en el agua residual existen altas concentraciones de sulfatos y sulfuros.

6.2.3.4 Cambios en la calidad y fragilidad del paisaje

El desarrollo de actividades constructivas genera un impacto en el paisaje. Particularmente durante la eliminación de la cobertura vegetal y los movimientos de tierra esos efectos alcanzan un grado significativo, conforme la obra avanza, el impacto en el paisaje se va reduciendo, hasta que con la finalización de la construcción permanece un efecto neto.

6.2.3.5 Contaminación por descargas de residuos sólidos o por descargas accidentales

Controlar el manejo interno de residuos sólidos no peligrosos (basura), para evitar su dispersión, acumulación y descomposición

El vertido de efluente sin tratar en condiciones de emergencia implica impactos ambientales significativos, en lo que se refiere a la calidad de las aguas y a la generación

de olores en la zona próxima a la descarga. Se entiende por situación de emergencia en la cual el caudal de lluvias supere la capacidad de la planta de tratamiento o en condiciones de falta de energía eléctrica.

Además estará el riesgo a la salud de la población aledaña en caso de fallas en la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento por medio de lodos activados.

6.2.3.6 Generación de residuos

El tránsito de vehículos de construcción puede crear un problema con el polvo (lo cual afectaría la salud de los trabajadores y los pobladores vecinos).

Los trabajos civiles requieren una gran cantidad de excavaciones que generan problemas de polvo y desechos que deberán ser manejados adecuadamente.

6.2.3.7 Alteración del nivel sonoro

Durante el proceso de construcción la maquinaria usada creará niveles significativos de ruidos para los trabajadores, lo cual puede convertirse en un problema también para las áreas vecinas. La operación y el mantenimiento podrán afectar a la población de los alrededores, reduciendo en estos la agudeza auditiva. Provocando desplazamiento o alteración de hábitat por perturbaciones sonoras.

6.2.4 Medidas para la mitigación de los impactos negativos

Las medidas de mitigación son la implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra o acción destinada a eliminar o minimizar los impactos adversos que pueden presentarse durante las diversas etapas de la ejecución de un proyecto.

6.2.4.1 Fauna

Durante las fases de diseño y construcción del proyecto se realizará el inventario de flora y fauna amenazada. Capacitación del personal de construcción sobre la identificación, manejo y re-localización de las especies de acuerdo con el protocolo establecido para cada una

Se prohibirá molestar, dañar, capturar y cazar cualquier especie de fauna existente en el predio y en zonas circundantes. Quedará estrictamente prohibida la introducción de especies de fauna exótica. La fauna se podrá desplazar a otras áreas del predio o aledañas al mismo.

6.2.4.2 Suelo

Se tomarán acciones concretas referentes a la prevención de desastres naturales, incluyendo la realización de obras de mantenimiento y prevención de procesos de erosión en sitios señalados durante los estudios técnicos vinculados al diseño del proyecto.

Control adecuado de la infraestructura de tratamiento de lodos y otros desechos de tratamiento, implementación de recipientes de recolección de desechos especiales.

Se debe disponer de un plan de emergencias para casos de sismo e incendios, u otras fuentes de amenaza natural, con el fin de prevenir o minimizar cualquier impacto en las personas y las propiedades. Este plan deberá ser divulgado y de conocimiento de todos los usuarios.

Todos los residuos serán recogidos y entregados al servicio de recolección correspondiente y habilitado por las autoridades para ser trasladado al sitio de tratamiento y disposición final autorizada. En el sitio donde se dispondrá la basura, se

tomarán medidas para prevenir el derrame de lixiviados y además la posibilidad de que las bolsas sean abiertas y la basura se derrame.

Además se recomienda reforestar y procurar no dañar la vegetación para evitar erosión y alteraciones al ecosistema de la zona.

.

6.2.4.3 Aire

El control de malos olores en una planta de tratamiento de aguas residuales es uno de los problemas más importantes asociados con el rechazo de la población a estos sistemas de saneamiento básico.

El plan de control de olores examinará de forma periódica los sistemas de mitigación de olores ofensivos que puedan escapar hacia zonas residenciales. Control de olores en procesos anaeróbicos, aislamiento de áreas de generación de olores, adición de compuestos químicos neutralizadores

Monitoreo de las emisiones de olores determinando sus niveles midiendo el gas sulfhídrico en el aire. Tampoco se permitirá la quema de basura, ni de ningún otro tipo de material generado o utilizado para el funcionamiento.

6.2.4.4 Agua

Realizar un monitoreo mensual de la calidad del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales efectuando determinación de caudal, análisis completo del efluente incluyendo nutrientes, bacteriología, determinaciones de oxigeno disuelto y DBO.

Se harán muestreos mensuales del cuerpo receptor aguas arriba y aguas abajo de la zona de vertido. Se establecerá un programa de control de vertidos de aguas pluviales no autorizadas al sistema de saneamiento.

6.2.4.5 Ornato

Se debe buscar la óptima inserción de las obras dentro del paisaje preexistente, de forma tal que la percepción final del mismo, sea positiva.

Controlar el manejo interno de residuos sólidos no peligrosos (basura), para evitar su dispersión, acumulación y descomposición.

Evitar la infiltración de aguas residuales al suelo. Utilizar únicamente el área necesaria para la ejecución de las diferentes actividades del proyecto, tratando de aprovechar el espacio disponible al máximo y de minimizar el efecto neto que se producirá en el paisaje local y regional.

Promover la coordinación entre los diferentes componentes de construcción de la obra, para evitar la proliferación innecesaria y poco coordinada de diversos frentes de impacto paisajístico.

Planificar la obra de forma tal que la misma sirva de barrera amortiguadora de los efectos paisajísticos del proyecto.

Utilizar en la medida de lo posible las barreras naturales, sean estas vegetales o topográficas, con el fin de que eviten un mayor impacto paisajístico en el área.

Dejar el terreno libre de desechos, materiales o cualquier otro residuo. Rellenar los huecos dejados y estabilizar el terreno con el fin de evitar los deslaves de terreno, erosión y estancamiento de agua.

Depositar sobre la superficie nivelada al momento de la restauración, el suelo orgánico, recuperado de los trabajos de construcción o de otra fuente, para que se facilite el crecimiento de la vegetación.

Sembrar especies florísticas apropiadas, preferiblemente las de tipo autóctono o nativo. Está prohibida la utilización de especies cuyo sistema radicular, por sus

características invasivas, pueda ocasionar daños a la red de alcantarillado, vías o edificaciones.

El diseño de paisajes no sólo crea un ambiente agradable de trabajo en la planta, también presenta una contribución importante para el control de olores ofensivos, ruido y contribuye a la seguridad.

6.2.4.6 Humano

Se contratará personal de la región, provocando el mejoramiento de la calidad de vida de las familias. Identificar y rotular todas las sustancias y materiales peligrosos que se utilicen, de forma tal que todo el personal que se relacione con las mismas sepa de su condición y de las medidas de prevención que se deben aplicar.

Los trabajadores en las plantas de tratamiento de aguas residuales se ven expuestos a microorganismos patógenos, enfermedades infecciosas, por lo tanto se deben tomar las medidas de protección sanitaria necesarias: lo cual incluye el uso apropiado de equipos y trajes especiales, inmunizaciones y control médico.

Todo el personal que labore en las obras deberá estar dotado de los elementos de seguridad acordes con las actividades que realice. Se debe procurar en lo posible, contar con equipos de primeros auxilios, así como de personal que se encargue de atender a los trabajadores que sufran algún accidente y/o presenten síntomas durante las faenas laborales.

Se realizarán acciones para el control de plagas y vectores que pueden presentarse en el área y afectar la salud de los vecinos.

6.2.4.7 Ruido

Se establecerán mediciones de ruido y vibraciones en las inmediaciones y alrededores de la planta de tratamiento, para verificar si se está cumpliendo con las normas vigentes al respecto. Se recomienda la implementación de pantallas vegetales, (árboles, arbustos), las cuales también servirán para la reducción de malos olores.

Se deberá tomar precauciones necesarias para proteger la salud de los trabajadores y la comunidad al usar maquinarias con bajos niveles de ruido Se deberá colocar señales en la maquinaria que produzca ruido excesivo, indicando la máxima cantidad de decibeles y la necesidad de equipo protector. Los trabajadores deberán utilizar equipo de protección contra ruido en caso de que se sobrepasan los niveles máximos de exposición.

6.2.4.8 Transporte y acopio de los materiales

Todo material transportado desde y hacia la zona debe ser debidamente cubierto para disminuir las emisiones de material particulado. El acopio de los materiales se realizara en áreas previamente delimitadas. Se prestará atención especial a la prevención de derrames de sustancias peligrosas en el suelo o bien sobre los cuerpos de agua con el fin de evitar la contaminación del medio ambiente.

CONCLUSIONES

1. Los habitantes de la colonia El Maestro del municipio de Chiquimula depositan sus aguas residuales en fosas sépticas construidas dentro de sus casas, debido a la carencia de un sistema de recolección y transporte de las mismas. Sin embargo, la red de alcantarillado se encuentra en la fase final de su construcción y que se espera que se pueda concluir con la planta de tratamiento para poder verter el agua debidamente tratada al rio San José.

2. Actualmente no existe en la región, ningún uso para las aguas tratadas, sin embargo, existe la posibilidad de reutilizarla para el riego de jardines, campos deportivos y áreas verdes, lo cual permitirá al comité de vecinos de la colonia agenciarse de fondos adicionales a la cuota mensual establecida. Además, existe la posibilidad de que más adelante las aguas residuales tratadas y lodos generados por este proceso sean utilizados, previo tratamiento adicional, en el riego y fertilización de cultivos.

3. Los habitantes de la colonia El Maestro ya no estarán en riesgo de contraer enfermedades por el contacto y la ingesta de agua contaminada. La calidad del nivel de vida aumentará, pues ya no existirán desagües a cielo abierto que dañan el paisaje. Además existen los beneficios económicos, pues los vecinos gastarán menos en consultas médicas y también aumentará el valor de las propiedades. Mientras que las desventajas se reducen a los olores y gastos administrativos. Por lo tanto se considera que los beneficios y las ventajas tienen más peso que las desventajas.

4. Se determinó que los principales impactos que podría provocar la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales son los cambios paisajísticos, la

alteración del hábitat del área, la generación de olores y desechos sólidos. Sin embargo, existen medidas de mitigación las cuales deberán promover e implementar los vecinos para que el proyecto se mantenga ambientalmente sostenible.

5. Existen diferentes tipos de tratamientos para aguas residuales, sin embargo, el sistema propuesto es una opción muy usada y recomendada cuando los fondos son escasos; además su operación y mantenimiento son sencillos. La planta de tratamiento de aguas residuales estará conformada por tres pozos de absorción, tres cajas, un desarenador con rejillas, un tanque Imhoff y dos patios de secado de lodos. Todos los dispositivos estarán conectados mediante tubería PVC con sus respectivos accesorios. Además contará con un cerco perimetral y una caseta de control. El cumplimiento de las especificaciones técnicas y fechas de entrega será monitoreado por la Oficina de Planificación Municipal.

6. El tipo de planta de tratamiento de aguas residuales que se construirá, es simple, por lo tanto no es necesaria la contratación de personal altamente calificado. Este personal será capacitado por la municipalidad de Chiquimula; pues el manejo, operación, administración y mantenimiento, corre por responsabilidad de la junta directiva del Cocode de la colonia El Maestro del municipio de Chiquimula.

7. El total de la inversión inicial para la construcción de la planta de tratamiento asciende a Q. 562,117.00, el cual se desglosa de la siguiente manera: mano de obra Q. 236,835.00; materiales Q. 310,282.00; y finalmente el estudio de impacto ambiental Q. 15,000.00. Esta inversión inicial deberá ser gestionada como donación por el Concejo Comunitario de Desarrollo, pues no se podría recuperar la inversión durante los veinte años de vida útil de la planta de tratamiento. Sin embargo desde el punto de vista de auto sostenibilidad, el

proyecto si es rentable, pues los ingresos son suficientes para cubrir los costos de operación, mantenimiento, mano de obra y materiales que se generen.

8. Este estudio deberá ser tomado como una guía para la planificación, implementación, diseño, construcción y monitoreo de las actividades y recursos de la planta de tratamiento de aguas residuales.

RECOMENDACIONES

1. Es importante informar a los habitantes de la colonia El Maestro y comunidades vecinas que el agua tratada en esta planta no deberá utilizarse para el riego de frutas y hortalizas; tampoco en la construcción, pues esta podría alterar las propiedades de los materiales.

2. Se aconseja crear un fondo de ahorro del comité de vecinos de la colonia El Maestro del municipio de Chiquimula, donde se depositen las ganancias obtenidas de la venta del agua tratada, para luego invertirlas en tratamientos adicionales, que permitan la reutilización de los desechos en el riego y la fertilización.

3. Es necesario realizar un plan de contingencia para manejar los accidentes ambientales que pudieran ocurrir. También se recomienda la creación de una brigada de vecinos de la colonia capacitados en este tipo de emergencias y además puedan ayudar en las tareas de mantenimiento y limpieza de la planta de tratamiento de aguas residuales.

4. Realizar alianzas estratégicas con centros educativos y organizaciones ambientales; para promover los beneficios ambientales y didácticos del programa y para incentivar la creación de proyectos similares en comunidades cercanas.

5. Buscar asesoría en temas administrativos y económicos a los miembros del Concejo Comunitario de Desarrollo para garantizar un buen manejo y dirección, así como la capacitación constante de los operadores para el óptimo funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Astorga Gatgens, Allan. Manual Técnico de EIA: Lineamientos generales para Centroamérica. CCAD–UICN–Gobierno de Holanda. San José, Costa Rica. 2003. 54pp.

2. Aznar, Antonio. Tecnologías Ecológicas de bajo coste. Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales. Universidad Carlos III de Madrid. España. 2004. 84pp.

3. Baca Urbina, Gabriel. Evaluación de Proyectos. 4ª. ed. México: Editorial McGraw-Hill, 2001. 383pp.

4. CEPEP. Guía general para la Preparación y Presentación de Estudios de Evaluación Socioeconómica de Proyectos para la Construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. México. 2006. 13pp.

5. CEPIS-OPS. Especificaciones Técnicas para la Construcción de Tanque Séptico, Tanque Imhoff y Laguna de Estabilización. Lima, Perú. 2005. 47pp.

6. CEPIS-OPS. Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. Lima, Perú. 2005. 34pp.

7. Código Municipal. Decreto No. 12-2002. Congreso de la República de Guatemala. 2002. 48 pp.

8. Conil, Phillipe. Avances Conceptuales para el Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas (a.r.d.) en el Trópico. ACODAL. Colombia. 2000. 51pp.

9. Fontaine, Ernesto R. Evaluación Social de Proyectos. 12ª. Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Chile: Ediciones Alfa omega. 1999. 480pp.

10. Guevara Vera, Antonio. Cepis. Control de Calidad del Agua, Métodos de Análisis para la Evaluación de la Calidad del Agua. Lima, Perú. 1996. 47pp.

11. Instituto de Incidencia Ambiental, Universidad Rafael Landívar. Indicadores Ambientales Municipales: Manual para determinar el estado de gestión de los desechos sólidos y el agua a nivel local en la república de Guatemala. Guatemala. 2004. 49pp.

12. Instituto Nacional de Estadística (INE). Proyecciones de Población y Lugares Poblados con base al XI Censo de Población y VI de Habitación, Periodo 2000-2020. Guatemala. Consultado el 20 de febrero de 2007. Disponible en www.ine.gob.gt

13. León, Carlos. Evaluación de Inversiones: Un enfoque privado y social. Perú, Universidad Católica de Santo Toribio de Mogroviejo, Escuela de Economía. 2007. 58pp.

14. Ley de los consejos de desarrollo urbano y rural. Decreto numero 52-87. Congreso de la Republica de Guatemala. 1987. 8pp.

15. Ley del Organismo Ejecutivo. Decreto 114-97. Congreso de la Republica de Guatemala. 1997. 40pp.

16. Llanos, Edgar. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cañaveralejo PTAR-C Santiago de Cali. ACODAL. Colombia. 2000. 24pp.

17. Menéndez Gutiérrez, Carlos y Pérez Olmo, Jesús. Procesos para el Tratamiento Biológico de Aguas Residuales. Editorial Universitaria-Editorial Félix Varera. La Habana, Cuba. 2007. 298pp.

18. Metcalf & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización, 3ª ed. (volumen I). Editorial McGraw-Hill. 1998. 1485pp.

19. Núñez Jiménez, Enrique. Guía para la Preparación de Proyectos de Servicios Público Municipales. INAP. Géminis Editores e Impresores S.A. de C.V., México, 1999. 235pp.

20. Oakley, Stewart. Manual de Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento, Monitoreo y Sostenibilidad. Fhis, USAID, RRAS-C.A. Honduras. 2005. 247pp.

21. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Informe Departamental de Desarrollo Humano, Chiquimula. Guatemala. 2005.140pp.

22. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Manual de Legislación Ambiental de Guatemala. Guatemala. 1999. 114pp.

23. Reglamento de la ley de contrataciones del estado. Acuerdo gubernativo No. 1056-92. Ministerio de Finanzas Públicas. Presidencia de la Republica de Guatemala. 1992. 28pp.

24. Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Acuerdo gubernativo No. 236-2006. Presidencia de la Republica de Guatemala. 2006. 24pp.

25. Ramalho, Rubens Sette. Tratamiento de las Aguas Residuales. Barcelona, España: Editorial Reverte. 1996. 705pp.

26. Sánchez de León, Ever Manolo. Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de A Aguas Residuales en América Latina: realidad y potencial. Estudio general del caso: Sololá, Guatemala. IDRC–OPS/HEP/CEPIS. Guatemala. 2001. 37pp.

27. Sapag Chaín, Nassir, Proyectos de Inversión. Formulación y Evaluación. México: Prentice Hall. México. 2007. 483pp.

28. Sapag, N. y Sapag R. Preparación y Evaluación de Proyectos. Colombia: McGraw-Hill. 2000. 439pp.

29. Tánchez Urbina, Claudia Carolina. Estudio de prefactibilidad de un proyecto para envasar y comercializar agua pura en la planta Cambray de la Empresa municipal de agua, Ciudad de Guatemala, Departamento de Guatemala. Tesis Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala. 84pp.

30. Universidad de San Carlos de Guatemala. Formulación y evaluación de Proyectos. Facultad de Ingeniería. Guerrero Spínola de López, Alba Maritza. Guatemala. 2003. 116pp.

31. Vanegas, A. y Uribe, J.P., Plan de negocios para la creación de una planta de procesamiento de residuos sólidos urbanos para la producción de compost. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia. 2004. 412pp.

ANEXOS

Tabla XX. Flujo de caja análisis de sensibilidad. Cifras en Quetzales

Concepto	Inversión inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5*
INGRESOS	**0.00**	**32,550.00**	**41,550.00**	**50,550.00**	**59,550.00**	**81,330.00**
Cuota vecinal		30,300.00	38,700.00	47,100.00	55,500.00	76,680.00
Venta de agua		2,250.00	2,850.00	3,450.00	4,050.00	4,650.00
EGRESOS	**563,653.00**	**28,800.00**	**30,610.00**	**33,130.00**	**36,115.00**	**39,910.00**
Construcción	547,117.00					
EIA	15,000.00					
Organización	500.00					
Herramientas	1,036.00	300.00	360.00	385.00	410.00	430.00
Materiales		1,800.00	2,000.00	2,250.00	2,300.00	2,370.00
Servicios		1,200.00	1,320.00	1,450.00	1,525.00	1,700.00
Administración		300.00	330.00	345.00	380.00	410.00
Sueldos		25,200.00	26,600.00	28,700.00	31,500.00	35,000.00
SALDOS	**-563,653.00**	**3,750.00**	**10,940.00**	**17,420.00**	**23,435.00**	**41,420.00**
VPN (quetzales)	**-500,788.09**					

* Aumento de la cuota mensual a Q 30.00.

Figura 16. Mapa de cuencas hidrográficas del departamento de Chiquimula

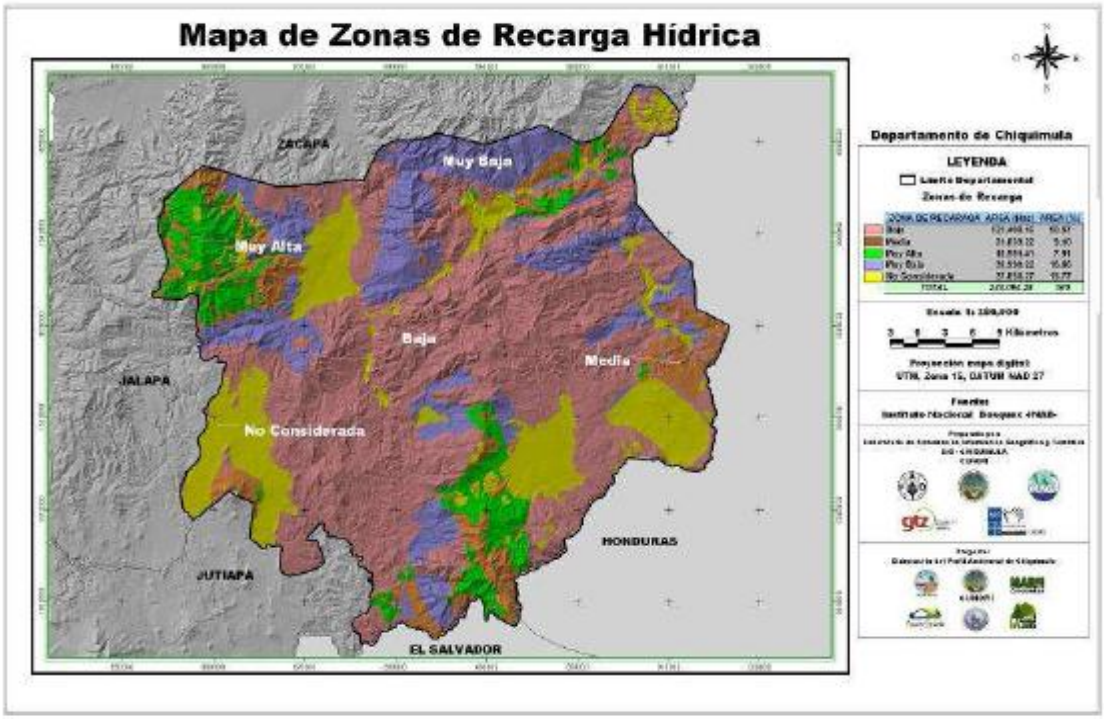



Figura 17. Mapa de zonas de recarga hídrica del departamento de Chiquimula