

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



Universidad de El Salvador
Hacia la libertad por la cultura

Tema:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y SOCIOECONÓMICA PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
EN EL MUNICIPIO DE VILLA EL REFUGIO, DEPARTAMENTO DE AHUACHAPÁN

Presentado por:

Dueñas Grijalva, Omar Guillermo
Eduardo Aguirre, José Fernando
Rivera Castillo, Marlín Arnoldo

PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:

Ingeniero Industrial.

DOCENTE DIRECTOR:

ING. RAUL ANTONIO ZAVALA ALVARADO

NOVIEMBRE 2014

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTROAMÉRICA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

VICERRECTORA ACADÉMICA

Maestra Ana María Glower de Alvarado

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Maestro Óscar Noé Navarrete

SECRETARÍA GENERAL

Dra. Ana Leticia Zavaleta de Amaya

DEFENSORA DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

Licda. Claudia María Melgar de Zambrana

FISCAL GENERAL

Licdo. Francisco Cruz Letona

AUTORIDADES FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DECANO

Licdo. Raúl Ernesto Azcúnaga López

VICEDECANO

Ing. William Virgilio Zamora Girón

SECRETARIO

Licdo. Víctor Hugo Merino Quezada

JEFA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Ing. y Máster Soraya Lissette Barrera Rivera

TRIBUNAL CALIFICADOR INTEGRADO POR:

Ing. Raúl Antonio Zavaleta Alvarado
DOCENTE DIRECTOR

Ing. Manuel de Jesús Albanés

Ing. Douglas García Rodezno

Agradecimientos:

A DIOS,

Por permitirme que cada una de mis metas y objetivos hasta el día de hoy se cumplan, por estar siempre en cada uno de esos momentos difíciles en los que más te necesite, gracias ahora por la oportunidad de concluir este ciclo de mi vida y concederme la sabiduría y la capacidad de discernimiento en el desarrollo de este proyecto, gracias porque sin ti todo esto no sería posible.

A Mis Padres,

Carmen Elena Aguirre de Eduardo: Gracias por brindarme los principios y valores fundamentales en mi formación personal y profesional que han sido parte de mi crecimiento a lo largo de este trayecto, gracias por todas y cada una de esas palabras sabias que fueron tan acertadas en los momentos difíciles, pero principalmente gracias por tu amor.

Fredy Renso Eduardo Ortiz: Gracias a ti por ser un padre ejemplar, gracias por esos silencios llenos de paz que muchas veces significaron más que mil palabras, por mostrarme que la humildad y el saber esperar son palabras que no se deben subestimar, gracias por hacerme una persona fuerte y responsable ante las adversidades. Gracias por ser esos dos pilares de los cuales siempre podré sostenerme.

A mi Esposa,

Ana Mercedes Flores, Por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles de mi carrera, por compartir un camino de estudio lleno de muchas vivencias de las cuales hemos aprendido y por haberme apoyado en el desarrollo de este trabajo de graduación, y brindarme su amor, confianza y comprensión cada día.

A Mis Compañeros de trabajo de grado,

Marlin Rivera y Guillermo Dueñas, gracias por su incondicional apoyo en momentos difíciles de nuestra carrera, pero especialmente por los lazos de amistad que hemos podido crear, por la paciencia y la comprensión que nos tuvimos muchas gracias.

A nuestro asesor,

Ing. Raúl Antonio Zavaleta, por jugar un papel muy importante en este proyecto, por sus aportes, correcciones, por su tiempo y comprensión necesaria que fueron de mucha ayuda para que este trabajo se llevara a cabo.

José Fernando Eduardo Aguirre

Agradecimientos:

Le agradezco a Dios todo poderoso por haberme acompañado y guiado a lo largo de esta experiencia, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

Les agradezco la confianza, apoyo y enseñanza a mis profesores por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad.

Gracias Ingeniero Raúl Antonio Zavaleta por todo el apoyo. Por darnos la oportunidad de aprender cosas nuevas y sobre todo por su comprensión con nosotros.

A Marlín Rivera por haber sido un excelente compañero de tesis y amigo de toda la carrera, por haberme tenido la paciencia necesaria y por motivarme a seguir adelante en los momentos de desesperación y sobre todo por tu amistad.

A mi abuelo Julián que aunque ya no se encuentre con nosotros físicamente, siempre estará presente en mi corazón, por haber creído en mí hasta el último momento.

¡Ya soy Ingeniero!

Omar Guillermo Dueñas Grijalva.

Agradecimiento:

A *Dios* primeramente por la oportunidad que me ha brindado de coronar mi carrera y cumplir esta meta, este sueño, por la vida misma que me ha permitido y por todo lo recibido de su mano, al hijo *Jesucristo* por dar su vida por mí y darme la vida eterna, y al *Espíritu Santo* por no apartarse ni un momento, y ser mi protector y mi defensor ante padre celestial.

A mi familia por apoyarme siempre y mostrar su incondicional amor hacia mí y que sin su cariño, consejo y correcciones no sería la persona que ahora soy.

A mi padre *Julián Rivera*, por su apoyo en todo momento de mi vida por su ejemplo por su dedicación a la familia y a mostrarme que las metas solo se logran y se aprecian con esfuerzo y valentía, y que el respeto y honor debe ser parte fundamental de mi vida.

A mi madre *Ena Noemí Castillo*, por su amor incondicional, por su esfuerzo de hacerme una persona de bien, por enseñarme el valor del dinero, de las pertenencias y saber compartirlas con las demás que también las necesitan, ¡te amo mama!

A mis hermanas *Evelin* y *Norelby*, por su apoyo incondicional sin el cual mi vida le haría falta ese sentimiento de pertenencia que ahora tengo, las amo hermanas.

A mis amistades y compañeros que de una forma u otra ayudaron a forjar mi persona, por brindar momentos bueno, malos y por esos momentos les agradezco.

A el docente director, Ing. Raúl Antonio Zavaleta por el apoyo brindado y otros docentes que contribuyeron a la formación de mi persona a lo largo de la carrera.

A mis compañeros de trabajo de grado y en especial a mi amigo *Omar Dueñas*, por saber estar ahí cuando se necesita hablar, llorar, reír, discutir, desvelarse, aprender, muchas gracias hermano por tu valiosa amistad.

Marlín Arnoldo Rivera Castillo.

Índice

Introducción	14
Formulación del problema	14
Justificación del estudio	17
Generalidades	19
Objetivos	21
Alcances	22
Limitantes.....	23
CAPÍTULO I.....	24
“MARCO TEORICO”	24
1.1. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL	25
1.1.1. Constitución de la Republica.....	25
1.1.2. Código de salud.....	26
1.1.3. Ley de medio ambiente	27
1.1.4. Ley de creación de ANDA	27
1.1.5. Reglamento sobre calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección de contaminación	29
1.1.6. Reglamento especial de aguas residuales del Ministerio Del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).....	30
1.1.7. Nueva normativa (en proceso de aprobación)	33
1.1.8. Disposiciones legales en materia de seguridad e higiene industrial	37
1.2. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	46
1.2.1. Generalidades sobre plantas de tratamiento de aguas residuales	46
1.2.2. Aguas Residuales	46
1.2.3. Características de las aguas residuales	48
1.2.4. Procesos y operaciones unitarias del tratamiento de aguas residuales	54
1.2.5. Aplicación de los procesos y operaciones de tratamiento para aguas residuales	62
Pre tratamiento de aguas residuales:	62
1.3. ENFOQUE NACIONAL DEL PROBLEMA	72
1.3.1. Situación del recurso hídrico en El Salvador	72
1.3.2. Antecedentes de la problemática.....	78
1.3.3. Marco legal e institucional	80
1.4. Localización de la planta.....	84
1.5. Bases del estudio financiero	87
1.5.1. Método del valor presente neto (VPN).....	87
1.5.2. Método de la tasa interna de retorno (TIR)	87
1.5.3. Método de la relación beneficio costo.....	88

1.5.4.	Método del tiempo de recuperación de la inversión.....	89
CAPÍTULO II DISEÑO METODOLÓGICO.....		90
2.1.	Metodología de la investigación	91
2.2.	Tipo de la investigación	91
2.3.	Diseño de la metodología de investigación.....	92
2.4.	Definición del universo y la muestra a investigar	93
2.5.	Tipo de muestreo.....	94
2.6.	Operacionalización de las variables	94
2.6.1.	Hipótesis de la investigación.....	94
2.6.2.	VARIABLES DEL ESTUDIO.....	95
2.7.	Técnicas de recolección y análisis de los datos.....	100
CAPÍTULO III ESTUDIO DE MERCADO ACEPTACIÓN Y SENSIBILIDAD DE LA POBLACIÓN		
.....		102
3.1.	Generalidades y objetivos del estudio.....	103
3.2.	Definición del servicio	103
3.3.	Análisis de la demanda del servicio	104
3.4.	Recopilación de la información secundaria.....	104
3.5.	Recopilación de la información primaria	106
3.5.1.	Sujetos de estudio.....	106
3.5.2.	VARIABLES DE ESTUDIO A EVALUAR.....	106
3.5.3.	Estudio previo	107
3.5.4.	Muestra y validación de los instrumentos de recolección de datos	108
3.5.5.	Instrumento de recolección de datos	110
3.6.	Análisis de resultados.....	110
3.7.	Proyección de la demanda.....	122
3.8.	Proyección de la oferta a la demanda del servicio	123
CAPÍTULO IV PROPUESTA DE DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL MUNICIPIO DE VILLA EL REFUGIO.		124
4.1.	Ubicación de la planta de tratamiento.	125
4.2.	Análisis recomendados para medir características y parámetros de las aguas residuales en el municipio de Villa El Refugio.	128
4.3.	Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales (Definición, secuencia de procesos y operaciones).	129
CAPÍTULO V OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....		137
5.1.	Operación y mantenimiento	138
5.2.	Proceso general	138
5.3.	Procedimientos.....	138

5.4.	Objetivos, documentación de control y verificación del manual de operación y mantenimiento.....	139
5.5.	Manual de operación y mantenimiento.....	140
5.5.1.	Sección 1 operación y mantenimiento.....	141
5.5.2.	Sección 2 Seguridad dentro de la planta	154
5.5.3.	Sección 3 salud ocupacional	169
	CAPÍTULO VI FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	173
6.1.	Factibilidad económica	174
6.1.1.	Inversión fija	174
6.1.2.	Inversión diferida (intangibles).....	175
6.2.	Depreciaciones y amortizaciones	177
6.3.	Costos operativos y de mantenimiento.....	178
6.3.1.	Accesorios y herramientas	180
6.3.2.	Insumos	186
6.3.3.	Costos de salud y seguridad ocupacional.....	191
6.3.4.	E.P.P.....	192
6.4.	Costos de financieros.	204
6.4.1.	Ingresos	205
6.4.2.	Flujos Netos de Efectivo	206
	CAPÍTULO VII EVALUACIÓN FINANCIERA.....	207
7.1.	Evaluación Económica.....	208
7.2.	Evaluación económica escenario sin financiamiento.....	214
7.3.	Evaluación financiera con financiamiento e ingresos variables.....	220
	CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES	227
8.	Conclusiones	228
8.1.	Estudio de mercado (aceptación y sensibilidad de la población).....	228
8.2.	Estudio técnico de la planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de villa de El refugio.	230
8.3.	Estudio de factibilidad económica y financiera	231
	RECOMENDACIONES	234
	Bibliografía	236
	Glosario técnico	239
	ANEXOS.....	241

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Cuadro resumen de leyes que rigen las plantas de tratamiento.....	82
Ilustración 2. Microlocalización de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	84
Ilustración 3. Habitantes que cuentan con el servicio de agua potable	112
Ilustración 4. Evaluación del servicio de agua potable	113
Ilustración 5. Demanda actual.....	114
Ilustración 6. Pago por el servicio de agua potable.....	116
Ilustración 7. Conocimiento de la población acerca de proyectos de protección al medio ambiente por parte de la alcaldía.....	117
Ilustración 8. Conocimiento sobre lo que son planta de tratamiento de aguas residuales.....	118
Ilustración 9. Interés por la protección del medio ambiente	119
Ilustración 10. Aceptación de la planta de tratamiento aguas residuales	120
Ilustración 11. Aceptación de pago por el servicio alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.....	121
Ilustración 12. Esquema de flujo de los procesos	134
Ilustración 13. Rombo de seguridad.....	159
Ilustración 14. Ubicación de la planta.....	242
Ilustración 15. Vista de localización de planta de tratamiento	242
Ilustración 16. Esquematación del diseño de la planta de tratamiento.....	243
Ilustración 17. Tratamiento preliminar.....	244
Ilustración 18. Vista lateral de Desarenador	244
Ilustración 19. Esquema del tratamiento preliminar	245
Ilustración 20. Vista de rejillas del Desarenador.....	245
Ilustración 21. Vista de esquema de sedimentadores primarios y secundarios	246
Ilustración 22. Vista de sedimentador secundario.....	246
Ilustración 23. Vista de esquema de digestor de lodos.....	247

Índice de tablas

Tabla 1. Capacidad de tuberías	28
Tabla 2. Labores peligrosas detectadas	40
Tabla 3. Principales grupos solo de infección.....	52
Tabla 4. Operaciones comunes en la planta de tratamiento	55
Tabla 5. Resumen de químicos utilizados en la planta tratamiento de aguas residuales.....	56
Tabla 6. Resumen de procesos Biológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales.....	59
Tabla 7. Funciones principales de eliminación de partículas en el afluente.	68
Tabla 8. Matriz de Operacionalización de variables	99
Tabla 9. Proyecciones de la demanda optimista.....	122
Tabla 10. Proyecciones de la demanda pesimista	123
Tabla 11. Criterios de clasificación.....	126
Tabla 12. Resumen de factores para la Microlocalización.....	127
Tabla 13. Rangos de Caudales para Canaletas Parshall con Flujo Libre.	130
Tabla 14. Resumen de procedimientos por etapa.....	139
Tabla 15. Resumen de parámetros y punto de control	140
Tabla 16. Actividades de desbaste	141
Tabla 17. Actividades de desarenado.....	143

Tabla 18. Actividades de proceso de medición de caudal.....	144
Tabla 19. Actividades de proceso de derivación auxiliar de lodos	145
Tabla 20. Actividades del proceso de derivación auxiliar de lodos	146
Tabla 21. Actividades de proceso de filtrado	147
Tabla 22. Actividades de procesos de sedimentación primaria.....	148
Tabla 23. Actividad de análisis de proceso de sedimentación secundaria	149
Tabla 24. Actividades de proceso de digestor de lodos	150
Tabla 25. Actividades de proceso de vertido de afluente.....	151
Tabla 26. Actividades del proceso de análisis y verificación.....	152
Tabla 27. Actividades de proceso de secado de lodos	153
Tabla 28. Compilación de riesgos de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	154
Tabla 29. Costos de inversión fija.....	174
Tabla 30. Resumen de maquinaria y equipo	174
Tabla 31. Resumen de costo de mobiliario y equipo de oficina.....	175
Tabla 32. Resumen de la inversión diferida	175
Tabla 33. Resumen de inversión inicial total	176
Tabla 34. Resumen de depreciaciones y amortizaciones durante los próximos 5 años	177
Tabla 35. Pago de planilla año 2015	178
Tabla 36. Pago de planilla año 2016	178
Tabla 37. Pago de planilla año 2017	179
Tabla 38. Pago de planilla año 2018	179
Tabla 39. Pago de planilla año 2019	180
Tabla 40. Resumen de accesorios y herramientas para el año 2015	180
Tabla 41. Resumen de accesorios y herramientas para el año 2016	182
Tabla 42. Resumen de accesorios y herramientas para el año 2017	183
Tabla 43. Resumen de accesorios y herramientas para el año 2018	184
Tabla 44. Resumen de accesorios y herramientas para el año 2019	185
Tabla 45. Resumen de Costos de insumos para el año 2015.....	186
Tabla 46. Resumen de Costos de insumos para el año 2016.....	187
Tabla 47. Resumen de Costos de insumos para el año 2017.....	188
Tabla 48. Resumen de Costos de insumos para el año 2018.....	189
Tabla 49. Resumen de Costos de insumos para el año 2019.....	190
Tabla 50. Resumen de costos varios anuales 2015-2019	191
Tabla 51. Resumen de costo de equipo de protección año 2015.....	192
Tabla 52. Resumen de costo de equipo de protección año 2016.....	193
Tabla 53. Resumen de costo de equipo de protección año 2017.....	194
Tabla 54. Resumen de costo de equipo de protección año 2018.....	195
Tabla 55. Resumen de costo de equipo de protección año 2019.....	196
Tabla 56. Resumen de Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2015	196
Tabla 57. Resumen de Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2016	198
Tabla 58. Resumen de Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2017	199
Tabla 59. Resumen de Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2018	200
Tabla 60. Resumen de Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2019	202
Tabla 61. Costos totales.	204

Tabla 62. Resumen de ingresos por año 2015-2019	205
Tabla 63. Resumen de flujo netos de efectivo.....	206
Tabla 64. Evaluación del valor presente neto.....	210
Tabla 65. Evaluación de La TIR	211
Tabla 66. Evaluación relación beneficio costo.....	212
Tabla 67. Evaluación del tiempo de recuperación de la inversión.....	213
Tabla 68. Resumen de costos sin financiamiento.....	214
Tabla 69. Resumen de flujos netos de efectivo	214
Tabla 70. Evaluación del valor presente neto.....	216
Tabla 71. Evaluación de la TIR.....	217
Tabla 72. Evaluación relación beneficio costo.....	218
Tabla 73. Evaluación del tiempo de recuperación de la inversión	219
Tabla 74. Resumen de ingresos anuales escenario con financiamiento y tasa municipal aumentada	221
Tabla 75. Resumen de flujo netos de efectivo para escenario con financiamiento y tasa municipal aumentada	222
Tabla 76. Evaluación del valor presente neto escenario con financiamiento y tasa municipal aumentada.	223
Tabla 77. Evaluación de la TIR escenario con financiamiento y tasa municipal aumentada.....	224
Tabla 78. Evaluación relación beneficio costo escenario con financiamiento y tasa municipal aumentada.	225
Tabla 79. Evaluación del tiempo de recuperación de la inversión.....	226

Introducción

En los últimos años el ecosistema mundial se ha deteriorado de una manera acelerada, dando lugar a múltiples efectos sobre el mismo, uno de ellos es el efecto invernadero, que da como resultado el calentamiento global, siendo un precedente para el cambio climático del mundo, el aumento de la contaminación y la devastación de la flora y recursos naturales del planeta han llevado en aumento aún más el deterioro del mismo, en cuanto a nuestro país El Salvador, sabiendo que este tiene una extensión territorial pequeña (cerca de unos 21,742 km²) con respecto a países vecinos, su población se aproxima a los 6,279, 800 de habitantes para el año 2014, no es la excepción sus mantos acuíferos y fuentes de abastecimiento se están deteriorando con la contaminación, tanto del suelo, como de las aguas superficiales en cuanto a esta problemática, se tiene el presente documento en el cual se plantea la factibilidad de una solución a nivel municipal que evite este deterioro.

Se presenta de la manera siguiente: *“Estudio De Factibilidad Técnica Y Socioeconómica Para La Construcción De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales En El Municipio de Villa El Refugio departamento de Ahuachapán”*, en la cual se brinda la información necesaria para conocer de primera mano en que consiste el proyecto de instalación y operacionalización de la planta de tratamiento de aguas residuales domiciliarias, se brinda a las vez la situación que actualmente el municipio tiene con respecto al abastecimiento y deshecho del recurso hídrico, se muestra un estudio de aceptación y sensibilidad con el cual se tiene la apreciación real del problema, así como también brinda las bases para proponer las instalaciones, en cuanto a diseño y operación se refiere el diseño propuesto es de primera gama y que cubre las necesidades de la población y del problema de contaminación, así mismo el sometimiento a una evaluación económica-financiera del diseño de instalación y operación propuesto, para saber si la municipalidad puede o no llevar acabo tan importante obra de protección al medio ambiente y proveer una mejor condición de vida en cuanto a salubridad e higiene de sus habitantes.

Formulación del problema

Según la Administración Nacional de acueductos y Alcantarillados la realidad de nuestro país, para el caso en específico del año 2010 (ANDA 2010), en el cual se data que de

las 262 municipalidades del país, solamente 89 cuentan con un sistema de alcantarillado y de estas se tiene que 8 cuentan y mantienen en funcionamiento una sistema de tratamiento de aguas residuales, por lo tanto las que no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales, las aguas desechadas que se recolectan con sus sistemas de alcantarillado, se vierten en sitios no adecuados según las regulaciones vigentes, ya sea debido a sus costes o a la falta de previsión en materia de protección al recurso hídrico, es por ello que siempre se busca un lugar para la evacuación de dichas aguas, en la cual la opción que se elige no siempre es la más beneficiosa para el medio ambiente y su impacto es mayor y los más desprotegidos, son siempre los más afectados.

Ahora el medio ambiente de nuestro país está en un alto deterioro, causado en gran medida por la mano del hombre, la cultura Salvadoreña no contempla la idea de tener un plan de protección para el medio ambiente donde se vive, sin embargo el daño al mismo, si afecta a la población en general, los mantos acuíferos Salvadoreños están en su mayoría contaminados¹ y los pocos que quedan tienen el peligro de estarlo en un futuro, es así como surge la idea de hacer un buen uso del ingenio del hombre y la tecnología que ya se ha descubierto y llevado a cabo en otros lugares del mundo, esto con respecto al tratamiento de las aguas residuales y la forma de reutilizar este tipo de desechos y encausarlo al beneficio de la población en general.

Para mostrar el problema de una forma más objetiva, hace de su conocimiento que en el municipio de Villa El Refugio, actualmente se mantiene en vías de desarrollo con los proyectos de alcantarillado que se pretende que se implementan en el casco urbano, pero que se sigue suscitando el problema del desemboque de dichas aguas en el río “El Refugio” uno de los afluentes del Río Paz, contemplando este hecho y el grave daño que ya se ha hecho al medio ambiente en dicho lugar es de importancia la búsqueda de una solución eficaz y factible para el problema. Lo que conlleva a considerarlo un problema como tal.

La situación que actualmente tiene la comuna de Villa El Refugio con respecto a la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales es, evaluar la capacidad de mantenerla operando la planta de tratamiento de aguas residuales con los ingresos propios y si el proyecto será bien visto por la población. Con lo que se considera problema para el equipo

¹ Según el estudio hecho por PNUD y MIRANDA en su informe del “estudio hídrico de centro América y el Caribe” y los estudio sociodemográficos de la calidad de vida que se tiene en la región.

de investigación el “Estudio De Factibilidad Técnica Y Socioeconómica Para La Construcción De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales En El Municipio de Villa El Refugio”, esto dará un aporte para la toma de decisiones sobre el tema, a las autoridades como alcalde, concejo municipal y demás interesados en el proyecto, para sustentar sus decisiones en criterios lógicos que puedan dar como resultado una solución a los problemas que se tienen con respecto al tema ambiental y sanitario del municipio.

Justificación del estudio

Una forma de expresar la preocupación por el medio ambiente es la creación de políticas y normativas ambientales que den como resultado su protección, el tema está relacionado con la solución de un problema que genera un efecto cascada en la población y el hábitat de la misma localidad, el hecho negativo por así decirlo, será sometido a evaluación de la sensibilidad en la población circundante y a estudios económicos con el fin de cerciorarse de la capacidad financiera de la alcaldía con su actual recaudación de impuesto y sostenibilidad para programas de protección al medio ambiente.

El boletín de trabajos realizados por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA 2011), se describe la necesidad de protección del medio ambiente; en la formulación del problema, se ha enmarcado como la evaluación tanto social (estudio de sensibilidad), técnica y evaluación económica financiera del proyecto descrito como una planta de tratamiento de aguas residuales, el documento que data la situación actual en cuanto a trabajos realizados por la autónoma y sus inversiones, en la que se tiene una enorme inversión en proyectos de alcantarillado para aguas negras, aguas grises, y aguas pluviales, las cuales son la causa de diversos problemas en la población en materia de salubridad, no obstante el hecho está en que no se tiene prevista la creación, ni el plan de operación y de mantenimiento para plantas de tratamiento de agua residuales.

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN 2005) en su boletín para el segundo semestre, data que la proporción para el año 2005 fue que en El Salvador solo un 2% de las aguas son recolectadas por lo sistemas de alcantarillado, en cuanto a aguas negras y grises se refiere se les brinda tratamiento antes de ser vertidas en ríos o quebradas, y que un 50% de la población que vive en la cercanías de estos ríos utiliza agua no potable para sus usos diarios (Revista MIRANDA 2009), si se abona al estudio de las estadísticas brindadas por DIGESTyC² en su página oficial actualizadas al año 2013, sobre el crecimiento poblacional en El Salvador que tiene una tasa relativamente grande siendo esta del 1.21% para los próximos años; el municipio de Villa El Refugio no está exento de cumplir con esta tasa de crecimiento

²Para una ampliación de la información sobre natalidad y tasas de crecimiento poblacional de todo el territorio salvadoreño y del sector en específico véase <http://www.censos.gob.sv/> y luego la opción censos y estadísticas, luego el documento de proyecciones poblacionales municipales para los años 2010-2020 en la cual se encuentra el municipio de Villa de El Refugio.

poblacional, es por ello que la comuna actualmente está realizando investigaciones sobre sistema de alcantarillado y drenaje de aguas negras, grises y pluviales; sin embargo el estudio que se le plantea es necesario para dar por sentada la iniciativa, de una planta de tratamiento de dichas aguas residuales, sin embargo como en la mayoría del territorio nacional, con respecto a las comunas estas no invierten en este tipo de proyectos por tener poca población y un caudal relativamente pequeño por la cantidad de viviendas que cuentan con el servicio de recolección de aguas negras, aguas grises y pluviales.

Todo esto genera al equipo de trabajo una de las razones por las cuales hacer una investigación como la que se plantea de “Estudio De Factibilidad Técnica Y Socioeconómica Para La Construcción De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales En El Municipio De Villa El Refugio”, con lo que se pretende brindar una solución eficiente y eficaz para el problema que actualmente tiene la comuna y en el futuro tendrá mayor problemática y podrá ser analizada ahora y que sea la comuna la encargada de llevarla a cabo en un futuro cercano.

Generalidades

El Salvador es un país con una extensión territorial de 20,742 km² y cuenta con una población que asciende a los 6.17 millones de habitantes, teniendo un nivel urbanizado de casi un 45% según lo destaca el estudio demográfico en su boletín informativo “estadísticas y proyecciones poblacionales 2010-2015” (DIGESTyC 2010), por lo tanto también describimos el municipio de Villa El Refugio que pertenece al departamento de Ahuachapán, tiene una latitud de 13.9833, longitud -89.7167; su población asciende a 9200³ habitantes. Lo anterior desencadena un exceso o alto grado de contaminación que actualmente sufre nuestro medio ambiente, se tiene que cada persona tiene a su disponibilidad casi 100 m³ de agua anualmente llevando tanto al suelo como a nuestro sistema de desagüe, situándose al borde del estrés hídrico, esto es según el Boletín estadístico de trabajos realizados (ANDA 2013)⁴ que se presentan cada año.

Todo lo anterior de la mano con otros factores originan el problema de que hacer o como desechar el agua que cada salvadoreño utiliza, sabiendo que dicha agua tiene una concentración de partículas contaminantes y en algunos casos no se cuenta con un tipo de recolección adecuada para este tipo de aguas que desechan las viviendas, siendo estas tanto aguas negras, grises e incluso lluvias que se mezclan con algunas de las anteriores, a lo que se suma que no es un simple problema de degradación ambiental solamente, sino de salubridad para las personas.

Entonces surge la necesidad de un espacio donde se recolecten o se destine a este tipo de aguas desechadas por las viviendas, a fin que las aguas contenidas estén con un bajo nivel de contaminantes, o se reduzca al mínimo el grado de partículas contaminantes antes de ser liberadas al medio ambiente, sabiendo que dichas partículas no se eliminan en su totalidad. Es por ello la idea de mitigar o reducir el riesgo al mínimo es de suma importancia para la población en general, no solo a la de zonas urbanas sino también a las que viven en la zona rural del municipio de Villa El Refugio, puesto que las aguas de las que se hace mención desembocan en los ríos circundantes o quebradas, por el crecimiento poblacional y la necesidad de vivienda,

³ Población calculada en base a la tasa de crecimiento para el quinteto 2010-2015, que se maneja como un dato estadístico, en el informe de proyecciones poblacionales municipales para el 2010-2050 de la DIGESTyC.

⁴ Boletín anual que la autónoma brinda, para verificar la transparencia de su trabajo y dar a conocer los proyectos logrados y el avance de los que se tiene aún largo plazo

dichas zonas están asediadas por asentamientos de personas, volviéndolos blancos directos de la insalubridad y de contaminación ambiental.

Según datos de ANDA en su boletín estadístico para el año 2010 en El Salvador se tiene solamente 89 alcaldías del país cuentan con un sistemas de recolección de aguas desechadas por las viviendas (aguas negras, grises y lluvias), pero que solo 8 tiene un sistema de tratamiento de las mismas (ANDA 2010), con lo cual el estudio que se quiere llevar a cabo resulta necesario para evitar la contaminación de los ríos, debido esta cantidad de agua desechada y que creando un problema ambiental, e insalubridad para los habitantes.

Este tipo de proyectos en su mayoría no se tienen contemplados en cada una de las alcaldías que cuentan con los sistemas de drenaje para las mismas, entonces surgen las preguntas, ¿existe la posibilidad de que no se cuente con este sistema porque no es sustentable con los impuestos que perciben las alcaldías?, o ¿la aceptación de las personas que residen cerca de los lugares donde se desea instalar la planta de tratamiento se oponen?, o ¿es simplemente una falta de compromiso de la ciudadanía o sus representantes a nivel de municipio o departamento los que no ayudan al medio ambiente, ni a la salud de las personas? y si anexamos el hecho de la posibilidad de reutilización de estas para fines productivos como el que sirva de abastecimiento para regadíos de cultivos, generación de energía mediante una mini planta hidroeléctrica o simplemente la eliminación de contaminantes de estas para luego ser integradas a ríos y quebradas, así evitar la contaminación de dichas fuentes naturales, entre otros.

Es así como el estudio de factibilidad técnica y socioeconómica para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Villa El Refugio, departamento de Ahuachapán, se presenta como un documento para anteponerlo como proyecto de grado, se espera que sea de beneficio a comunidades circundantes, así como también al área urbana de este.

Un proyecto de este tipo más que el alcance económico y técnico que este represente para la comuna de Villa El Refugio deberá tenerse en cuenta la aceptación de las personas que resulten afectadas por las instalaciones de las mismas y del impacto que esto conllevara.

Objetivos

Objetivo general

Realizar un estudio de factibilidad técnica y socioeconómica para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Municipio de Villa El Refugio, Departamento de Ahuachapán.

Objetivos específicos

- ✓ Investigar por medio de un estudio de factibilidad de mercado el nivel de aceptación de los habitantes del municipio de Villa El Refugio al proyecto.
- ✓ Establecer la capacidad a instalar y diseño de la planta mediante un estudio técnico.
- ✓ Desarrollar un estudio económico-financiero que permita estimar costos y sustentar su factibilidad.

Alcances

La necesidad de disminuir los niveles de contaminación y de conocer sobre nuevas alternativas para disponer las aguas residuales, que a su vez se contribuyan al desarrollo social del municipio de Villa El Refugio plantean lograr los siguientes alcances.

- ✓ Diseño del proceso de operación y mantenimiento para una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Villa El Refugio, departamento de Ahuachapán, la cual cumplirá con las normas ambientales vigentes.
- ✓ Medición de la sensibilidad de la población ante la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Estimación del costo de mantenimiento de la planta y se verificación de la capacidad financiera de la municipalidad para garantizar la sostenibilidad de la misma.
- ✓ Presentación de una solución concreta a la problemática actual de contaminación del agua en el municipio de villa El Refugio.

Limitantes

El presente trabajo de grado ha tenido limitaciones las cuales han restringido el pleno desarrollo de este en cuanto a tiempo, espacio e información o acceso a ella y de población disponible para el estudio, por tanto se plantean para nuestro proyecto las siguientes limitaciones:

- ✓ La falta de apoyo a proyectos de protección del medio ambiente por parte de la comuna del municipio de Villa el Refugio, en cuanto a facilitar información y participación hacia el mismo, y limitando el estudio solamente para el casco urbano y zonas aledañas a la construcción de la planta de tratamiento.
- ✓ El estudio de localización de planta se limitó debido a que la comuna ya cuenta con una ubicación para la construcción de la planta.
- ✓ Inexistencia de un referente teórico o diagnósticos previos a nivel nacional.

CAPÍTULO I

“MARCO TEORICO”

1.1. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

1.1.1. Constitución de la Republica

El estado como ente rector en materia judicial, está obligado a regir, todo decreto u ordenanza, y velar que se deriven de la constitución de la República, tal hecho tenemos lo que es la protección de medio ambiente, que la municipalidad de Villa el Refugio no contempla, puesto que no cuenta con todo el sistema de alcantarillado y plantas de tratamiento para aguas residuales, pero que tiene que disponerse en un futuro, para tal fin se examinaron los decretos de comunas que poseen dichos proyectos ya en ejecución y nos valimos de ellos para mostrar el amparo legal que acuerpa la constitución de la República.

El artículo 117 de la Constitución de la República declara de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales; así mismo el artículo 4 de la Ley del Medio Ambiente, establece que las municipalidades, están obligadas a incluir, de forma prioritaria en todas sus acciones, planes y programas el componente ambiental, y reconociendo el municipio la importancia del recurso agua para la conservación de la salud de la población y el medio ambiente.

Que de Conformidad con el artículo 204 de la Constitución de la República, en relación con el numeral 1° "Crear, modificar y suprimir tasas y contribuciones públicas para la realización de obras determinadas dentro de los límites que una ley general establezca. Aprobadas las tasas o contribuciones por el Concejo Municipal se mandará publicar el acuerdo respectivo en el Diario Oficial, y transcurridos que sean ocho días después de su publicación, será obligatorio su cumplimiento," y 5° "Decretar las ordenanzas y reglamentos locales." Así como su relación con el Artículo 3 del Código Municipal numerales 1° "La creación, modificación y supresión de tasas por servicios y contribuciones públicas, para la realización de obras determinadas dentro de los límites que una ley establezca", y 5° "El decreto de ordenanzas y reglamentos locales;"

De acuerdo al artículo 4 numerales 5 y 10 del Código Municipal, establece que es competencia de los municipios: La promoción y desarrollo de programas de salud, como

saneamiento ambiental, prevención y combate de enfermedades; El incremento y protección de los recursos renovables y no renovables.

Conforme al artículo 49 literal d) de la Ley de Medio Ambiente, el Ministerio de Medio Ambiente supervisará la disponibilidad y calidad del agua, para lo cual se creó el Reglamento especial de aguas residuales, para garantizar que todos los vertidos de sustancias contaminantes, sean tratados previamente por parte de quien los ocasionare.

Que en el municipio de Villa El Refugio, cuando cuente con una planta de tratamiento de aguas residuales, en cumplimiento del artículo 7 del Reglamento Especial de Aguas Residuales, que regula que toda persona natural o jurídica, pública o privada, titular de una obra, proyecto o actividad responsable de producir o administrar aguas residuales y de su vertido en un medio receptor, deberá instalar y operar sistemas de tratamiento para que sus aguas residuales cumplan con las disposiciones de la legislación pertinente.

1.1.2. Código de salud

Como parte de la normativa enfocada en la protección de la salud de las personas, se extraen de ella los artículos referentes al saneamiento ambiental que evite el deterioro de la misma, dichos artículos, que competen a las plantas de tratamiento de aguas residuales y a proyectos de esta misma índole; para un mejor entendimiento, este documento además de tomar el fragmento de cada artículo correspondiente al proyecto, se le agrega un comentario sobre la misma, en caso de ser necesario, que ayuda a su comprensión, da a conocer las disposiciones que se plasman y se vele por su cumplimiento en todos sus ámbitos, entre estas aseveraciones se tienen los siguientes artículos:

El artículo 56- establece que El Ministerio de Salud por medio de los organismos regionales, departamentales y locales de salud desarrollarán programas de saneamiento ambiental, encaminados a lograr el bienestar para la comunidad, además. La disposición adecuada de excretas y aguas servidas

El Art. 69. Expresa que se prohíbe descargar aguas, servidas y negras en las vías públicas, parques, predios públicos y privados y en lugares no autorizados para ello.

Estos artículos establecen que tanto las aguas servidas como las excretas no deben descargarse al medio ambiente sin antes darle un proceso de tratamiento, para evitar así la contaminación⁵.

1.1.3. Ley de medio ambiente

En el título VIII capítulo I EL Art. 70. El MARN, elaborará y propondrá al presidente de la Republica para su aprobación los reglamentos necesarios para la gestión, uso, protección y manejo de las aguas y ecosistemas tomando en cuenta la legislación vigente y los criterios. Para este estudio solo tomará el literal que expresa: e) Se establecen medidas para la protección del recurso hídrico de los efectos contaminantes. Esto ayudará a combatir el deterioro del medio ambiente para que el ser humano y su medio sea conservado, protegido y recuperar aquellos que por causas de destrucción o contaminación se están perdiendo y contar, así con un desarrollo sostenible para nuestro futuro

1.1.4. Ley de creación de ANDA

NORMAS TÉCNICAS PARA PROYECTOS DE ALCANTARILLADO

Sección I numeral 5. Dotación domestica urbana 80 a 350 lt/p/d. La dotación total incluirá además de la dotación doméstica el consumo comercial, público etc. Y un 20% para fugas y desperdicios.

Sección I numeral 6.Variación de consumo. Los diferentes elementos del Sistema se diseñarán considerando los siguientes coeficientes de variación de consumo de agua:

- ✓ Consumo máximo diario: 1.2 a 1.5 consumo medio diario.
- ✓ Consumo máximo horario: 1.8 a 2.8 consumo medio diario.
- ✓ Coeficiente de variación diaria $K1 = 1.2$ a 1.5 .
- ✓ Coeficiente de variación horaria $K2 = 1.8$ a 2.4
- ✓ Coeficiente de variación mínima horaria $K3 = 0.1$ a 0.3 consumo medio diario.

⁵ (Véase también los artículos de la sección diez, del decreto N° 955 girado por la asamblea legislativa en el año 1988)

Sección II numeral 4. Caudal de diseño; capacidad de las tuberías El caudal de diseño será igual al 80% del consumo máximo horario correspondiente al final periodo de diseño más una infiltración potencial a lo largo de la tubería de 0.20 Lt/seg/hab para tubería de cemento y 0.10 Lt/seg/hab para tubería PVC.

La capacidad de las tuberías será igual al caudal de diseño multiplicado por un factor, el cual dependerá de la magnitud de variaciones de caudal así:

Tabla 1. Capacidad de tuberías

Fuente: normas técnicas abastecimiento de alcantarillados y aguas negras ANDA, 1998

ϕ COLECTOR	FACTOR	ϕ COLECTOR	FACTOR
$8'' \leq \phi \leq 12''$	2.0	3	1.4
1	0	6	0
5''	1.8	''	1.3
1	0	4	5

Para este estudio utilizaremos estos numerales de la norma de ANDA para determinar el caudal de diseño y así poder dimensionar las unidades del tratamiento para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de villa el refugio Departamento de Ahuachapán.

Plantas depuradoras de aguas negras.

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Negras⁶, deberán diseñarse siguiendo las recomendaciones de ANDA entre ellas: grado mínimo de tratamiento, valor límite de los parámetros de calidad tanto del agua cruda y del efluente, procesos de tratamiento sugeridos, etc. Deberán diseñarse con capacidad de producir un efluente que contenga un máximo de 60 mg/l de DBO5 y de sólidos en suspensión.

⁶ (Véase también el apartado 21 y 25 de las normas técnicas de abastecimiento de aguas potable y alcantarillado y aguas negras, el salvador año 1998)

1.1.5. Reglamento sobre calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección de contaminación

Art. 5. -Para los fines de este Reglamento se establecen como objetivos de calidad los niveles físicos y biológicos necesarios para mantener, preservar o recuperar la calidad del recurso hídrico, de manera que no se interfiera con el uso previsto en los Planes Nacionales de desarrollo, aprovechamiento o protección de los recursos hídricos.

Art. 7.-Las condiciones a que deben sujetarse los vertidos de aguas residuales contaminantes se establecerán de manera que se conserven los objetivos de calidad previamente establecidos, tomando en consideración el destino volumen, caudal, calidad y poder de auto-depuración, tanto del vertido como del cuerpo de agua receptor.

Art.17: Cuando se trate de vertidos que descargan sistemas de alcantarillado sanitario, sistema de conducción de aguas residuales, obras de tratamiento y disposición final de las mismas, de propiedad de ANDA, será esta Institución la que aplicara sus propias normas y regulaciones para asegurar la protección y buen funcionamiento de dichas obras. ANDA establecerá las condiciones que deben cumplir las aguas residuales domesticas o industriales, previo a la autorización de vertidos en las obras sanitarias anteriormente mencionadas.

Normas sobre depuración y tratamiento de aguas

Art. 35: solamente se podrán efectuar descargas de residuos sólidos, líquidos o gaseosos cuando de conformidad a los objetos de calidad no se perjudiquen las condiciones físico-químicas y biológicas del medio acuático o receptor.

Aguas negras o aguas residuales domesticas

Art.59: El control de la contaminación producida por los residuos líquidos domésticos estará sujeto a las disposiciones de la legislación vigente sobre los usos de abastecimiento de agua potable, domestico, comercial e industrial en aquellos núcleos de población que cuentan con redes de alcantarillado sanitario administrativo por anda y organismos afines.

1.1.6. Reglamento especial de aguas residuales del Ministerio Del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

DECRETO N° 39. REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES⁷

Fue promulgado en San Salvador, a los treinta y un días del mes de mayo del año dos mil. Los artículos más relevantes relacionados con el tema son los siguientes:

El presente reglamento servirá para las características que contendrá el efluente hacia el cuerpo hídrico receptor este regula el funcionamiento de las unidades de tratamiento de manera que el efluente cumpla con los valores para que el cuerpo hídrico receptor no sufra cambios en su composición.

Objeto

Art. 1: El presente Reglamento tiene por objeto velar porque las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores, para contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenibles del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación.

Capítulo II

Art. 7: Toda persona natural o jurídica, pública o privada, titular de una obra, proyecto o actividad responsable de producir o administrar aguas residuales y de su vertido en un medio receptor, en lo sucesivo denominada el titular, deberá instalar y operar sistemas de tratamiento para que sus aguas residuales cumplan con las disposiciones de la legislación pertinente y este Reglamento.

Disposición de lodos

Art. 8: En cuanto a la disposición de lodos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipos ordinario y especial, estará sujeta a lo dispuesto en el Programa de Manejo o Adecuación Ambiental correspondiente y a la legislación pertinente.

⁷ (Puede verse también la ley de medio ambiente ya que el decreto N° 39 es corrección a dicha ley contenida en el diario oficial tomo 383 pág. 89 con fecha 29 de mayo de 2009.)

Informes operacionales

Art. 9: Los titulares deben elaborar y presentar al Ministerio informes operacionales de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y de las condiciones de sus vertidos, que reflejen la frecuencia del muestreo, conforme a lo estipulado en los Art. 16, 19 y 25 de este Reglamento. El resumen anual formará parte del informe anual de resultado de la aplicación de los Programas de Manejo Ambiental o de Adecuación Ambiental.

Los costos de los análisis para la elaboración de los informes operacionales serán sufragados por el titular.

Contenido de los informes

Art. 10: Los informes operacionales periódicos deberán contener como requisitos mínimos la siguiente información:

- a) Registro de Aforos;
- b) Registro de análisis de laboratorio efectuados por el titular y los efectuados por laboratorios acreditados, según la legislación pertinente;
- c) Registro de daños a la infraestructura, causados por situaciones fortuitas o accidentes en el manejo y funcionamiento del sistema;
- d) Situaciones fortuitas o accidentes en el manejo y el funcionamiento del sistema que originen descargas de aguas residuales con niveles de contaminantes que contravengan los límites permitidos por las normas técnicas respectivas;
- e) Evaluación del estado actual del sistema, y f) Acciones correctivas y de control.

Capítulo III. ANÁLISIS OBLIGATORIO

Validez de los análisis

Art. 11: En base al Art. 23, de la Ley y con el fin de que los análisis incluidos en los informes requeridos en el Permiso Ambiental sean válidos, deberán provenir de laboratorios legalmente acreditados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, en lo sucesivo CONACYT. Tales laboratorios son aquéllos con los que se puede demostrar que la caracterización del vertido cumple con las normas técnicas de calidad ambiental establecidas.

En caso de análisis para los cuales no se contare con laboratorios previamente acreditados por el CONACYT, podrá permitirse que sean aquéllos realizados por laboratorios que estén en proceso de acreditación, para lo cual el CONACYT remitirá al Ministerio el listado correspondiente.

Análisis de características

Art. 12: En la evaluación de la calidad de las aguas residuales se incluirá el análisis de las características físico - químicas y microbiológicas, de conformidad con las normas técnicas de calidad de aguas residuales.

Aguas residuales de tipo ordinario

Art. 13: Durante el análisis de las características físico - químicas y microbiológicas de las aguas residuales de tipo ordinario deberán ser determinados, esencialmente, los valores de los siguientes componentes:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO'5);
- b) Potencial hidrógeno (pH);
- c) Grasas y aceites (G y A);
- d) Sólidos sedimentales (SSed);
- e) Sólidos suspendidos totales (SST);
- f) Coliformes totales (CT), y
- g) Cloruros (Cl-).

DECRETO N° 40.-

REGLAMENTO ESPECIAL DE NORMAS TECNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL

Fue promulgado en San Salvador, a los treinta y un días del mes de mayo del año dos mil.

Objeto

Art. 1: El presente Reglamento tiene por objeto determinar los lineamientos o directrices para el establecimiento de las normas técnicas de calidad ambiental en los medios receptores, y los mecanismos de aplicación de dichas normas, relativo a la protección de la atmósfera, el agua, el suelo y la biodiversidad.

Calidad del agua como medio receptor

Art. 19: La norma técnica de calidad del agua como medio receptor, que se establezca de conformidad a lo establecido en este Reglamento, se fundamentará en los parámetros de calidad para cuerpos de agua superficiales, según los límites siguientes:

Aguas Residuales

Art. 20: Para la descarga de aguas residuales se establecerá, según lo dispuesto en este Reglamento, la norma de calidad que contenga los límites permisibles, prevaleciendo el principio de precaución a la contaminación del medio que servirá de receptor de la misma.

1.1.7. Nueva normativa (en proceso de aprobación)⁸

En el sentido que se incluye esta normativa, es para dar validez a nuestro estudio en un futuro cercano, puesto que esta ley se encuentra en estudio y verificación por los diputados de la asamblea legislativa, en espera de su pronta aprobación.

Art. 6.- Declárase de utilidad pública y de interés social las actividades, obras y proyectos que realice el Estado en el uso, aprovechamiento, protección y conservación de los recursos hídricos, especialmente las actividades orientadas a:

Literal c). El control y mejoramiento de la calidad de los cuerpos de agua, así como también de las aguas residuales, su recirculación y reuso racional bajo criterios de desarrollo sustentable.

Art. 67.- Toda persona natural o jurídica, pública o privada, que pretenda aprovechar o utilizar

⁸ (Se tiene como referencia el Anteproyecto de Ley General de Aguas presentada a la Asamblea Legislativa el 22 de Marzo de 2012 a iniciativa del Presidente de la República a través del Ministro de Medio Ambiente y Recursos Naturales)

recursos hídricos con fines ajenos al uso doméstico deberá obtener la autorización correspondiente del MARN. Las autorizaciones son de dos clases: Asignaciones Públicas y Permisos.

Art. 74.- El permiso de vertido es un acto administrativo mediante el cual, previa solicitud al Organismo Zonal de Cuenca, autoriza a descargar sobre un cuerpo receptor, aguas residuales alteradas en sus características físicas o químicas, siempre y cuando hayan sido previamente tratadas en virtud de lo establecido en esta Ley o reglamentos especiales.

Este permiso podrá renovarse siempre y cuando se solicite con seis meses de anticipación y las condiciones bajo las que fue otorgado no hayan cambiado.

Art. 75.- Los permisos de vertido de aguas residuales que emita el MARN, deberán cumplir como mínimo con las directrices siguientes:

- a. Ajustarse a la norma técnica de aguas residuales que para tal efecto emita la autoridad competente, para el tipo de uso o aprovechamiento que corresponda y en función de las características del medio receptor de los vertidos;
- b. Adaptarse gradualmente a las metas de descontaminación contenidas en los programas que para tal efecto se diseñen;
- c. Respetar las medidas de adecuación contenidas en el permiso ambiental, según el caso; y,
- d. Revisar los permisos por lo menos cada dos años con la finalidad de mantenerlos actualizados.

Establecimiento de los cánones

Art. 104.- Establece el canon como contraprestación en dinero pagada por quienes utilicen recursos que forman parte del dominio público hídrico debido a:

- a. El uso y aprovechamiento de aguas nacionales; y,
- b. El vertido de aguas residuales a medios receptores que forman parte del dominio

público hídrico.

El pago que deberán hacer todas las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, autorizadas con una asignación o permiso para usos consuntivos o no consuntivos, como resultado de la aplicación de los cánones respectivos se realizará en moneda de curso legal. La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, en vista del servicio público que presta, estará exenta del pago de los cánones regulados en esta Ley.

Art. 116.- El MARN promoverá la ejecución de programas y proyectos que incluyan las actividades siguientes:

- a. Reservorios y otras formas para captación de aguas lluvias;
- b. Sistemas de tratamiento y descontaminación hídrica;
- c. Sistemas de inyección de aguas lluvias;
- d. Sistemas de reciclaje de aguas residuales;
- e. Sistemas de reusó de aguas residuales tratadas;
- f. Procesos de reconversión industrial orientados a la producción más limpia en materia de recursos hídricos;
- g. Proyectos de conservación de suelos y protección de las cuencas hidrográficas;
- h. Campañas educativas para la gestión de los recursos hídricos; y
- i. Otras actividades orientadas al mejoramiento, protección y conservación de los recursos hídricos, ecosistemas, acuíferos y cuencas hidrográficas.

Establecimiento de la norma de calidad de vertidos

Art. 123.- Con el objeto de proteger y mejorar la calidad de los cuerpos de agua que forman parte del dominio público hídrico e iniciar un proceso programático de descontaminación de los cuerpos y flujos de agua a nivel nacional, el MARN establecerá la norma de calidad de vertidos en la que se determinarán los parámetros pertinentes, tomando como referencia y propósito la recuperación y conservación de la biodiversidad y la vida acuática; así como su aptitud para el contacto humano, usos recreativos y riego.

Para este propósito, el MARN desarrollará:

- a. Formulación y realización de estudios para evaluar la calidad de los cuerpos de agua nacionales de acuerdo con los usos a que se tenga destinado el recurso y realización del monitoreo sistemático y permanente;
- b. Vigilancia para que el uso de las aguas residuales cumpla con las normas de calidad del agua emitidas para tal efecto; y,
- c. Implementación de mecanismos de respuesta rápida, oportuna y eficiente, ante una emergencia o contingencia ambiental que se presente en los cuerpos de agua o bienes nacionales, así como la realización de estudios que se requieran para la determinación y cuantificación del daño ambiental en cuerpos receptores, así como el costo de su reparación.

Aviso sobre vertidos accidentales o fortuitos

Art. 130.- Cuando se efectúen en forma accidental o fortuita uno o varios vertidos de aguas residuales sobre medios receptores que sean bienes nacionales, los responsables deberán dar aviso al MARN dentro de las veinticuatro horas siguientes, especificando volumen y características de los vertidos para que se promuevan o adopten las medidas conducentes por parte de los responsables o las que, con cargo a éstos, realizará dicha entidad y demás autoridades competentes.

La falta de dicho aviso se sancionará conforme a la presente Ley.

El MARN otorgará las autorizaciones para uso y aprovechamiento de las aguas, atendiendo la disponibilidad y usos preferentes del agua, las previsiones de los planes hídricos zonales y los objetivos de la política hídrica nacional.

En toda autorización de uso y aprovechamiento de agua se incluirán las condiciones de las aguas residuales vertidas a un medio receptor. Las condiciones del vertido son específicas para cada autorización y no sustituyen al permiso ambiental, el cual deberá solicitarse ante el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de conformidad a la ley de la materia.

El MARN no responderá por la falta o disminución de los volúmenes o caudales de agua determinados en las autorizaciones correspondientes, ni por los cambios en la calidad del agua autorizada.

1.1.8. Disposiciones legales en materia de seguridad e higiene industrial

El Salvador, cuenta con una serie de disposiciones legales en materia de seguridad e higiene industrial, las cuales han evolucionado en el transcurso del tiempo, junto con el desarrollo tecnológico y a las exigentes tendencias del mercado, que cambian día con día, obligando a los empresarios salvadoreños a elaborar productos y / o servicios de alta calidad para ser competitivos, por ende las leyes tienen que regular siempre todos los elementos involucrados para llevar a cabo una determinada labor, con el objetivo firme de armonizar las relaciones entre el patrono y los trabajadores, a través de salarios y prestaciones conforme las necesidades de éstos, así como también mediante la seguridad e higiene en los puestos de trabajo.

Por lo tanto es de suma importancia conocer los aspectos legales que conciernen a la seguridad e higiene industrial, y de esta forma conocer los derechos y obligaciones que tiene tanto el empleador como los trabajadores, al igual que los requisitos mínimos que debe cumplir todo lugar de trabajo para asegurar la integridad física y moral de todos los empleados.

Para obtener una perspectiva general de dichas disposiciones legales, establecidas de una forma dispersa en los diferentes tipos de leyes y códigos, se presenta a continuación el desglose pertinente:

a) Ley Primaria: Constitución Política de El Salvador.

Esta ley reconoce que toda persona tiene derecho a la vida y establece que será el Estado el que regule las condiciones, la forma de inspección, los resultados y las reformas necesarias para el trabajo, la salud y la seguridad social.

i) Art. 2: “Toda persona tiene derecho a la vida, a la integridad física y moral, a la libertad, a la seguridad, al trabajo, a la propiedad y posesión, y a ser protegida en la conservación y defensa de los mismos.

Se garantiza el derecho al honor, a la intimidad personal y familiar y a la propia imagen.

Se establece la indemnización, conforme a la ley, por daños de carácter moral.”

ii) Art. 43: “Los patronos están obligados a pagar indemnización, y a prestar servicios médicos, farmacéuticos y demás que establezcan las leyes, al trabajador que sufra accidente de trabajo o cualquier enfermedad profesional.”

iii) Art. 44: “La ley reglamentará las condiciones que deben reunir los talleres, fábricas y locales de trabajo.

El Estado mantendrá un servicio de inspección técnica encargado de velar por el fiel cumplimiento de las normas legales de trabajo, asistencia, previsión y seguridad social, a fin de comprobar sus resultados y sugerir las reformas pertinentes.”

iv) Art. 50: “La seguridad social constituye un servicio público de carácter obligatorio.

La ley regulará su alcance, extensión y forma.

Dicho servicio será prestado por una o varias instituciones, las que deberán guardar entre sí la adecuada coordinación para asegurar una buena política de protección social, en forma especializada y con óptima utilización de los recursos.

Al pago de la seguridad social contribuirán los patronos, los trabajadores y el Estado en forma y cuantía que determine la ley.

El Estado y los patronos quedarán excluidos de las obligaciones que les imponen las leyes a favor de los trabajadores, en la medida en que sean cubiertas por el Seguro Social.”

v) Art. 65: “La salud de los habitantes de la República constituyen un bien público. El

Estado y las personas están obligados a velar por su conservación y restablecimiento.

El Estado determinará la política nacional de salud y controlará y supervisará su aplicación.”

b) Leyes secundarias.

b.1) Código de Trabajo.

Establece regulaciones que se encuentran basadas en la prevención de los riesgos profesionales.

i) Art. 31: “Son obligaciones de los trabajadores:

Incisos:

8ª) “Prestar auxilio en cualquier tiempo que se necesite, cuando por siniestro o riesgo inminente dentro de la empresa, peligren la integridad personal o los intereses del patrono o de sus compañeros.”

11ª) Observar estrictamente todas las prescripciones concernientes a higiene y seguridad establecidas por las leyes, reglamentos y disposiciones administrativas; y las que indiquen los patronos para seguridad y protección de los trabajadores y de los lugares de trabajo...

ii) Art. 36: El contrato de trabajo se suspende por las siguientes causas:

Inciso:

4ª) Por incapacidad temporal resultante de accidente de trabajo, enfermedad profesional, enfermedad o accidente común...

iii) Art. 106: “Son labores peligrosas las que pueden ocasionar la muerte o dañar de modo inmediato y grave la integridad física del trabajador. Estimase que el peligro que tales labores implican, puede provenir de la propia naturaleza de ellas, o de la clase de materiales que se empleen, se elaboren o se desprendan, o de la clase de residuos que dichos materiales dejaren, o del manejo de sustancias corrosivas, inflamables o explosivas, o del almacenamiento que en cualquier forma se haga de estas sustancias.

Considérense labores peligrosas, por ejemplo, las siguientes:

Tabla 2. Labores peligrosas detectadas

Fuente: ley general de protección de riegos en lugares de trabajo, 2013

a) El engrasado, limpieza, revisión o reparación de máquinas o mecanismos en movimiento.	b) Cualquier trabajo en que se empleen sierras automáticas, circulares o de cinta; cizallas, cuchillos, cortantes, martinets y demás aparatos mecánicos cuyo manejo requiera precauciones y conocimiento especiales, excepto los utensilios y herramientas de cocina, de carnicería o de otras faenas semejantes.
c) Los trabajos subterráneos o submarinos.	Ch) Los trabajos en que se elaboren o se usen materias explosivas, fulminantes, insalubres, o tóxicas, o sustancias inflamables; y otros trabajos semejantes.
d) Las construcciones de todo género y los trabajos de demolición, reparación, conservación y otros similares;	e) Los trabajos en minas y canteras.
f) Los trabajos en el mar, los de estiba y los de carga y descarga en los muelles; y	g) Las demás que se especifiquen en las leyes, reglamentos sobre seguridad e higiene, convenciones o contratos colectivos, contratos individuales y reglamentos internos de trabajo.”

i) Art. 108: “ Son labores insalubres las que por las condiciones en que se realizan o por su propia naturaleza, pueden causar daño a la salud de los trabajadores; y aquéllas en que el daño puede ser ocasionado por la clase de los materiales empleados, elaborados o desprendidos, o por los residuos sólidos, líquidos o gaseosos que dejaren, tales como:

- a) Las que ofrezcan peligro de envenenamiento por el manejo de sustancias tóxicas o de las materias que las originan;
 - b) Toda operación industrial en cuya ejecución se desprenden gases o vapores deletéreos o emanaciones nocivas;
 - c) Cualquier operación en cuya ejecución se desprendan polvos peligrosos o nocivos; y
 - d) Las demás que se especifican en las leyes, reglamentos sobre seguridad e higiene, convenciones o contratos colectivos, contratos individuales y reglamentos internos de trabajo.”
- ii) Art. 314: “ Todo patrono debe adoptar y poner en práctica medidas adecuadas de seguridad e higiene en los lugares de trabajo, para proteger la vida, la salud y la integridad corporal de sus trabajadores...
- iii) Art. 315: “Todo trabajador estará obligado a cumplir con las normas sobre seguridad e higiene y con las recomendaciones técnicas, en lo que se refiere: al uso y conservación de equipos de protección personal que le sea suministrado, a las operaciones y procesos de trabajo, y al uso y mantenimiento de las protecciones de maquinaria...
- iv) Art. 333: “ En caso de riesgos profesionales el patrono queda obligado a proporcionar gratuitamente al trabajador, hasta que este se halle completamente restablecido o por dictamen médico se le declare incapacitado permanentemente o fallezca:
- a) Servicios médicos, quirúrgicos, farmacéuticos, odontológicos, hospitalarios y de laboratorio;
 - b) Los aparatos de prótesis y ortopedia que se juzguen necesarios;
 - c) Los gastos de traslado, hospedaje y alimentación de la víctima, cuando para su curación, deba trasladarse a un lugar distinto al de su residencia habitual; y

- v) Art. 335: “Cuando el riesgo profesional produjere la muerte del trabajador, el patrono quedará obligado a pagar una indemnización en la cuantía y forma establecida en los artículos 336, 337 y 338.”

- vi) Art. 360: “Los patronos de empresas que se dediquen a actividades que por su propia naturaleza o por circunstancias especiales ofrezcan un peligro para la salud, la integridad física o la vida de los trabajadores, a juicio de la Dirección General de Previsión Social, están obligados a asegurar a aquellos trabajadores que por participar en la ejecución de labores peligrosas, están expuestos a sufrir riesgos profesionales. No será necesaria dicha calificación respecto de las empresas que se dedique a cualquier actividades indicadas en el Art. 106.”

- vii) Art. 362: “Los patronos de aquellas empresas en donde los riesgos profesionales no hayan sido frecuentes y se empleen sistemas y equipos de seguridad apropiados a sus actividades, a juicio de la Dirección General de Previsión Social, podrán ser relevados de la obligación de asegurar a sus trabajadores, siempre que constituyan una fianza bancaria suficiente para garantizar el cumplimiento de las obligaciones que este Título les impone.

b.2) Reglamento General sobre Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo.

Elaborado por el Ministerio De Trabajo y Previsión Social, por Decreto Legislativo No. 27 el 9 de febrero de 1971. Teniendo como objetivo establecer los requisitos mínimos de seguridad e higiene en que deben desarrollarse las labores en los centros de trabajo, sin perjuicio de las reglamentaciones especiales que se dicten para cada industria en particular (Título I: Disposiciones Preliminares, capítulo I: Objeto).

Dicho reglamento se aplicará en todos los centros de trabajo privados, del Estado, de los Municipios y de las Instituciones Oficiales Autónomas y Semi-Autónomas.

Los centros de trabajo que se dediquen a labores agrícolas, ganaderas y minera estarán sujetos a reglamentaciones especiales. (Título I: Disposiciones Preliminares, Capítulo II: Campo de Aplicación).

En el Título II: “DE LA HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO”, norma todo lo referente a: Edificios, iluminación, ventilación, temperatura y humedad relativa, ruido, locales de espera, comedores, dormitorios, exámenes médicos, servicio de agua, servicios sanitarios, orden y aseo y asiento para trabajadores.

En el Título III: “ DE LA SEGURIDAD EN LOS CENTROS DE TRABAJO”, establece las condiciones mínimas de previsión en materia de seguridad en los establecimientos industriales y locales de trabajo de cualquier naturaleza (estado de las escaleras, poleas, calderas, montacargas, ascensores, bodegas de material combustible, instalaciones eléctricas, extintores y señalización), así como también trata de la seguridad en las ropas de trabajo (Equipo de protección personal: vestidos, cascos, guantes, calzado, anteojos, porta-herramientas), en aquellas actividades laborales que impliquen riesgo .

El Título IV: “DISPOSICIONES GENERALES”, establece las generalidades en cuanto al equipo de protección, uso constante de equipo de seguridad y las infracciones originadas por no cumplir con las disposiciones del presente reglamento.

b.3) CODIGO DE SALUD.

El código de salud declara en su Art. 107 que es de interés público, la implantación y mantenimiento de servicios de seguridad e higiene del trabajo.

A sí mismo es el Ministerio de salud Pública el encargado de promover, realizar y coordinar los esfuerzos para mantener en los lugares de trabajo el control de enfermedades, programas de prevención y control de accidentes.

Entre los artículos más relevantes tenemos:

- i) Art. 108: “El Ministerio en lo que se refiere a esta materia tendrá a su cargo:
 - a) Las condiciones de saneamiento y de seguridad contra los accidentes y las enfermedades en todos los lugares de producción, elaboración y comercio.
 - b) La ejecución de medidas generales y especiales es sobre protección de los trabajadores y población en general, en cuanto a prevenir enfermedades y accidentes; y
 - c) La prevención o control de cualquier hecho o circunstancia que pueda afectar la salud y la vida del trabajador o causar impactos desfavorables en el vecindario del establecimiento laboral.”

- ii) Art.109: “Corresponde al Ministerio:
 - a) Promover y realizar en los establecimientos o instalaciones por medio de sus delegados o de los servicios médicos propios de las empresas industriales, programas de inmunización y control de enfermedades transmisibles, educación higiénica general, higiene materna infantil, nutrición; tratamiento y prevención de las enfermedades venéreas, higiene mental, saneamiento del medio ambiente y rehabilitación de los incapacitados laborales.

 - b) Clasificar las enfermedades profesionales e industriales que deben ser notificadas a las autoridades correspondientes.

 - c) Autorizar la instalación y funcionamiento de las fábricas y demás establecimientos industriales en tal forma que no constituyan un peligro para la salud de los trabajadores y de la población en general y se ajuste al reglamento correspondiente;

 - d) Cancelar las autorizaciones correspondientes y ordenar la clausura de los establecimientos industriales, cuándo su funcionamiento constituya grave peligro con las exigencias de las autoridades de salud, de acuerdo con el reglamento respectivo.

- e) Fijar las condiciones necesarias para la importación, exportación, almacenamiento; transporte, distribución, uso, destrucción y en general para operar cualquier materia o desecho que constituya o pueda llegar a construir un peligro para la salud.”

1.2. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

1.2.1. Generalidades sobre plantas de tratamiento de aguas residuales

Toda comunidad genera residuos, tanto sólidos como líquidos. La fracción líquida de los mismos el agua residual es esencialmente el agua que se desprende de la comunidad, una vez ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada.

Se puede definir el Agua Residual como la combinación de los residuos líquidos o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencia como de instituciones públicas, establecimientos industriales y comerciales, a los que se puede agregar, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

Cualquier población, por pequeña que sea, debe contar como mínimo con los servicios de acueducto y alcantarillado, si se espera de ella un desarrollo social, económico y, ante todo, la reducción de las altas tasas de mortalidad infantil. En la actualidad, varias poblaciones de nuestro país se ven aquejadas por el manejo y la disposición de las aguas residuales, en lo que concierne a su recolección, transporte y tratamiento, no sólo por el impacto ambiental que causan sobre los cuerpos receptores. Debido a la composición de estos desechos, se requiere de distintos tipos de tratamientos para las aguas residuales. Es decir, sistemas simplificados y económicos para reducir el impacto que causan estos desechos. El tratamiento de agua residual doméstica, incorpora diversos procesos que remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos, los mismos que se verán posteriormente.

1.2.2. Aguas Residuales

Las Aguas Residuales, llamadas también Aguas Negras y Aguas Servidas, definen un tipo de agua que está contaminado con sustancias fecales, orina, entre otros elementos, procedentes de vertederos orgánicos humanos o animales. Por lo general son negras por el color que habitualmente tienen, por ser transportadas mediante alcantarillas u otros medios. Algunos autores hacen una diferencia entre Aguas Servidas y Aguas Residuales, en el sentido de que las primeras sólo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de

aguas domésticas e industriales (El saneamiento del Sitio 2008) a continuación se definen los distintos tipos de aguas en cuestión.

Aguas Residuales Domésticas o Domiciliares:

Son las producidas por los elementos sanitarios en las viviendas, edificios públicos o similares, las cuales contienen desechos humanos, animales y caseros. Las aguas residuales frescas de origen doméstico, emergen como un líquido turbio, de color gris o amarillento, con olor séptico, en la cual van suspendidas partículas de sedimentos, heces, residuos vegetales, tiras de papel y materiales sintéticos. Entre más largo sea el colector que conduce las aguas residuales y más turbulento el flujo en la alcantarilla, más pequeñas serán las partículas presentes.

Aguas Residuales Industriales:

Son las aguas de desechos provenientes de los diferentes procesos en la industria, tales como: lavanderías, procesadoras de alimentos, entre otras industrias.

Aguas Residuales Agrícolas:

Son las aguas provenientes de la cría del ganado y del procesamiento de productos animales y vegetales.

Aguas Pluviales:

Son aportaciones incontroladas que resultan de la escorrentía superficial que se descargan a la red en forma directa o indirecta, por medio de alcantarillas pluviales, drenes de cimentación, bajantes de edificios y tapas de pozos de registro.

Infiltración:

Es el agua que entra tanto de manera directa como indirecta en la red de alcantarillado en forma incontrolada, la cual penetra en el sistema a través de juntas defectuosas, fracturas y grietas, o paredes porosas.

Aguas Residuales Municipales o Sanitarias:

Es el conjunto de todas las aguas residuales de una comunidad, incluyendo las aguas residuales domiciliarias, industriales y agrícolas, las aguas pluviales e infiltración.

El análisis del Agua Residual varía desde determinaciones, químicas cuantitativas, hasta determinaciones cualitativas biológicas y físicas. Existen parámetros que afectan entre sí, que caracterizan estas aguas, los cuales pueden ser los siguientes:

- ✓ Físicos: sólidos, temperatura, color y olor.
- ✓ Químicos: proteínas, carbohidratos, grasas de animales, aceites, cloruros, nitrógeno, fósforo, azufre, oxígeno, sulfuro de hidrógeno y metano, debido a la descomposición de las aguas domésticas.
- ✓ Biológicos: protistas por residuos domésticos, virus.

1.2.3. Características de las aguas residuales

Características Físicas

La característica física más importante del agua residual es el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son: el olor, temperatura, densidad, color y la turbiedad.

Sólidos Totales

Analíticamente, se define como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación de entre 103° y 105°C. No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor. Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que se sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica (cono de Imhoff) en el transcurso de un periodo de 60 minutos. Los sólidos sedimentables se expresan en ml/l y constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual. Los sólidos totales pueden clasificarse en filtrables o no filtrables (sólidos en suspensión) haciendo pasar un volumen conocido de líquido por un filtro.

Olores

Normalmente, los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor algo desagradable, que resulta más tolerable que el del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica se debe a la presencia del sulfuro de hidrógeno (huevo podrido) que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios. La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales⁹.

Temperatura

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales. La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles.

Color

El agua residual suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. Cuando llega a este punto, suele clasificarse el agua residual como séptica. Algunas aguas residuales industriales pueden añadir color a las aguas residuales domésticas. Su color gris, gris oscuro o negro se debe a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual.

Turbiedad

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz a través del agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. Su medición se lleva a

⁹ (Metcalf et al.)

cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersa en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones.

Características Químicas

Las características químicas de las aguas residuales son principalmente el contenido de materia orgánica e inorgánica, y los gases presentes en el agua residual. La medición del contenido de la materia orgánica se realiza por separado, debido a su importancia en la gestión de la calidad del agua y en el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas.

Materia Orgánica

Los compuestos orgánicos están formados por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en algunos casos, de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%) y grasas y aceites (10%). Otro compuesto orgánico con muy importante presencia en el agua residual es la urea, principal constituyente de la orina. No obstante, debido a la velocidad del proceso de descomposición de la urea, raramente está presente en aguas residuales que no sean muy recientes. Junto con todos estos grupos de sustancias orgánicas, el agua residual también contiene pequeñas cantidades de gran número de moléculas orgánicas sintéticas, cuya estructura puede ser desde muy simple a extremadamente compleja, por ejemplo los agentes tensos activos, los contaminantes orgánicos prioritarios, los compuestos orgánicos volátiles y los pesticidas de uso agrícola¹⁰.

Medida del Contenido Orgánico

Los diferentes métodos para medir el contenido orgánico pueden clasificarse en dos grupos: Los empleados para determinar altas concentraciones de contenido orgánico, mayores a 1 mg/l, y los empleados para determinar las concentraciones de 0.001 mg/l a 1 mg/l.

El primer grupo incluye los siguientes ensayos de laboratorio:

¹⁰ (CAPRA, G (1998). Ingeniería Sanitaria, Alcantarillado Sanitario Y Pluvial. La Paz Bolivia: Imprenta de La Universidad Mayor de San Andrés.)

- ✓ Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).
- ✓ Demanda química de oxígeno (DQO).
- ✓ Carbono orgánico total (COT)¹¹.

En el segundo grupo se emplean métodos instrumentales que incluyen la cromatografía de gases y la espectroscopia de masa.

Materia Inorgánica

Las concentraciones de minerales y otros cuerpos inorgánicos en el agua residual aumentan considerablemente, tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por la variedad de aguas residuales, tratadas o sin tratar, que a ella se descargan. Las aguas residuales, salvo el caso de determinados residuos industriales, no se suelen tratar con el objetivo específico de eliminar los constituyentes inorgánicos que se incorporan durante el ciclo de uso. Las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua, como por ejemplo los cloruros, la alcalinidad, el nitrógeno, el azufre, algunos otros compuestos tóxicos inorgánicos y algunos metales pesados como el níquel, el manganeso, el plomo, el cromo, el cadmio, el zinc, el cobre, el hierro y el mercurio.

Gases

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son las moléculas de nitrógeno (N₂), oxígeno (O₂), el dióxido de carbono (CO₂), el sulfuro de hidrógeno (H₂S), el amoníaco (NH₃), y el metano (CH₄). Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida. Debido a que la velocidad de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno aumenta con la temperatura, los niveles de oxígeno disuelto tienden a ser más críticos en las épocas estivales. El problema se agrava en los meses de verano, debido a que los cursos de agua generalmente son menores, por lo tanto el oxígeno también es menor.

¹¹ (Metcalf et al.)

Características Biológicas

Para el tratamiento biológico se deben de tomar en cuenta las siguientes características del agua residual: principales grupos de microorganismos presentes, tanto en aguas superficiales como en residuales, así como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos; organismos patógenos presentes en las aguas residuales; organismos utilizados como indicadores de contaminación y su importancia; métodos empleados para determinar los organismos indicadores, y métodos empleados para determinar la toxicidad de las aguas tratadas.

Microorganismos

Los principales grupos de organismos presentes tanto en aguas residuales, como superficiales se clasifican en: organismos eucariotas, bacterias y arqueobacterias, como se muestra a continuación:

Tabla 3. Principales grupos solo de infección

Fuente: Ingeniería Sanitaria, Alcantarillado Sanitario Y Pluvial Capra G. 1998

Grupo	Estructura Celular	Caracterización	Miembros Representativos
Eucariotas	Eucariota	Multicelular con gran diferenciación de las células y el tejido Unicelular, con escasa o nula diferenciación de tejidos.	Plantas (plantas de semilla, musgos y helechos), animales y protistas (algas hongos y protozoos).
Bacterias	Procariota	Química celular parecida a las eucariotas.	La mayoría de las bacterias.
Arqueo bacterias	Procariota	Química celular distintiva.	Metanógenos, halófilos termacidófilos.

Las bacterias desempeñan un papel amplio y de gran importancia en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento. Por ello resulta imprescindible conocer sus características, funciones, metabolismos y proceso de síntesis.

Los hongos, desde el punto de vista ecológico, presentan ciertas ventajas sobre las bacterias: pueden crecer y desarrollarse en zonas de baja humedad y en ámbitos con pH bajos.

Sin la colaboración de los hongos en los procesos de degradación de la materia orgánica el ciclo del carbono se interrumpiría en poco tiempo, y la materia orgánica empezaría a acumularse.

La presencia de algas afecta al valor del agua de abastecimiento, ya que puede originar problemas de olor y sabor. Uno de los problemas más importantes es encontrar el proceso de tratamiento que hay que aplicar a las aguas residuales de diferentes orígenes, de modo que los efluentes no favorezcan el crecimiento de algas y demás plantas acuáticas.

Los protozoarios de importancia para el saneamiento son las amebas, los flagelados y los ciliados libres y fijos. Los protozoarios se alimentan de bacterias y de otros microorganismos microscópicos. Tienen una importancia vital, tanto en el funcionamiento de los tratamientos biológicos, como en la purificación de cursos de agua, ya que son capaces de mantener el equilibrio natural entre los diferentes tipos de microorganismos.

Los virus excretados por los seres humanos pueden representar un importante peligro para la salud pública. Se sabe con certeza que algunos virus pueden sobrevivir hasta 41 días, tanto en aguas limpias como en residuales a temperatura de 20° C, y hasta 6 días en un río normal¹².

Organismos Patógenos

Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad.

Las principales clases de organismos patógenos presentes en las aguas residuales son: bacterias, virus y protozoarios. Los organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades del aparato intestinal como la fiebre tifoidea y paratifoidea, la disentería, diarreas y cólera. Debido a la alta capacidad de estos organismos de causar infección, cada año son responsables de gran número de muertes en países con escasos recursos sanitarios, especialmente en zonas tropicales.

Organismos Indicadores

¹² (Metcalf et al.)

Los organismos patógenos que se presentan en las aguas residuales contaminadas en cantidades muy pequeñas y, además, resultan difíciles de aislar y de identificar.

Por ello se emplea el organismo coliforme como organismo indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar.

El tracto intestinal humano contiene innumerables bacterias conocidas como organismos coliforme, cada humano evacua de 100,000 a 400,000 millones de organismos coliforme cada día.

Por ello, se puede considerar que la presencia de coliforme puede ser un indicador de la posible presencia de organismos patógenos, y que la ausencia de aquellos es un indicador de que las aguas están libres de organismos que puedan causar enfermedades. Pero existe un problema por el cual los coliforme no son tan buenos indicadores, ya que hay algunos patógenos que pueden estar presentes en el agua aún en ausencia de coliforme¹³.

1.2.4. Procesos y operaciones unitarias del tratamiento de aguas residuales

El grado de tratamiento necesario puede determinarse comparando las características del agua residual cruda con las exigencias del efluente correspondiente. Existen operaciones físicas, procesos químicos y procesos biológicos para el tratamiento del agua residual, dando lugar a tratamientos primarios, secundarios y terciarios o avanzados.

A continuación se da una breve descripción de ellos.

Operaciones Físicas Unitarias

Los métodos de tratamiento en donde predomina la acción de fuerzas físicas, se conocen como operaciones físicas unitarias. El desbaste, mezclado, floculación, sedimentación, flotación, transferencia de gases y filtración son operaciones unitarias típicas.

¹³ (Metcalf et al.)

Las operaciones físicas unitarias más comúnmente empleadas en tratamiento del agua residual se muestran en la siguiente tabla con una breve explicación de las aplicaciones de cada una de ellas¹⁴.

Tabla 4. Operaciones comunes en la planta de tratamiento

Fuente: Ingeniería Sanitaria, Alcantarillado Sanitario Y Pluvial Capra G. 1998

OPERACIÓN	APLICACIÓN
Medición del caudal	Control y seguimiento de procesos, informes de descargas.
Desbaste	Eliminación de sólidos gruesos y sedimentables por intercepción (retención en superficie)
Dilaceración	Trituración de sólidos gruesos hasta conseguir un tamaño más o menos uniforme.
Homogenización del caudal	Homogenización del caudal y de las cargas de DBO y de sólidos en suspensión
Mezclado	Mezclado de productos químicos y gases con el agua residual, mantenimiento de los sólidos en suspensión.
Floculación	Provoca la agregación de pequeñas partículas aumentando el tamaño de las mismas, para mejorar su eliminación por sedimentación por gravedad.
Sedimentación	Eliminación de sólidos sedimentables y espesados de fangos
Flotación	Eliminación de sólidos en suspensión finalmente divididos y de partículas con densidades cercanas a la del agua.
Filtración	Eliminación de los sólidos en suspensión residuales presentes después del tratamiento químicos o biológico
Microtamizado	Mismas funciones que la filtración. También la eliminación de las algas de los efluentes de las lagunas de estabilización
Transferencia de gases	Adición y eliminación de gases.
Volatilización y arrastre de gases	Emisión de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles del agua residual.

Procesos Químicos Unitarios

Los métodos de tratamiento en los cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos o gracias al desarrollo de

¹⁴ (Lineamientos sobre el Manejo de Aguas Residuales Municipales. UNEP/GPA Oficina de Coordinación, La Haya, Países Bajos (2004).)

ciertas reacciones químicas, se conocen como procesos químicos unitarios. Fenómenos como la precipitación, adsorción y la desinfección son ejemplos de los procesos de aplicación más comunes en el tratamiento de las aguas residuales

Con el fin de alcanzar los objetivos del tratamiento del agua residual, los procesos químicos unitarios se llevan a cabo en combinación con las operaciones físicas unitarias descritas anteriormente y los procesos biológicos unitarios de los que se hablará más adelante. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los procesos químicos principales, así como sus aplicaciones¹⁵.

Tabla 5. Resumen de químicos utilizados en la planta tratamiento de aguas residuales.

Fuente: lineamientos de Manejo de Aguas Residuales Municipales. UNEP/GPA La Haya, Países Bajos (2004)

PROCESO	APLICACIÓN
Precipitación química	Eliminación de fósforo y mejora de la eliminación de sólidos en suspensión en las Instalaciones de sedimentación primaria empleadas en tratamientos fisicoquímicos.
Adsorción	Eliminación de materia orgánica no eliminada con métodos convencionales de tratamientos químico y biológico.
Desinfección	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades.
Desinfección con cloro	Destrucción selectiva de organismos causantes de Enfermedades. El cloro es el producto químico más utilizado.
Decloración	Eliminación del cloro combinado residual total remanente después de la cloración
Desinfección con dióxido de cloro	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades
Desinfección con cloruro de bromo	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades
Desinfección con ozono.	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades
Desinfección con luz ultravioleta	Destrucción selectiva de organismos causantes de Enfermedades.
Otros	Para alcanzar objetivos específicos en el tratamiento de las aguas residuales, se pueden emplear Otros compuestos químicos.

¹⁵ (Lineamientos sobre el Manejo de Aguas Residuales Municipales. UNEP/GPA Oficina de Coordinación, La Haya, Países Bajos (2004).)

Procesos Biológicos Unitarios

Los procesos de tratamiento en los que la eliminación de los contaminantes se lleva a cabo gracias a la actividad biológica se conocen como procesos biológicos unitarios.

La principal aplicación de los procesos biológicos es la eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua residual en forma, tanto coloidal, como en disolución. Básicamente estas sustancias se convierten en gases, que se liberan a la atmósfera, y en tejido celular biológico, eliminable por sedimentación.

Los tratamientos biológicos también se emplean para eliminar el nitrógeno contenido en el agua residual.

Los principales objetivos del tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica.

En el caso del agua residual doméstica, el principal objetivo es la reducción de la materia orgánica presente y, en muchos casos, la eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. En el caso de las aguas de retorno de usos agrícolas, el principal objetivo es la eliminación de los nutrientes que puedan favorecer el crecimiento de las plantas acuáticas, como el nitrógeno y el fósforo.

En el caso de las aguas residuales industriales, el principal objetivo es la reducción de la concentración de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos.

La eliminación de la DBO carbonosa, la coagulación de los sólidos coloidales no sedimentables, y la estabilización de la materia orgánica se consiguen, biológicamente, gracias a la acción de una variedad de microorganismos, principalmente bacterias.

Los microorganismos se utilizan para convertir la materia carbonosa coloidal y disuelta en diferentes gases y tejido celular.

Dado que el tejido celular tiene un peso específico ligeramente superior al del agua, se puede eliminar por decantación. Es importante señalar que, salvo que se separe de la solución el tejido celular, que se produce a partir de la materia orgánica, no se alcanzará un tratamiento

completo. Si no se separa el tejido celular, el único tratamiento que se habrá llevado a cabo es el asociado con la conversión bacteriana de una fracción de la materia orgánica presente originalmente en diversos productos gaseosos finales.

Algunos de los principales procesos biológicos se muestran a continuación:

Definiciones:

Procesos aerobios.

Son los procesos de tratamiento biológico que se dan en presencia de oxígeno.

Procesos anaerobios.

Son los procesos de tratamiento biológico que se dan en ausencia de oxígeno.

Desnitrificación anóxica (desnitrificación anaerobia).

Es el proceso por el cual el nitrógeno de los nitratos se transforma, biológicamente, en nitrógeno gas en ausencia de oxígeno.

Eliminación biológica de nutriente.

Término que se aplica a la eliminación de nitrógeno y fósforo mediante procesos de tratamiento biológico.

Procesos facultativos.

Son los procesos de tratamiento biológico en los que los organismos responsables pueden funcionar en presencia o ausencia de oxígeno molecular.

Eliminación de la DBO carbonosa.

Es la conversión biológica de la materia carbonosa del agua residual en tejido celular y en diversos productos gaseosos.

Nitrificación.

Es el proceso biológico mediante el cual el amoníaco se transforma, primero en nitrito y posteriormente en nitrato.

Desnitrificación.

Proceso biológico mediante el cual el nitrato se convierte en nitrógeno gas y en otros productos gaseosos.

Substrato.

Es el término empleado para representar la materia orgánica o los nutrientes que sufren una conversión o que pueden constituir un factor limitante en el tratamiento biológico.

Procesos de cultivo en suspensión.

Son los procesos de tratamiento biológico en los que los microorganismos responsables de la conversión de la materia orgánica u otros constituyentes del agua residual en gases y tejido celular, se mantienen en suspensión dentro del líquido.

Procesos de cultivo fijo

Son los procesos de tratamiento biológico en los que los microorganismos responsables de la conversión de la materia orgánica u otros constituyentes del agua residual en gases y tejido celular están fijados a un medio inerte, tal como piedras, escorias, o materiales cerámicos y plásticos especialmente diseñados para cumplir con esa función¹⁶.

En la siguiente tabla se puede observar un breve resumen de los distintos tipos de procesos, así como su nombre común y aplicación.

Tabla 6. Resumen de procesos Biológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales

Manejo de Aguas Residuales Municipales. UNEP/GPA Oficina de Coordinación, La Haya, Países Bajos

TIPO	NOMBRE COMUN	APLICACION
Procesos aerobios		
Cultivo en suspensión	Proceso de fangos activados: Convencional (flujo enpistón) Mezcla completa Aireación graduada Oxígeno puro Reactor intermitente secuencial Contacto y estabilización Aireación prolongada Canales de oxidación Tanques profundos	Eliminación de la DBO carbonosa (nitrificación). Nitrificación Continúa...

¹⁶ (Metcalf et al.)

TIPO	NOMBRE COMUN	APLICACION
Procesos aerobios		
	Deep shaft Nitrificación de cultivos en Suspensión Lagunas aireadas Digestión aerobia: Aire convencional Oxígeno puro	Eliminación de la DBO carbonosa (Nitrificación) Estabilización, eliminación de la DBO carbonosa
Cultivo fijo	Filtros percoladores: Baja carga Alta carga Filtros de desbaste Sistemas biológicos rotativos: De contacto (RBC) Reactores de lecho compacto	Eliminación de la DBO carbonosa, (Nitrificación) Eliminación de la DBO carbonosa Eliminación de la DBO carbonosa, (Nitrificación) Eliminación de la DBO carbonosa, (Nitrificación)
Procesos Combinado	Biofiltros activados: Filtros percoladores con contacto de sólidos, procesos de fangos activados con biofiltros, proceso de filtros percoladores y fangos activados en serie	Eliminación de la DBO carbonosa, (Nitrificación)
Procesos Anóxicos:		
Cultivo en suspensión	Desnitrificación con cultivo: En suspensión	Desnitrificación
Cultivo fijo	Desnitrificación de película fija	Desnitrificación
Cultivo de suspensión	Digestión anaerobia: Baja carga, una etapa Alta carga, una etapa Doble etapa	Estabilización, eliminación de la DBO carbonosa. Continúa en pág. siguiente

TIPO	NOMBRE COMUN	APLICACION
Procesos aerobios		
	Proceso anaerobio de contacto	Eliminación de la DBO carbonosa.
	Manto de fango anaerobio de flujo: Ascendente	Eliminación de la DBO carbonosa
Cultivo fijo	Filtro anaerobio	Eliminación de la DBO carbonosa, estabilización de residuos (Desnitrificación)
	Lecho expandido	Eliminación de la DBO carbonosa, estabilización de residuos
Procesos Anaerobios Anóxicos o Aerobios Combinados		
Cultivo de suspensión	Procesos de una o varias etapas, múltiples procesos patentados	Eliminación de la DBO carbonosa, nitrificación, desnitrificación, eliminación de fósforo
Procesos Combinados		
Cultivo fijo y en suspensión	Procesos de una o varias etapas	Eliminación de la DBO carbonosa, nitrificación, desnitrificación, eliminación de fósforo
Procesos en estanques		
	Lagunas aerobias	Eliminación de la DBO carbonosa
	Estanques de maduración (terciarias)	Eliminación de la DBO carbonosa (nitrificación)
	Estanques facultativos	Eliminación de la DBO carbonosa
	Estanques anaerobios	Eliminación de la DBO carbonosa (estabilización de residuos)

1.2.5. Aplicación de los procesos y operaciones de tratamiento para aguas residuales

Pre tratamiento de aguas residuales:

Se define como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares como obstruir tuberías, dañar equipos electromecánicos y causar depósitos permanentes en los tanques¹⁷.

Algunos ejemplos pueden ser:

Desbaste y dilaceración para eliminar sólidos gruesos y trapos, flotación para eliminar grasas y aceites y el desarenado para la eliminación de la materia en suspensión gruesa. Las unidades de tratamiento preliminar más importantes son:

Rejas

Son dispositivos constituidos por barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas, las cuales pueden ser rectas o curvas. Su finalidad es retener los sólidos gruesos de dimensiones relativamente grandes que estén en suspensión o flotantes. Por lo general son la primera unidad de una planta de tratamiento.

Las rejas son empleadas para proteger contra obstrucciones las válvulas, bombas, equipos de aireación, tuberías y otras partes de la planta de tratamiento, además contribuyen a dar una mejor apariencia a la planta de tratamiento y reducen el volumen de flotantes.

Desmenuzadores

Estos equipos son raramente utilizados, se recomienda su uso en combinación con las rejas, en los casos en los cuales las características del material retenido son de tipo orgánico.

¹⁷ (Metcalf et al.)

Desengrasadores

La función de este dispositivo es el separar las grasas y aceites del agua, para evitar problemas de material flotantes en los componentes de la planta y adherencia de éstos en las tuberías. Por lo general son utilizados en los siguientes casos:

- ✓ Cuando hay desechos industriales, conteniendo aceites y grasas.
- ✓ Previo al lanzamiento submarino de las aguas residuales.

Los desengrasadores consisten en una caja rectangular, con el fondo fuertemente inclinado en dirección de la salida, para evitar la acumulación de sólidos sedimentables en la entrada y arrastrados hacia la salida. Una cortina junto a la entrada evita la turbulencia, mientras que otra junto a la salida llegando casi hasta el fondo, ejecuta la doble función de retener las grasas y sacar por el fondo el lodo formado por las partículas sedimentadas.

Tanques de compensación

Estos tanques sirven para disminuir los efectos de una gran variación de caudal o concentración en las aguas residuales a tratar. Son muy poco utilizados en las plantas de tratamientos de aguas de tipo doméstico, a no ser en los siguientes casos:

- ✓ Cuando hay contribuciones industriales intermitentes con gran variación de caudal o concentración de contaminantes.
- ✓ Para aumentar la capacidad de una planta existente diseñada para tratar el caudal máximo.
- ✓ Cuando el agua es bombeada antes de su ingreso a la planta.

Desarenadores

Los desarenadores son unidades destinadas a retener la arena y otros minerales inertes y pesados que se encuentran en las aguas residuales, los cuales son originados en operaciones de limpieza, lavado, infiltraciones y desechos industriales, entre otros.

La remoción de la arena tiene como finalidad proteger las bombas contra el desgaste, evitar obstrucciones en las tuberías y para impedir el depósito de material inerte en el interior de los sedimentadores y digestores¹⁸.

Tratamiento primario de aguas residuales.

Consiste en la remoción de los sólidos orgánicos sedimentables que transporta el agua. El objetivo del tratamiento primario, es disminuir la carga orgánica del agua a través de procesos físicos. Acondicionándola para el tratamiento secundario.

Algunos elementos de tratamiento primario son los tanques Imhoff, Lagunas anaeróbicas, tanques de sedimentación, tanques de flotación, Digestores y Reactores de Flujo Ascendente. En promedio, se tiene una remoción del 30% de la carga orgánica que transporta el agua.

Algunos sistemas de tratamiento primario son:

Tanques Imhoff

Estos tanques poseen unidades de sedimentación, digestión, respiradero y cámara de natas. Las aguas residuales fluyen por la unidad de sedimentación y los sólidos se depositan en el fondo para ser digeridos. La eficiencia que presentan es de 50 a 70% para sólidos en suspensión y de 30 a 50% para la DBO.

Tanques de sedimentación o sedimentadores

Son tanques de formas rectangulares, piramidales o cónicas, en los cuales se da la sedimentación de una significativa porción de materia orgánica en suspensión, pero poco o nada de la materia orgánica en estado coloidal o disuelto. Este proceso requiere tratamiento posterior del lodo sedimentado, normalmente por digestión anaerobia.

¹⁸ (Metcalf et al.)

Tanque de flotación

El proceso de flotación se usa en agua 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 en los tanques convencionales de sedimentación, por lo cual su uso es restringido a casos especiales (especialmente en aguas de origen industrial).

Tratamiento secundario convencional.

El tratamiento secundario está principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento. Es la combinación de diferentes procesos para la eliminación de estos constituyentes. El tratamiento secundario tiene como objetivo, reducir el contenido orgánico del agua a través de la acción de bacterias, las cuales se alimentan de la materia orgánica que contiene el agua. Dentro de los diferentes tipos de tratamiento secundario se tiene los filtros Biológicos, procesos de lodos activados y sus variantes, Lagunas de Estabilización Aeróbica (facultativa o aireada).

El tratamiento secundario tiene que ser complementado con una unidad de sedimentación secundaria, para remover los lodos generados durante el proceso. Con el tratamiento secundario, se logra remover hasta un 90 % de la carga orgánica del agua.

Principios generales del tratamiento secundario.

El tratamiento de las aguas residuales utiliza procesos biológicos y operaciones físicas cuyo fundamento es la oxidación; la oxidación de la materia orgánica se realiza por muchos tipos de organismos aerobios y anaerobios. En casi todos los sistemas de tratamiento de desechos orgánicos los microorganismos utilizan el carbono orgánico como fuente de energía y en la formación de nuevas células. En estos sistemas intervienen organismos heterótrofos; este es el caso de los procesos de lodos activados, filtros percoladores y digestión anaerobia. En otros casos los organismos toman carbón del dióxido de carbono disuelto en el agua, como es el caso de las lagunas de estabilización, para sintetizar nuevas células y obtener energía de la luz solar, éstas son características de organismo autótrofos.

Los organismos químicos sintéticos autótrofos obtienen energía de la oxidación de compuestos inorgánicos como el nitrógeno y el azufre. Los organismos autótrofos producen oxígeno molecular durante la síntesis de nuevas células¹⁹.

Algunos tipos de tratamiento secundarios son:

Filtros biológicos.

Son conocidos también como Filtros Rociadores, Percoladores, de Goteo y Biofiltros; son unidades de tratamiento secundario en las cuales el proceso biológico se realiza durante el contacto de las aguas residuales con un crecimiento biológico fijo a un medio poroso, el cual generalmente es roca triturada, escoria volcánica o material sintético.

A medida que se oxida la materia orgánica se produce un crecimiento bacteriano sobre la superficie del medio, este crecimiento se desprende debido a la acción de gases formados en el interior o por fuerzas debidas a la velocidad con que el agua escurre entre las superficies del medio filtrante.

Lodos activados

El proceso de Lodos o Fangos Activados, se utiliza para tratar aguas residuales que contienen una gran cantidad de materia orgánica biodegradable, la cual puede ser oxidada en altas proporciones utilizando bacterias en presencia de oxígeno. Las aguas residuales domésticas pueden tratarse eficientemente con dicho proceso. El proceso de lodos activados es muy flexible y se puede adaptar a casi la totalidad de los problemas de tratamiento biológico de las aguas residuales.

Lagunas de estabilización

Se entiende por laguna de estabilización a estanques artificiales contruidos de tierra, de profundidad reducida (menor a 5 mts) sin ninguna parte mecánica, las cuales tienen como objetivo: Retener suficiente tiempo las aguas servidas y permitir la acción de auto depuración, por procesos físicos, químicos y biológicos.

¹⁹ (Metcalf et al.)

Las lagunas de estabilización constituyen un método simple, económico y eficiente, para comunidades pequeñas que posean condiciones de clima y terreno favorables; no necesitan más que el tratamiento previo, pero con la desventaja, que requiere áreas extensas.

Lagunas aireadas

Una laguna aireada es un depósito en el que el agua residual se trata en la modalidad de flujo continuo sin o con recirculación de sólidos. La principal función de estos procesos es la convención de la materia orgánica. Normalmente se suele aportar oxígeno con aireadores superficiales o con sistema de difusión de aire. Al igual que otros sistemas de cultivo en suspensión, la turbulencia creada por los sistemas de aireación se utiliza para mantener en suspensión el contenido del depósito.

Humedales

Los humedales son áreas que se encuentran saturadas por aguas superficiales o subterráneas con una frecuencia y duración tales, que sean suficientes para mantener condiciones saturadas. Suelen tener aguas con profundidades inferiores a 60 cms con plantas emergentes como espadañas, carrizos y juncos.

La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la absorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar.

Tratamiento avanzado/ Recuperación del agua residual.

El tratamiento avanzado se define como el nivel de tratamiento necesario, más allá del tratamiento secundario convencional, para la eliminación de constituyentes de las aguas residuales que merecen especial atención, como los nutrientes, los compuestos tóxicos y los excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión.

Además de los procesos de eliminación de nutrientes, otros procesos u operaciones unitarias habitualmente empleadas en los tratamientos avanzados son la coagulación química, floculación y sedimentación seguida de filtración y carbono activado. También se emplea el

tratamiento avanzado para diversas posibilidades de reutilización de las aguas residuales, para las cuales es preciso conseguir efluentes de alta calidad, como puede ser el caso del agua empleada para refrigeración industrial o para la recarga de aguas subterráneas.

Los métodos de tratamiento avanzado de las aguas residuales se pueden clasificar en función del tipo de operación o proceso unitario, o por el objetivo principal de eliminación que se quiere conseguir.

Para facilitar la comparación general de las diversas operaciones y procesos, la siguiente tabla muestra la principal función de eliminación de constituyentes; los tipos de operaciones y procesos aplicables para desarrollar esta función²⁰:

Tabla 7. Funciones principales de eliminación de partículas en el afluente.

Fuente: Manejo de Aguas Residuales Municipales. UNEP/GPA Oficina de Coordinación, La Haya, Países Bajos

Principal función de eliminación	Descripción de la operación o del proceso
Eliminación de sólidos Suspendidos	Filtración Microtamices
Oxidación de amoníaco	Nitrificación biológica
Eliminación de nitrógeno	Nitrificación/desnitrificación biológica
Eliminación de nitratos	Desnitrificación biológica en etapas separadas
Eliminación biológica de fósforo	Eliminación de fósforo en la línea principal Eliminación de fósforo en la línea Auxiliar
Eliminación biológica conjunta de nitrógeno y fósforo	Nitrificación/desnitrificación biológica y eliminación de fósforo
Eliminación física o química de Nitrógeno	Arrastre por aire Cloración al breakpoint Intercambio iónico
Eliminación de fósforo por adición de reactivos químicos	Precipitación química con sales Metálicas continúa...

²⁰ (Metcalf et al.)

Principal función de eliminación	Descripción de la operación o del proceso
	Precipitación química con cal
Eliminación de compuestos tóxicos y materia orgánica refractaria	Adsorción sobre carbono, Fangos activados, Carbón activado en polvo, Oxidación química.
Eliminación de sólidos inorgánicos disueltos	Precipitación química Intercambio iónico Ultrafiltración Osmosis inversa Electrodialisis
Compuestos orgánicos volátiles	Volatilización y arrastre con gas

Recuperación y reutilización de efluentes

Los organismos responsables de la gestión del agua se han visto obligados a buscar nuevas fuentes de recursos hídricos como consecuencia del continuo crecimiento de la población, de la contaminación tanto de las aguas superficiales como de las subterráneas, de la desigualdad en la distribución de los recursos hídricos, y de las sequías periódicas.

En muchos lugares, la reutilización del agua residual ya es un elemento importante en la planificación de recursos. A pesar de que la reutilización de las aguas residuales constituye una opción viable, es necesario considerar otras alternativas como el ahorro de agua, el uso efectivo de los suministros existentes, y el desarrollo de nuevas fuentes de recursos.

En la planificación e instrumentación de los planes de recuperación y reutilización de aguas residuales, el factor que normalmente determina el grado de tratamiento necesario y el nivel de confianza deseado de los procesos y operaciones de tratamiento suele ser el uso a que se destina el agua.

En el proceso de planificación es necesario evaluar la fiabilidad de las operaciones y procesos de tratamientos existentes o propuestos, y que la recuperación de aguas residuales obliga a un suministro continuo de agua de una determinada calidad.

Las principales categorías de reutilización que se contemplan son: riego agrícola y de espacios verdes; Aplicaciones industriales; recarga de acuíferos, y reutilización para abastecimiento de agua²¹.

Vertido de efluentes

Una vez tratadas, las aguas residuales se pueden reutilizar, como lo vimos anteriormente, o bien se pueden reintroducir en el ciclo hidrológico por evacuación al medio ambiente. Por lo tanto, la evacuación de las aguas residuales se puede considerar como el primer paso de un proceso de reutilización indirecto a largo plazo.

Los métodos más comunes de evacuación son: vertido y dilución en aguas del medio ambiente. Otro medio de evacuación es la aplicación al terreno, en la que el agua residual se percola en el terreno y recarga los acuíferos subyacentes.

Los parámetros de calidad del agua residual que tienen importancia en los vertidos de aguas residuales son el oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos, bacterias, nutrientes, pH y compuestos orgánicos volátiles, los neutralizadores ácidos/básicos, metales, pesticidas y bifenilos policlorados (PCBs).

Muchas de las descargas en ríos y estuarios se realizan mediante tuberías abiertas en su extremo final que consiguen un mezclado inicial mínimo. En cursos de agua de poca profundidad, el vertido libre en las orillas puede realizarse directamente sobre las aguas superficiales, lo cual entraña cierto riesgo de formación de espumas. Este problema se puede resolver realizando descargas sumergidas en puntos del interior del curso de agua²².

Evaluación y reutilización de lodos

La evacuación final de los residuos sólidos, semisólidos (fangos) y contaminantes concentrados separados del agua residual mediante los diversos procesos de tratamiento, ha sido uno de los problemas más complicados y costosos dentro de la ingeniería de aguas residuales.

²¹ (Introducción a la Ingeniería Química. Guillermo Calleja Pardo (ed.), Francisco García Herruzo, Antonio de Lucas Martínez, Daniel Prats Rico, José M. Rodríguez Maroto. Editorial Síntesis. Madrid. (1999).)

²² (J. Glynn Henry, Gary Heinke; Ingeniería Ambiental; Editorial Pearson Prentice Hall; 1999.)

Debido a la problemática de la contaminación del aire y de las aguas subterráneas, se está prestando mucha atención a los métodos de eliminación del fango por incineración y por evacuación al terreno y/o vertederos. Cada vez es más difícil encontrar ubicación para nuevos vertederos capaces de satisfacer las necesidades ambientales, económicas y sociales, por esto el tratamiento y evacuación de los fangos se ha convertido en el mayor reto para la ingeniería ambiental.

Con la aparición de métodos de tratamiento para las aguas residuales más modernos y eficientes, surgieron problemas con la evacuación de fangos como consecuencia de los grandes volúmenes generados²³.

²³ (Depuración de aguas residuales. Hernández Muñoz, A. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid. 1992.)

1.3. ENFOQUE NACIONAL DEL PROBLEMA

1.3.1. Situación del recurso hídrico en El Salvador

Por tratarse de uno recurso indispensable para vida, el agua es el recurso natural renovable más importante y estratégico para la el desarrollo económico y crecimiento social de un país, sin embargo el problema de la degradación ambiental de un país está relacionado con este recurso²⁴.

En cuando a la escases y a la contaminación que precede a este recurso también ha hecho o a aumentado la dificultad de acceso a él, convirtiéndose así en uno de los peligros para el desarrollo de los pueblos es por ello, así mismo se debe tener la facilidad para comprender y avanzar median una reforma integral del recurso hídrico, que esto conlleve al desarrollo de los países, entiéndase que un problema que no solo afecta a nuestro país sino al resto de américa, para ello se toma el reto de ver el problema de manera multidimensional, y desarrollar las propuestas e iniciativas en dos dimensiones: 1) cuantitativa (capital hídrico y escases física), 2) cualitativo (contaminación).

Para el año de 1980 donde se comenzó con las reformas o intentos de ley integral del agua, para la protección del recurso hídrico que posteriormente se aprobaría en el año de 1983, se detalló que la reforma estaba dirigida a la creación de una serie de regulaciones, tanto de saneamiento, como de entes rectores que velarían por el uso del recurso hídrico²⁵, con el apoyo del BID y de las naciones unidas en su programa de desarrollo PNUD*, impulsaron dicha iniciativa, a cambio de apoyo económico para el desarrollo del país, y estaban comprometiéndose de lleno para salvaguardar el limitado recurso hídrico, en un principio se creó una secretaria para dicho fin, la cual tenía como nombre secretaria de Gestión integral del recurso hídrico, con el pasar del tiempo, dicho contrato se trasladó a manos de la autónoma que hoy conocemos como ANDA, para el año de 1999 se contrató a consultores chilenos que se encargaron de hacer un estudio y que elaboraran una propuesta nueva propuesta hídrica y de saneamiento ambiental, también se incorporó de lleno al ministerio de medio ambiente MARN

²⁴ (Véase Miranda (2003). Reformas económicas, medio ambiente y urbanismo, comisión C.A y el caribe PNUD. México)

²⁵ (Véase el documento de PRISMA edición número 38 del año 1999)

como para que formase un mejor ente regulador importantísimo hasta el día de hoy, mediante el cual podemos los avances en las en las propuesta como lo es la nueva propuesta del ley del agua.

Capital hídrico del país.

La lluvia representa la principal fuente de agua, ya que a través de ésta se alimentan las distintas fuentes superficiales (ríos y lagos) y subterráneas (acuíferos), de las cuales el agua es extraída para satisfacer las necesidades de los diferentes sectores a nivel nacional. En El Salvador la precipitación anual promedio es de aproximadamente 1,800 mm de lluvia. Esto representa 38,283 millones de m³ de agua que caen en el territorio salvadoreño cada año. Sin embargo, debido al proceso de evapotranspiración, solamente se disponen de 12,633 millones de m³ en concepto de aguas superficiales y subterráneas (33% del total de agua lluvia recibida). Sin embargo, aunque se cuenta con un régimen de lluvias adecuado, su estacionalidad hace obligatorio la utilización óptima de dicho recurso²⁶.

De este capital hídrico anual que posee el país, solamente se hace uso de un porcentaje muy reducido, debido a limitaciones físicas y tecnológicas. En 2002, solamente se extraía el 3.9% de total de recursos hídricos y el capital hídrico per cápita era de 2,774 m³ por persona²⁷. Las aguas superficiales del país están representadas por 360 ríos, distribuidos en 10 regiones hidrográficas. Por su importancia económica (provisión de agua y energía eléctrica) la cuenca del río Lempa es la más importante del país, su extensión es de 10,000 km² (49% del territorio nacional) (MARN, 2002). Los principales reservorios de agua subterránea son los Acuíferos de los Valles Interiores y los Costeros (los primeros localizados en los valles al pie de volcanes jóvenes). Las zonas de recarga de los acuíferos están localizadas en la Cadena Costera y la Cordillera Volcánica Central (Ventura, 1995)²⁸.

Sin embargo, a pesar que El Salvador cuenta con una abundante oferta hídrica a través de la lluvia, y sus fuentes superficiales y subterráneas, en los últimos años se ha venido

²⁶ (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2002). Informe Nacional del Medio Ambiente GEO 2002. MARN. PNUMA.)

²⁷ (Banco Mundial (2004). World Development Indicators. Washington., boletín 205-2005 situación hídrica)

²⁸ (Los reservorios de agua subterránea o acuíferos están constituidos por una zona de recarga, el depósito de agua subterránea y la zona de descarga (llamados nacimientos, manantiales u ojos de agua)

experimentado una crisis severa asociada con la disponibilidad de este recurso. Dicha crisis está relacionada con:

- ✓ la escasez física del recurso debido a la disminución de la capacidad del territorio para infiltrar agua (dimensión cuantitativa). Esta pérdida de capacidad está asociada con la alteración del ciclo hidrológico;
- ✓ La disminución de la calidad del agua debido a los procesos, urbanos y rurales de contaminar las aguas superficiales y subterráneas.
- ✓ Deficiente institucionalidad relacionada con el uso, desarrollo y administración del recurso (dimensión institucional).

Desequilibrio en el ciclo del agua

Si puede decirse que El Salvador tiene potencial, para tener fuentes de agua debido a la captación que esta que ha realizado en época lluviosa, con el tiempo el potencial de absorción de afluentes de aguas lluvias se van minimizando debido a la pérdida de absorción en los sitios de recarga de los mantos acuíferos, por ello es que podemos decir que el cambio climático el mal uso del suelo, el mismo en algunos momentos puede llegar a ponerse impermeable y con la mínima absorción que estos tienen; esto genera por lo general el desequilibrio cíclico del agua, el desplazamiento sobre la superficie del suelo que llamamos escorrentía superficial, y al exceso de agua que esta no logra filtrar se crean lo que son las inundaciones, debido a este exceso de agua el suelo no absorbió lo suficiente y en la temporada seca podemos apreciar que el recurso merma en una porción considerable, la sedimentación de las represas como los estancamientos como sitios de criaderos de peces.

En el caso de algunas ciudades, principalmente el área urbana se tiene el fenómeno que las inundaciones son más frecuentes, afectando así a la población en general y al medio ambiente y de este modo se ve reducida la zona que son consideradas zonas para cosechar agua, podemos tener una serie de problemas para la recarga por parte del suelo del recurso hídrico en tal caso es porque el hombre en su fin de expansión ha reducido la zona de recarga como ya se ha mencionado, para mayor ilustración se tiene la ciudad de San Salvador cerca de estas zonas de

carga del suelo ya que se tienen vivienda²⁹ se dicho lugar, luego el déficit para poder abastecer a todas estas personas.

Contaminación del agua

El problema relacionado con la disponibilidad del recurso hídrico también tiene expresiones en su dimensión cualitativa, manifestada en una disminución de su calidad debido a procesos de contaminación generados en zonas urbanas y rurales del país.

La situación de la calidad de agua en la mayoría de cuerpos superficiales y subterráneos en el país es alarmante. La mayoría de aguas servidas residenciales e industriales—una de las principales fuentes de contaminación— son arrojadas a los ríos prácticamente sin ningún tratamiento. Solamente el 2% de las aguas residuales del país reciben algún tipo de tratamiento³⁰. Esta situación es más dramática en el AMSS, en donde se ha desarrollado un proceso de urbanización creciente con una gran concentración de la producción y población del país (Miranda, 2003).

En relación con la contaminación orgánica del agua, en 1980 el Banco Mundial señalaba que en el país se generaban 9,390 kg. de DBO por día. Esta situación empeoró, para 1998 se generaban 22,760 kg. Por día³¹. En ese año, el sector de alimentos y bebidas y el sector textil contribuyeron con 43.5 y 34.1% de la generación de contaminación orgánica, respectivamente (Banco Mundial, 2004).

En 1981, un estudio sobre calidad sanitaria, realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en 40 ríos del país, señala que el 42.5% de estos cuerpos de agua presentaban una calidad sanitaria de “mediocre” a “pésima” y un 40% de “pésima” (Ventura, 1995).

En 2003, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN), reportó que el Índice de Calidad de Agua (ICA) de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa se encontraban clasificados con una calidad entre “pésima” y “regular”.

²⁹ (Véase también tomo 205-2005 situación del recurso hídrico en El Salvador)

³⁰ (OPS-OMS (2000). Evaluación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento 2000 en las Américas. El Salvador. Informe analítico. En línea: <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/eva2000/salvador/informe.html>)

³¹ (Los desechos orgánicos provienen de las basuras de los hogares, aguas mieles de los beneficios de café, aguas negras, aserraderos, lecherías, entre otros. Estos desechos tienen la característica de descomponerse. En el agua son descompuestos por microorga)

Sobre lo anterior, se puede observar que en los últimos veinticinco años el país ha estado enfrentados severos problemas relacionados con la contaminación del agua en sus principales cuerpos de agua. Esto último, tiene expresiones en los fuertes impactos relacionados con la disminución de la calidad del agua y las afecciones severas en la salud de las personas.

La institucionalidad del sector del recurso hídrico.

Como puede apreciarse, los datos tanto la introducción de este capítulo, como también en el marco legal e institucional del capítulo I y en el actual se tiene, que la legislación actual esta robusta en cuanto al respaldo jurídico por la constitución de la república, no obstante como lo plantea el MARN en su propuesta de ley del agua, se necesita una propuesta o una legislación integral en donde todos los entes rectores, sean uno evitar las discrepancias entre sí para poder llevar a cabo al protección del recurso hídrico y del saneamiento ambiental, según el MARN existen más de 27 instituciones que velan por la protección del medio ambiente y vinculadas al recurso hídrico¹⁸, por lo que se debe contar con una ley integradora en los dimensiones mencionadas, puesto que hoy en día dichas instituciones no mantienen el mismo régimen normativo, sin embargo con la nueva propuestas se normalizara eso, tanto para las instituciones como a comunas que hoy en día basan la legislación que protege al medio ambiente, para que esta sea la base de estas instituciones que defienden el recurso hídrico.

Cobertura de servicios en sistemas administrados por ANDA y operadores descentralizados a nivel nacional

A diciembre de 2011 se registraba una población total en El Salvador de 6, 216,143 habitantes, de los cuales 3, 921,501 son urbanos y 2, 294,642 rurales, (Ver cuadros No. 1 y 2). Estas cifras de población son "Estimaciones y Proyecciones de Población Municipales 2005-2020" de la Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC).

La clasificación en Urbano y Rural, son estimaciones realizadas por la Unidad de Planificación, con base a las cifras oficiales del Censo 2007, durante este período, ANDA y Operadores Descentralizados estaban beneficiando a 3, 938,495 habitantes con los servicios de agua potable a través de conexiones domiciliarias y fácil acceso a nivel nacional y 2, 591,525 habitantes con alcantarillado sanitario.

La cobertura urbana de agua potable de ANDA y Operadores Descentralizados logró en el año 2011 el 89.6%, de los cuales el 86.9% representan las conexiones domiciliarias y el 2.7% las de fácil acceso, la cobertura en el área rural de agua potable fue del orden del 18.6%, representando las conexiones domiciliarias el 6.3% y el 12.3% la población servida a través de cantareras y pilas públicas.

En lo que respecta a la cobertura urbana en saneamiento a través de los servicios de alcantarillado sanitario domiciliar fue del 66.1%. Con respecto a la población total del país se lograron alcanzar coberturas globales en agua potable y saneamiento del orden del 63.4% y 41.7% respectivamente; a partir del año 2007, no se presentan coberturas de saneamiento con disposición de excretas a través de letrinas, debido a que los sistemas administrados por ANDA y Operadores Descentralizados no cuentan en sus registros con este tipo de conexiones.

De los 262 municipios que componen el país, ANDA con su capacidad instalada atiende 130 municipios con agua potable lo cual representa el 49.6% del total de municipios, 38 municipios que equivalen al 14.5% es atendido a través de Operadores Descentralizados y el 35.9% (94 municipios) es abastecido por otros operadores.

Asimismo, los municipios con sistema de alcantarillado atendidos por ANDA ascienden a 64, representando el 24.4% del total de municipios, el 8.0% (21 municipios) son atendidos a través de operadores Descentralizados y del 67.6% (177 municipios), no se dispone de información.

Durante el año 2011 se instalaron 12,118 nuevas conexiones domiciliarias de acueducto, de las cuales 11,631 corresponden al área urbana y 487 al área rural. Del total de nuevas conexiones de acueducto, el 32.9% fueron instalados en la Región Metropolitana y el 67.1% en el interior del país. Los nuevos servicios de alcantarillados sanitarios incorporados durante el año fueron 4,942. El 45.2 % de éste total fueron instalados en la Región Metropolitana y el 54.8% en el interior del país.

A diciembre de 2011 la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, tenía registrados un total de 783,367 conexiones domiciliarias de agua potable a nivel nacional, incluyendo servicios de operadores descentralizados. Del total de servicios de acueducto,

750,815 corresponden al área urbana y 32,552 servicios son del área rural del país. Los 588,983 servicios de alcantarillado sanitario contabilizados a nivel nacional corresponden al área urbana.

Importancia económica del agua

El agua constituye un elemento indispensable para el desarrollo económico y superación de la pobreza de un país. Este recurso genera importantes aportaciones a los sectores industrial, residencial, agrícola (riego), energía, turismo, entre otros. En este sentido, la disponibilidad y acceso al agua contribuye a fortalecer el clima de negocios y la competitividad del país.

1.3.2. Antecedentes de la problemática.

El Refugio es un municipio del departamento de Ahuachapán ubicado a 82 Km de San Salvador y a 770 msnm; limita al norte y sureste con la ciudad de Atiquizaya y al oeste con el departamento de Sonsonate; posee una población, según el Censo de Población y Vivienda 2007, de 8,171 habitantes; se ubica en un área de 11,01 km² y se divide en su zona urbana en Barrio Nuevo y Barrio El Calvario; en su zona rural en los cantones Comapa, El Rosario y San Antonio.

Se cataloga al municipio como un lugar cultural, puesto que debido que su pobladores, en el mayor de los casos se dedican a la ganadería, agricultura, también se mantiene el oficio de artesanos en barro y piedra, en lo que respecta a su historia y tradiciones el municipio de el refugio se mantiene con sus costumbres y tradiciones algo que puede verse en sus calles empedradas, bellos jardines, manteniendo el mismo aspecto de algunos de sus inmuebles como lo es la iglesia y el parque, sus celebraciones en honor a la virgen del refugio dan colorido a esta lugar, su accesibilidad es notoria puesto que se encuentra al paso en el trayecto que conduce desde la ciudad de Santa Ana hasta la ciudad de Ahuachapán tal como y como lo muestra la descripción anterior.

Factores de la problemática

El municipio se encuentra en vías de desarrollo, con el aumento acelerado de la población³², dicho municipio ha ido creciendo y con ello sus necesidades, tal es el caso que para el año 2013, en el caso de las aguas servidas o potables, brindadas por la dependencia de ANDA,

³² (Tomado de la página oficial de DIGESTyC para el año 2013)

fue insuficiente durante el periodo comprendido de abril a mayo de ese mismo año³³, en este sentido siendo un servicio primordial para la ciudadanía se ve afectado debido a la maquinaria instalada que se encontró en mal estado y el largo tiempo que la autónoma se tomó en repararla, sin embargo a la fecha dicho problema se ve resuelto para los habitantes, a sabiendas de esto se cree que también en dicho lugar se cumple con la disponibilidad de casi 3,000 m³ de agua anualmente por cada persona³⁴ llevando tanto al suelo como a nuestro sistema de desagüe, situándose al borde del estrés hídrico según el boletín estadístico de ANDA (2010).

El problema que tiene el municipio del refugio actualmente, es en el sistema de recolección de agua servidas, como de aguas lluvias, que es lo que en épocas lluviosas se torna en un verdadero caos para los habitantes de las comunidades que se encuentran en las partes más bajas del refugio, para el año 2003 según un inventario³⁵ de la autónoma ANDA se tenía que el municipio no contaba con un sistema de alcantarillado, ni tampoco se tenía la existencia de una planta de tratamiento de las aguas servidas y pluviales, esto es un problema aun mayor cuando comienzas las épocas lluviosas, en la actualidad la comuna ya cuenta con un pequeño sistema de recolección aguas residuales que aun por momento en épocas lluviosas no da abasta a toda la población que hace uso de la misma (según testimonio de los habitantes).

Según la municipalidad se han realizado estudios hídricos, y actualmente se mantiene en licitación sin adjudicación lo que es un estudio y mapeo de las zonas de riesgo³⁶ del municipio con lo que se espera que el problema para los habitantes, sin embargo hay un problema que no se tiene en mente aunque ya ha realizado dicho estudio la comuna ha realizado estudios para llevar a cabo la instalación y operación de una planta de tratamiento para la misma con el fin de evitar la contaminación que actualmente se tiene al afluente del rio paz, que actualmente sirve de desemboque al sistema actual de alcantarillado, con la ampliación del mismo se pretende eliminar la cantidad que se acumula en la calles o tuberías del sistema.

Ahora está el problema se tiene donde depositar dichas aguas residuales, y que se debe hacer con ellas, según la autónoma ANDA no se cuenta con un sistema que d tratamiento pero

³³ (Véase el diario de hoy con fecha 9 de abril de 2013)

³⁴ (Para una mayor comprensión del tema véase boletín estadístico de ANDA año 2010)

³⁵ (Véase el inventario de la situación actual de aguas residuales en el salvador año 2003)

³⁶ (Véase Consulta de Contrataciones y Adquisiciones del ANDA en su página oficial para el año 2014)

entonces tenemos la pregunta, ¿a qué se deberá la inexistencia de la misma?, esto puede tener más factores la población que actualmente tiene el refugio es pequeña la extensión territorial es bastante pequeña, la falta de desarrollo del municipio como tal y pudiese agregarse la falta de una promulgación por el cumplimiento de la leyes medio ambientales, las cuales darían garantías sobre la construcción o sobre el conocimiento del problema, y aun se puede agregar la falta de valores hacia el orden y la limpieza de sus pobladores en cuanto al depositar basura en tragantes y cunetas.

1.3.3. Marco legal e institucional

En la pieza de correspondencia antepuesta ante la asamblea legislativa, de la nueva propuesta de ley general de aguas, en la cual se ha unido todos los factores que conllevan tanto al buen uso de ella como, a su tratamiento y penalización a quien infrinja dicha normativa, algo más importante que se trata en dicha propuesta de ley es la viabilidad jurídica para apoyar la defensa de nuestros recursos naturales, hídrico en este caso, la política nacional de medio ambiente dice que hay que actualizar dichos planes de protección de los recursos ambientales cada 5 años³⁷, la última actualización de la política ambiental se dio en el año 2000³⁸, lo que quiere decir que esto se dio hace más de una década, por lo cual la elaboración y aprobación de la misma debe darse lo más pronto posible, con el entrapamiento en la asamblea legislativa, que aún dicha ley sigue en estudio, imposibilita al MARN para la ejecución del plan de saneamiento ambiental que tanto se necesita, si esto le agregamos la degradación que día a día sufre nuestro medio ambiente, el cambio climático y el mal uso que se permite y se da en nuestra nación, no aprobar es un peligro latente para nuestra subsistencia, en todo caso de las aguas en el salvador (agua potable, aguas residuales y pluviales).

Lo que se pretende en esta propuesta es dar más poder legal a las instituciones como lo son las alcaldías y ministerios que por deber tienen la responsabilidad de velar por nuestro medio ambiente, revertir la insalubridad ambiental, y procurar el saneamiento del mismo, sin embargo para poder proteger la seguridad hídrica, que para el estudio es el recurso del cual se tiene en cuestión, la falta aprobación de la normativa que el MARN en su presentación de la

³⁷ (Véase presentación de la ley general del agua en siguiente enlace /www.marn.gob.sv opción recurso hídrico)

³⁸³⁸ (Véase presentación de ley de medio ambiente en el siguiente enlace /www.marn.gob.sv)

estrategia nacional de medio ambiente conlleva una gran importancia para su ejecución, lo define como estancamiento a dicha iniciativa.

Ahora bien si se hace una remembranza en la historia, ya se mencionaba una serie de políticas encaminadas a evitar la degradación de nuestro medio ambiente las cuales no se les ha dado un auge como se pretendió en un inicio, puesto el salvador tiene un robusto marco legal e institucional, lo que data del año 1980 en cual se intentó dar una reforma pero debido a las situaciones del conflicto armado que en ese tiempo se suscitaba en el país se vio truncada la idea, para el año de 1982 con el apoyo de las naciones unidas para el desarrollo (PNUD), apoyó la elaboración del PLAMADARH o “Plan Maestro de desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos,”³⁹ el cual se concluyó en ese año, el siguiente cuadro muestra las principales

³⁹ (Véase documento de prisma “desarrollo salvadoreño de investigación sobre desarrollo y medio ambiente N° 38 año 1999)

Ilustración 1. Cuadro resumen de leyes que rigen las plantas de tratamiento.

Fuente: Elaborado en base a ISAM (1991) y Ley del Medio Ambiente (1998).*

Legislación relevante para la gestión del agua
<ul style="list-style-type: none">• La Constitución Política declara de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales. Entre los motivos de expropiación por causa de utilidad pública, establece el objetivo de aprovisionamiento de agua.• El Código Municipal hace referencia a la competencia de los municipios para el incremento y protección de los recursos renovables y no renovables y le da atribuciones y jurisdicción en su territorio a través de las ordenanzas, incluyendo la gestión de los recursos naturales.• El Código Penal establece penas al que contamine, envenene, adultere o corrompiere de modo peligroso, los recursos hídricos.• El Código de Salud determina la norma de calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección. Le otorga al Ministerio de Salud la atribución para desarrollar programas de saneamiento ambiental, abastecimiento de agua potable para comunidades, disposición adecuada de excretas y aguas servidas, así como la eliminación y control de contaminación del agua.• La Ley de Riego y Avenamiento establece que las aguas superficiales y subterráneas son propiedad del Estado. Norma la extracción de agua para riego, sin aclarar cómo se planifica, regula y adjudica el uso del agua para demandas competitivas entre agua potable y agua para riego, tanto para uso público como privado.• Bajo la Ley de la Administración de Acueductos y Alcantarillados, ANDA tiene la potestad de regular toda extracción de agua en el país, pero al mismo tiempo es el mayor usuario de éste recurso para consumo humano.• Según su Ley de Creación, la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa tiene derechos sobre el uso del agua para generación de energía, concebidos sin atención a los derechos de otros usuarios conferidos por ley.• En el Reglamento Interno del Organismo Ejecutivo se establecen competencias para los ramos de Agricultura y de Obras Públicas, para la generación de mecanismos legales de protección, conservación y uso racional del recurso hídrico, así como investigación de condiciones geológicas, hidrológicas y sismológicas del territorio nacional. El Ministerio de Agricultura se ha encargado de los aspectos normativos del agua como recurso natural, fundamentalmente con orientación al riego y es responsable de administrar la red hidrométrica. El Ministerio de Obras Públicas tiene a su cargo el desarrollo de infraestructura de regulación de caudales para control de inundaciones.• La Ley sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (1981) y su reglamento (derogado) es una especie de ley básica para poder legislar en detalle los diferentes usos del agua: consumo humano, riego, industriales, comerciales, hidroeléctrica, pesca, usos comunes, etc. Esta ley mandaba al Ministerio de Planificación a coordinar los estudios y desarrollar las políticas hídricas para todos los usos del recurso. Se creó la Oficina Especializada del Agua (OEDA) en el desaparecido Ministerio de Planificación y luego reubicada en ANDA, convirtiéndose en la UEDA.• El Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección (Decreto No. 50, 1987), que tiene por objeto desarrollar los principios de la Ley de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y su Reglamento, se orienta a evitar, controlar o reducir la contaminación del agua por vertidos domésticos, industriales o de cualquier otra índole, a la vez establece normas sobre depuración y tratamiento de aguas y sus respectivas sanciones.• La Ley de Creación de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones incluye la función de asignar concesiones de agua para hidroelectricidad, sin tomar en cuenta los demás usuarios. La aplicación de esta normativa se encuentra prácticamente suspendida, pero añade otro factor de confusión a la gestión del recurso.• La Ley del Medio Ambiente otorga competencia en la prevención y control de la contaminación al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, junto al Ministerio de Salud Pública. Según la ley, para proteger el recurso hídrico debe promoverse el manejo integrado de cuencas hidrográficas y la protección del medio costero-marino de toda clase de vertidos y derrames. Corresponde al Ministerio del Ambiente elaborar y proponer a la Presidencia de la República los reglamentos necesarios para la gestión, uso, protección y manejo de las aguas y ecosistemas.

En el transcurso de los años, tanto como ha cambiado el entorno social y económico, lo han hecho las leyes para adaptarse a las circunstancias que lo ameritan, algunas leyes como la de medio ambiente ha sufrido reformas mediante decretos que han transformado o modificado las leyes que en un principio se dispusieron para un fin en los años 80's, que hoy en día no son suficientes o dejaron de tener validez para los cambios sufridos en el entorno, como algunos ejemplos de los mismos tenemos del decreto 40 que modifica el reglamento especial de normas técnicas de calidad ambiental⁴⁰, sin embargo para el uso que se dispone actualmente con la estrategia de política nacional de medio ambiente el ratificar la ley de aguas es imprescindible e inclusive es uno de sus objetivos para el periodo comprendido de 2009-2014⁴¹.

En lo que respecta a la nueva ley también avala en el art.117 de la constitución de la república de El Salvador, para que los gobiernos municipales como lo son las alcaldías puedan gestionar y hacer cumplir sus estatutos y normativas, en referencia a lo que es competencia y más aún en la protección del medio ambiente, en lo que al municipio de El Refugio compete este tipo de legislación municipal no es parte de la ahora vigente puesto que por no contar con una planta de tratamiento o un sistema de alcantarillado como se debería no se tiene un control específico, es por ello que en el marco legal e institucional que está plasmado en el marco teórico de este documento⁴², lo que representa un obstáculo al momento de llevar a cabo el tipo de proyectos de saneamiento ambiental como lo son las plantas de tratamiento de aguas residuales, por el simple hecho de no contar con una medida de protección para el vertido de estas aguas en la comuna el nivel de contaminación hacia el afluente de río Paz, representa un retroceso en las políticas que actualmente necesitan ser aprobadas.

⁴⁰ (Véase el reglamento especial de normas técnicas de calidad ambiental, en el apartado del capítulo I marco teórico.)

⁴¹ (Véase presentación de la estrategia nacional de medio ambiente en el siguiente enlace /www.marn.gob.sv)

⁴² (Véase apartado sobre marco legal e institucional en el capítulo I marco teórico)

1.4. Localización de la planta.

El estudio de localización de instalaciones ya sean industriales o de servicios, representa un elemento fundamental que se debe tomar en cuenta a la hora de planificar las operaciones de cualquier empresa, independientemente de la extensión de la región en la cual se desea implantar la planta, Villa El Refugio es uno de los municipios más pequeños del departamento de Ahuachapán, más sin embargo es importante destacar que el ciclo de vida de la instalación depende ampliamente del sitio o región donde se quiera instalar, debido a que si el análisis de los factores de localización fallan en el momento de la concepción de la planta, esta tiende a acortar su ciclo de vida o se tiende a recurrir en el reacomodo de las Instalaciones lo cual generara un costo.

El proyecto está enfocado a tratar la problemática del municipio de Villa El Refugio, Departamento de Ahuachapán

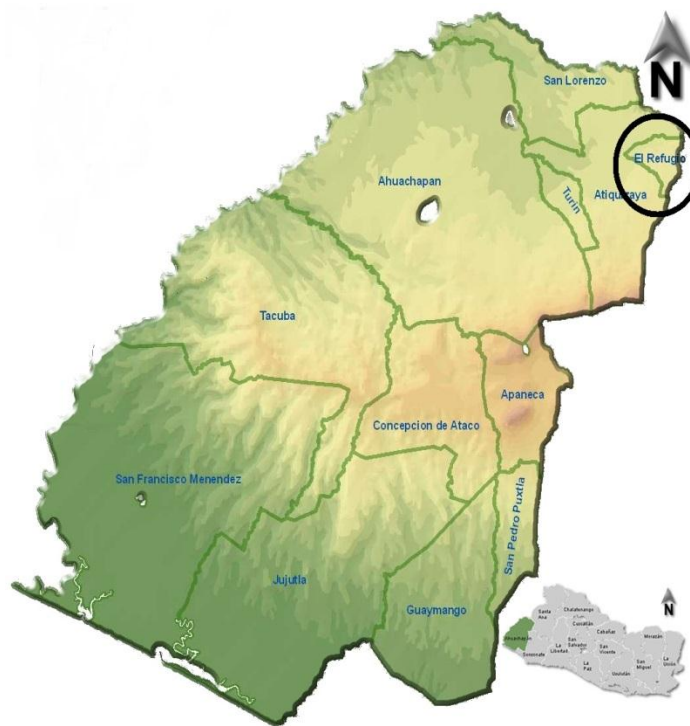


Ilustración 2. Microlocalización de la planta de tratamiento de aguas residuales

Fuente: googlemaps. Búsqueda El Salvador, el refugio Ahuachapán.

El estudio de la localización es un elemento vital para el análisis y evaluación de proyectos nuevos o de expansión de plantas de tratamiento de aguas residuales, tanto desde el punto de vista técnico, así como financiero-económico. En nuestro caso particular se tomaron los siguientes factores de localización que tienen influencia en una planta de tratamiento de aguas residuales.

Factores considerados en el estudio de Microlocalización.

Una buena localización de instalaciones requiere de un estudio detallado de las alternativas, así como también de los factores que la puedan afectar, el presente estudio se limitó a desarrollar un análisis de microlocalización, esto debido a que la comuna de Villa El Refugio ya cuenta con una posible alternativa para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, por tanto este estudio evaluó dicha localización con otras posibles alternativas a fin de determinar si la ubicación propuesta es la mejor alternativa o es necesario considerar una nueva, para lo anterior se evaluaron los siguientes factores.

Disponibilidad y Costo de los Terrenos

La planta de tratamiento de aguas residuales propuesta, necesita para el desarrollo de sus procesos de tratamiento, extensiones de terreno de medianas a grandes dimensiones esto en función de su capacidad. Este factor se puede convertir en un grave problema para algunos cantones del municipio de Villa El Refugio, debido a que los costos y la disponibilidad de estos pueden cambiar considerablemente de un lugar a otro.

Vías de acceso aceptables.

El buen estado de las vías de comunicación así como la existencia de buenos accesos pueden hacer la diferencia entre una ubicación y otra. Para las labores habituales se necesita fluidez en el suministro a tiempo de los insumos a fin de poder mantener la correcta operación de la planta.

Actitud de la Comunidad

Difícil de medir cuantitativamente. Es por ello que el presente estudio de factibilidad evaluó la aceptación de la comunidad ante la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en las distintas comunidades que se plantean como posibles alternativas para la construcción de la planta de tratamiento.

Densidad poblacional

Las plantas de tratamiento de aguas residuales por su naturaleza, tienden a presentar ciertas incomodidades a la población, es por ello que el presente factor favorece la ubicación con menor densidad poblacional. En sentido general, puede decirse que entre menos densidad poblacional presente una ubicación esto favorece la selección de esta ubicación para la instalación de una planta de tratamiento.

Seguridad.

El presente factor analizo el grado de seguridad presente en las localidades a evaluar, esto debido a que es de vital importancia considerar este factor a fin de asegurar el desarrollo de las operaciones de la planta de tratamiento, en caso de no hacer un correcto análisis de este factor una mala elección de la ubicación perjudicara tanto el arranque y operación de la planta.

Geografía del terreno.

La geografía juega un papel importante al momento de elegir la ubicación de la planta de tratamiento. Esto debido a que el diseño de la planta de tratamiento contempla un flujo continuo por gravedad con el fin de eliminar el bombeo de las aguas residuales. Que trae como resultado la reducción de costos de operación y manejo eficiente de las aguas residuales.

Existencia de cauces naturales de agua.

La existencia de cauces naturales de agua facilita el manejo e incorporación de las aguas tratadas (efluentes) a sus cauces inmediatos. Lo cual disminuye el uso de acueductos para para la disposición de las aguas tratadas.

1.5. Bases del estudio financiero

1.5.1. Método del valor presente neto (VPN)

Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Este método es muy utilizado por dos razones, la primera porque es de muy fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman a dólares de hoy y así puede verse, fácilmente, si los ingresos son mayores que los egresos. Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés o por el contrario si el VPN es mayor que cero se presenta una ganancia. Cuando el VPN es igual a cero se dice que el proyecto es indiferente. La condición indispensable para comparar alternativas es que siempre se tome en la comparación igual número de años, pero si el tiempo de cada uno es diferente, se debe tomar como base el mínimo común múltiplo de los años de cada alternativa.

En consecuencia para el mismo proyecto puede presentarse que a una cierta tasa de interés, el VPN puede variar significativamente, hasta el punto de llegar a rechazarlo o aceptarlo según sea el caso.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{(FNE_n) + (VS)}{(1+i)^n}$$

Dónde:

Si $VPN > 0$ El proyecto se acepta.

Si $VPN < 0$ El proyecto se rechaza.

1.5.2. Método de la tasa interna de retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno es la tasa de descuento por la cual el VPN es igual a cero. Es decir es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Este método consiste en encontrar una tasa de interés en la cual se cumplen las condiciones buscadas en el momento de iniciar o aceptar un proyecto de inversión. La Tasa Interna de Retorno es aquella tasa que está ganando un interés sobre el saldo no recuperado de la inversión en cualquier momento de la duración del proyecto. En la medida de las condiciones y alcance del proyecto estos deben evaluarse de acuerdo a sus características.

La decisión de invertir se adopta comparando la TIR con una tasa mínima, lo que da la tasa mínima a la tasa mínima a que debe calcularse el crecimiento.

La tasa límite es igual a la tasa de interés efectiva de los préstamos a largo plazo, o bien, la tasa de interés que paga el prestatario por el préstamo.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{(FNE_n) + (VS)}{(1+i)^n}$$

Dónde:

Si $TIR \geq$ Interés mínimo, El proyecto se acepta.

Si $TIR <$ Interés mínimo, El proyecto se rechaza.

1.5.3. Método de la relación beneficio costo.

Se determinan por separado los valores actuales de los ingresos, así como los valores actuales de los egresos, luego se divide la suma de los valores actuales de los costos e ingresos. Se pueden dar las siguientes situaciones:

$B/C > 1$: índice que por cada dólar de costos se obtiene más de un dólar de beneficio.

$B/C < 1$: índice que por cada dólar de costos se obtiene menos de un dólar de beneficio.

Las entidades crediticias internacionales acostumbran a evaluar proyectos y es casi una exigencia que un proyecto con financiación del exterior sea evaluado con el método del Beneficio/Costo.

Este método es utilizado en la mayoría de los casos para evaluar las inversiones gubernamentales o de interés social.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{V_i}{(1+i)^n}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+i)^n}}$$

Dónde: B/C = Relación Beneficio / Costo

V_i = Valor de la producción (beneficio bruto)

C_i = Egresos ($i = 0, 2, 3, 4, \dots, n$)

i = Tasa de descuento

1.5.4. Método del tiempo de recuperación de la inversión.

La metodología del Tiempo de recuperación de la Inversión es otro índice utilizado para medir la viabilidad de un proyecto. La medición y análisis de este le puede dar a las empresas el punto de partida para cambiar sus estrategias de inversión frente al VPN y a la TIR.

Este método basa sus fundamentos en la cantidad de tiempo que debe utilizarse, para recuperar la inversión, sin tener en cuenta los intereses. Es decir, que si un proyecto tiene un costo total y por su implementación se espera obtener un ingreso futuro, en cuanto tiempo se recuperará la inversión inicial.

Al realizar o invertir en cualquier proyecto, lo primero que se espera es obtener un beneficio o unas utilidades, en segundo lugar, se busca que esas utilidades lleguen a manos del inversionista lo más rápido que sea posible, este tiempo es por supuesto determinado por los inversionistas, ya que no es lo mismo para unos, recibirlos en un corto, mediano o largo plazo, es por ello que dependiendo del tiempo es aceptado o rechazado.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$TRI = \frac{\text{inversion total}}{\frac{\text{ingresos} - \text{egresos}}{n}}$$

CAPÍTULO II DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. Metodología de la investigación

Siendo este capítulo una parte fundamental de la investigación, puesto que la definición del tipo de investigación y la metodología usada, dio como resultado una adecuada definición de las variables de estudio y sirvió como guía para la recolección de la información que es pertinente para el estudio de factibilidad técnica y socioeconómica que se realizó con las personas en la comunidad de Villa El Refugio, así como también fueron los instrumentos utilizados para la recolección de datos.

2.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación usado fue de tipo proyectiva debido a que contempla tres fases de investigación como lo son exploratorias, descriptivas y explicativas del proyecto que dan como resultado una propuesta de cambio, que no necesariamente se tiene que llevar a la ejecución, según la base teórica que se nos da el libro de metodología y técnicas de investigación (Hernández Sampieri 2006), lo que hace a este tipo de investigación más acorde al estudio, es el hecho de que mediante la recolección de datos, se crea un diseño para el problema planteado con el que se trata que sea viable y atienda el problema en específico.

En cuanto a la fase de exploración del estudio, se debe a que en esta fase no se da un mayor enfoque del problema, esto nos deriva en la creación de un marco teórico, robusto y bien establecido con el cual pueda cimentar las bases de la problemática y del estudio en general, el método que se tomó para esta fase es la de observación y el registro de los datos⁴³.

En cuanto a la segunda fase que es la fase descriptiva del estudio, podemos mencionar que para la creación de una descripción del fenómeno mismo, se tomó como base la fase anterior la fase exploratoria, puesto que en ella se dan a conocer los por menores del estudio como se intenta sustentar de una manera metódica las bases del problema, se establece tanto al crecimiento de la población y la cultura misma el deterioro de nuestro medio ambiente, sin embargo la correlación que en ellos existen también es bueno conocerla todo este apartado se ve los planos y elaboración de la propuesta técnica al problema.

⁴³ En esta fase se tiene lo que son datos bibliográficos y estadísticos sobre el tema.

La tercera fase es la fase explicativa en la cual se busca la respuesta en las personas, anteponiéndoles la solución del estudio evaluando la propuestas, en este caso tenemos un estudio de sensibilidad y aceptación en la población que nos dará dichos resultados para llegar a conclusiones sobre el mismo, para ello también se necesitan los resultados de los estudios técnicos para evaluar la capacidad de la planta y con ello dar la respuesta a una injerencia hecha por el equipo investigador.

2.3. Diseño de la metodología de investigación

En cuanto a diseño de la investigación del estudio de factibilidad técnica y socioeconómica para construir una de planta de tratamiento de aguas residuales, se tiene que tendrá que valerse de dos de ellas las cuales son:

- ✓ Diseño documental⁴⁴
- ✓ Diseño de campo⁴⁵

Estos dos diseños de estudio permitieron que se recolectara la información pertinente, en las directrices que se trazaron los objetivos de la investigación, como también por la naturaleza del estudio, por la definición del tipo de estudio que se determinó al inicio del capítulo, estos dos diseños, nos permitieron tener tanto información primaria y secundaria a fin de explorar, describir y explicar el fenómeno del estudio, y con permitir elaborar una propuesta viable que atienda dicha necesidad según el diagnóstico que se tenga con estas fuentes, es decir que el tipo de diseño para esta investigación será mixto debido que por la complejidad del mismo, no se puede contener toda la información en un solo diseño establecido en la teoría⁴⁶.

El diseño documental permitió fundamentar los precedentes, que fueron necesarios en la investigación, fue una guía para llevar a cabo la fase exploratoria del estudio y definir como tal

⁴⁴ En lo referente a este diseño de investigación se basa en la búsqueda, crítica de la información de fuentes secundarias.

⁴⁵ En tal diseño de investigación como (Hernández Sampieri 2006) lo redacta en su literatura, es de tipo directo o de contacto con el sujeto de estudio, se usa para recabar información primaria que brinda una mejor apreciación con el entorno del estudio.

⁴⁶(Hernández Sampieri 2006) en su libro metodologías y técnicas de investigación, admite como tipos de diseño de investigación los cuales tiene propósitos diferentes según el autor, es por ello que la investigación en este caso define como una investigación mixta en cuanto a diseño de investigación se refiere.

el problema, también nos demandó la verificación de otros estudios de la misma naturaleza que se hubiesen realizado en la zona, y presentar una propuesta basado en ellos, la fase de descripción se utilizó para verificación, si los datos bibliográficos concuerdan con los datos observados en el campo de estudio, dando las herramientas necesarias para detallar hipótesis que tendrán valides mientras no se demostrare lo contrario con respecto a la realidad del proyecto, es decir permitió establecer los parámetro o indicadores. Que luego mediante la verificación de campo dieron como resultado datos que verificaron dichas hipótesis hechas en base a datos y estudios previos por instituciones⁴⁷.

El diseño de campo como su naturaleza lo indica, brindo oportunidad de interactuar con el sujeto de estudio, debido a que permitió la obtención de información primaria sin manipular las variables planteadas, su aportación fue vital para cada una de las fases de la investigación, el poder contrastar la teoría con respecto al estudio y en el caso hacer o marcar un precedente debido a que estudios de esta tipo y naturaleza no se han llevado a cabo en la municipalidad, lo que genera sin lugar a dudas una propuesta viable y convertirse en un proyecto factible y bien dirigido a hacia las necesidades del sujeto de estudio, que para el caso corresponde a los pobladores de la localidad, en la fase explicativa permitió dar a conocer las causa y los efectos por los cuales se realiza el estudio y poder incluirlos en la propuesta.

2.4. Definición del universo y la muestra a investigar

Villa El Refugio es un municipio del departamento de Ahuachapán que posee una población 9,928 habitantes, según proyecciones para el año 2014 basado el Censo de Población y Vivienda 2007⁴⁸.

Definiendo entonces nuestro universo son los 9,928 habitantes y nuestra muestra es calculada mediante la fórmula de Hernandez Sampieri en su edicion 2006 :

$$n = \frac{(N)(\sigma^2)(Z^2)}{((N - 1)e^2 + (\sigma^2 Z^2))}$$

⁴⁷ En cuanto a instituciones entiéndase a las gubernamentales, como a las de origen investigativos privadas o extranjeras, entre las cuales podemos mencionar ANDA, PNUD, ONU, MARN, entre otros contenidos en el documento.

⁴⁸ Para ampliar dicha información con respecto a tasas de crecimiento poblacional, se encuentra en el portal de la DIGESTYC como *ESTIMACIONES Y PROYECCIONES MUNICIPALES DE POBLACION 2005-2020*.

Donde

n = el tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población, para nuestro caso de estudio usamos un valor constante de 0,5.

Z = Con el objetivo de obtener 95% de confianza usamos un valor de 1,96.

e = Límite aceptable de error muestral que para nuestro caso de estudio se usó 0.01 (López - Alvarenga, 2007)

2.5. Tipo de muestreo

El tipo de muestreo usado se puede definir como muestreo de tipo probabilístico, además según la división que el **muestreo probabilístico** tiene se hizo una subdivisión más la cual dio como resultado un **muestro al azar simple** puesto que todos tienen la misma probabilidad de ser elegidos y dicha probabilidad es distinta de cero y uno.

2.6. Operacionalización de las variables

Este proceso tuvo gran importancia dentro del estudio, en él se definieron el método de medición exacta de las variables, se agregaron los parámetros e indicadores que estas contienen para su análisis, con el fin de evitar la ambigüedad y errores al momento de definir dichas variables, para hacer la operacionalización de las variables se procedió a definir las hipótesis y posteriormente se detallan cada una de las variables además se auxilió de la matriz de operacionalización de variables detallada en el inciso 2.7 en la cual se resumen la operacionalización de estas.

2.6.1. Hipótesis de la investigación

Al tener un estudio cuantitativo como el que se planteó en la fases técnica y socioeconómica del estudio se tuvieron las siguiente hipótesis sobre el problema que actualmente tiene la comuna con la recolección de aguas residuales y pluviales, y por ende el

de contaminación al medio ambiente, sin embargo para que tanto el establecimiento de variables de estudio tuviera una dirección y así poder incluir sus indicadores y que puedan verdaderamente devolver datos fiables que contribuyan a la investigación y a la metodología de la misma se desarrolló en base a las siguientes hipótesis:

- ✓ La aceptación de la población al proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Villa de El Refugio, será por encima del 80%
- ✓ La comuna cuenta con la factibilidad económica para la construcción, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales sin recargar a sus derechohabientes.
- ✓ El diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales es el mejor entre los modelos existentes, con el cual se podrá atender el caudal que se tiene con el modelos de alcantarillados existente, y que la protección del mismo hacia el medio ambiente cumple con los requerimientos⁴⁹ establecidos por el ministerio de medio ambiente.

2.6.2. Variables del estudio.

Se enmarcaron en la teoría de la investigación⁵⁰, estas cumplieron con los requisitos tales como lo son dar datos fiables que correspondan a la investigación, que estos sean para corroborar una hipótesis planteada, añadimos una serie de pasos para describir las variables del estudio, se tuvieron solamente 3 variables, que concuerdan tanto con los objetivos del estudio como con sus hipótesis. .

Variable 1: Aceptación de la personas con respecto a la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

⁴⁹ Estos son las normas que se tienen descritas en el marco legal e institucional que corresponde también a la nueva normativa que está en vías de aprobación en la cual se detallan cada una de ellas con el fin de garantizar el buen uso de los recursos hídricos con los que cuenta El Salvador.

⁵⁰ Se habla de la literatura de Hernández Sampieri(2006) en su libro metodologías y técnicas de investigación

Concepto de la variable: se define como el nivel de aceptación de las personas, el grado de conocer de las mismas, sus beneficios y sus contras al igual que se sabe el impacto en que esta tiene en la vida y el desarrollo del municipio.

Definición operacional: en cuanto a su desarrollo como tal, se tiene hacer una consulta a los pobladores, que cumplan con los requisitos impuestos en el estudio y que a juicio del investigador puedan proporcionar información objetiva.

Indicador de la variable: como algo muy importante están los indicadores que son los datos con los cuales se tendrán estadísticas y se verificarán los parámetros necesarios para una aceptación o rechazo de la misma, como los siguientes

- ✓ % de personas conocedoras sobre el proyecto (conocimiento de plantas de tratamiento residuales)
- ✓ % del consumo de agua servidas (mediante consumo de recibo)
- ✓ % porcentaje de aceptación del proyecto como tal (instalación de la planta de tratamiento de agua residuales)

Instrumentos de medición: su alcance contempla la consulta de los pobladores y una observación directa por parte del investigador de aspectos importantes tales como salubridad, vías de acceso, desagües de aguas lluvias, entre otros; sin embargo tras la observación directa se tuvieron instrumentos o sub variables tales como:

- ✓ Encuesta casa por casa mediante un formulario preestablecido.
- ✓ Entrevistas con las autoridades involucradas
- ✓ Revisión de zonas

Variable 2: Caudal de agua desechada por el municipio y que es vertida en el afluente del río Paz

Concepto de la variable: el tipo de planta y claro su capacidad, están ligadas al caudal que estas reciban, las condiciones en como este el abastecimiento del agua y por ende la sistematicidad con la que se tiene que elaborar su diseño.

Definición operacional: la búsqueda de la cantidad de viviendas atendidas y verificar el promedio de aguas servidas y aguas desechadas; el estado de los sistemas de recolección de agua lluvias y aguas residuales, tanto trabajo de campo a través de consultas, entrevistas a la población, documentación y estadísticas a la autónoma que brinda el servicio de agua potable.

Indicador de la variable: para esta variable se tuvieron los siguientes:

- ✓ Número de viviendas con agua servidas
- ✓ Tipo de drenajes y alcantarillado
- ✓ % persona beneficiadas con proyecto de alcantarillado

Instrumentos de medición: contempla la determinación de la cantidad de agua a ser tratada por la planta de tratamiento, el tipo de agua que se tratara y por ende donde será vertido dicho caudal para ello se necesita lo siguiente:

- ✓ Encuesta casa por casa mediante de la cantidad de aguas servida y desechada.
- ✓ Entrevistas con las autoridades involucradas
- ✓ Revisión bibliográfica de documentos y estadísticas en empresa responsables de servicio hídrico.

Variable 3: Que el proyecto sea económicamente sustentable

Concepto de la variable: en efecto la variable trata de responder a la pregunta o la hipótesis, que si la comuna tendrá lo suficiente para echarla andar y mantenerla en funcionamiento, también si su liquidez es aceptable para llevar a cabo el proyecto.

Definición operacional: se verificara los estados de ingresos y egreso de la alcaldía con el fin de transparentar y verificar si es solo dinero de la comuna, sino también como ayudas sociales.

Indicador de la variable: para esta variable se tuvieron los siguientes:

- ✓ TIR⁵¹
- ✓ VAN⁵²

⁵¹ Se define como la tasa interna de retorno

⁵² Se define como el valor presente neto

- ✓ % de relación costo beneficio

Instrumentos de medición: como no podemos enmarcar todo lo financiero a evaluar daremos pauta de las más importantes:

- ✓ Revisión de Balances financieros
- ✓ Revisión de Estados de cuenta
- ✓ Variación de tasas de impuesto municipales

Con el hecho de dejar en claro el contenido del aparatado 2.6 de operacionalización de variables, se tiene a bien el hecho de presentar una tabla resumen que servirá, para esquematizar cada variable y señalar a que objetivo específico del estudio corresponde y detallar el indicador que servirá para evaluar dicha variable como su escala y la fuente de donde se tomara dicha información para ello se tiene la siguiente tabla.

Tabla 8. Matriz de Operacionalización de variables

OBJETIVOS	VARIABLES	OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES			
		INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA	FUENTE
<i>Investigar por medio de un Estudio de Factibilidad de Mercado el nivel de aceptación de los habitantes del municipio de Villa El Refugio al proyecto.</i>	<i>Aceptación de la personas con respecto a la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales (X₁)</i>	<i>Nivel de aceptación de la planta de tratamiento</i>	<i>Encuesta a la población y entrevistas</i>	<i>De 0% a 100%</i>	<i>Las personas de la comunidad del municipio</i>
<i>Establecer la capacidad a instalar y diseño de la planta mediante un estudio técnico.</i>	<i>Caudal de agua desechada por el municipio y que es vertida en el afluente del río paz (X₂)</i>	<i>Medición de caudal desechada</i>	<i>Revisión bibliográfica y estudios previos</i>	<i>M³</i>	<i>Viviendas del municipio</i>
<i>Desarrollar un estudio económico-financiero que permita estimar costos y sustentar su factibilidad.</i>	<i>Que el proyecto sea económicamente sustentable (X₃)</i>	<i>Aceptación de TIR, VAN y relación beneficio-costos</i>	<i>Métodos para la evaluación pre establecidos de TIR, VAN, relación beneficio-costos</i>	<i>Valores de aceptación de proyectos</i>	<i>Estados financieros de la comuna</i>

2.7. Técnicas de recolección y análisis de los datos

En cuanto a técnicas de recolección⁵³ de datos hay una diversidad de ellas, las más adecuadas para el estudio como tal, se presentan las siguientes:

- ✓ Encuesta
- ✓ Entrevistas
- ✓ Revisión bibliográfica (en ella incluimos datos estadísticos, informes de proyectos similares, normativas, entre otros)
- ✓ Observación directa de la situación (evaluación por los investigadores)
- ✓ Informes de la alcaldía(estados de cuenta, pliegos tarifarios, entre otros)

El análisis de los datos es crucial si el investigador no aprende a interpretar bien los datos, o a diferenciar la fuentes de información entre buenas y malas, no se llegar a una conclusión valedera en la mayoría de los casos no se comprobara las hipótesis que se tienen en el estudio, en cuanto a esto podemos detallar el análisis en dos fases muy importantes:

- ✓ Fase bibliográfica
- ✓ Fase de campo (se define como la fase de interacción con el sujeto de estudio)

Fase bibliográfica: se contempló en ella, un diagnostico general basado en datos estadísticos de ANDA, estudios previos por organizaciones no gubernamentales sobre el estado hídrico de El Salvador y del municipio como lo son MIRANDA, ONU en su estudio del PNUD, los boletines informativos del MARN, entre otros con el fin de llevar una explicación general sobre el tema y tener una apreciación que se da por parte de todas las entidades encargadas de velar por el medio ambiente principalmente en el cuidado del recurso hídrico, lo que representa esto para el estudio es una evaluación bibliográfica.

Parte también de esta fase es el estudio de las diferentes tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales que existen en la actualidad, que se tiene plasmado en el marco teórico, pero que también en los capítulos previos se demarcan en sus respectivos capítulos aspecto que hacen

⁵³ En cuanto esto se hace una extensión del tema a la literatura que es la base para elaboración de este capítulo como lo es técnicas y metodologías de investigación de Hernández Sampieri (2006), el cual cuenta con un capítulo que enmarca esto y se puede ampliar el tema.

eficiente el modelo electo, para satisfacer la necesidad que tiene el municipio, y por supuesto es estudio de factibilidad económica, en base a información proporcionada por la alcaldía.

La fase de campo: en ella se contempló, el hecho de poder interactuar con el sujeto de estudio y la realidad en la que se desenvuelve, en cuanto a esto se tiene un estudio de mercado (aceptación y sensibilidad de la población), también lo que es una evaluación del estado hídrico en la zona, en cuanto abastecimiento y vertido del mismo, la evaluación del terreno en cuanto a ubicación y la distribución física de la misma para una eficacia en los procesos que en ella se llevan a cabo, esta fase por el hecho mismo del contacto directo fue más dinámica, su análisis ayudo a hacer un contraste con lo que las estadísticas dicen sobre la realidad misma y brindo la información necesaria para formular conclusiones y recomendaciones para los mismo, y las repuestas que se están buscando en cuanto a facilidad técnica y socioeconómica de la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Villa de El Refugio.

**CAPÍTULO III ESTUDIO
DE MERCADO
ACEPTACIÓN Y
SENSIBILIDAD DE LA
POBLACIÓN**

3.1. Generalidades y objetivos del estudio

El estudio de sensibilidad en la población, contribuyo a sustentar el proyecto de instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Villa de El refugio; en lo que respecta el conocimiento de la satisfacción de los habitantes del municipio con la construcción de la obra, además ayudo a conocer aspectos importantes como: la cantidad de habitantes que cuentan con servicios de agua potable, el rango de precio que pagan que por el servicio y la capacidad y disposición que se tiene para la puesta en marcha del proyecto y el aseguramiento de su mantenimiento.

Para desarrollar uno de los objetivos de la investigación que reza de la manera siguiente “investigar por medio de un estudio de factibilidad de mercado en nivel de aceptación de los habitantes del municipio de villa el refugio al proyecto de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales”, para ello se tienen objetivos del estudio del mercado en los cuales se define los propósitos del mismo.

Los objetivos del estudio de mercado (aceptación y sensibilidad) son los siguientes:

- ✓ Determinar mediante el estudio de campo, el nivel de conocimiento que las personas de “Villa de El Refugio”, tiene acerca de plantas de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Establecer el nivel de aceptación que el proyecto tiene en las personas del municipio “Villa de El Refugio”.
- ✓ Conocer de primera mano la situación hídrica del municipio en cuanto a abastecimiento y la forma en la que se desecha la misma.

3.2. Definición del servicio

El producto se establece como un servicio de captación de aguas residuales (planta de tratamiento de aguas residuales), provenientes de sistemas de recolección de aguas negras y pluviales, y que estas no dañen al ambiente como lo han hecho en el pasado, adicionalmente a su infraestructura, el servicio que presta es el de la descontaminación del agua, que luego es vertida nuevamente al rio El Refugio, sin embargo también se tienen la responsabilidad de encausar ese caudal de agua hacia un zona donde no represente peligro al medio ambiente, ni a las personas.

3.3. Análisis de la demanda del servicio

El mercado que se tiene para que el servicio descrito como una planta de tratamiento de aguas residuales, ha sido la población del municipio “Villa de El Refugio”, por lo que no se puede hacer una segmentación del mercado meta tanto por sexo o por edad sino más bien por quienes serán beneficiados con proyectos de alcantarillado de aguas negras y la recolección de aguas pluviales, en tal sentido se beneficiaron aquellas personas que viven en la zonas donde se realizan estos proyectos, el encause normal de las aguas que circulan por calles en el municipio y que ahora tienen un vertedero definido que resultara en malestar o problema para los mismo, en este sentido se convierten en demandantes del servicio.

La demanda esperada para el servicio, es el número de habitantes que están sobre el casco urbano y las zonas bajas del municipio, se planteó establecer o segmentar un mercado meta a siendo estos los beneficiados directamente con la obra o afectados si así fuese el caso, ya que el municipio tiene actualmente una población total de 9,928 habitantes según datos estadísticos (DIGESTyC 2014), de los cuales se tiene en el casco urbano y colonias aledañas a la zona de construcción de la planta un aproximado de 7,000 habitantes, con ello se puede calcular el agua que ellos desechan y tener el caudal definido para el cual la obra tendrá que tener la capacidad, al proyectar la demanda a un futuro, contando actualmente con una tasa del 27.8 % de crecimiento poblacional⁵⁴, el municipio de “Villa El Refugio”, debido a factores culturales y étnicos, se tendrá un problema aún mayor si no se tiene un plan de saneamiento como el propuesto, y sabiendo que las poblaciones continúan en crecimiento constante, un aumento de la demanda de servicios sanitarios y por ende un aumento de la cantidad de agua desechada y con ello una mayor contaminación.

3.4. Recopilación de la información secundaria

En cuanto a las fuentes secundarias para este estudio se lo constituyen datos oficiales como lo son los boletines estadísticos de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), estudios hechos por la PNUD de las naciones unidas sobre el estado hídrico del país, revista Miranda en sus boletines informativos acerca del impacto ambiental en

⁵⁴ Dichas estimaciones están basados en la tasa media de 2013-2014 y son dadas mediante una proyección de la población en el plan de estadísticas de la DIGESTYC, puede verse con mayor detalle en el documento de ESTIMACIONES Y PROYECCIONES MUNICIPALES DE POBLACION 2005-2020.

américa latina, boletines estadísticos de censos y proyecciones que dan factores de crecimiento (DIGESTyC, 2014); sin embargo el problema en la recolección de datos de este tipo de fuente, en que las autónomas u otro tipo de entidad no cuenta con estudios de impacto ambiental y de proyectos de desarrollo de esta localidad, convierte a esta, en una investigación exploratoria.

La comuna del municipio de “Villa de El Refugio”, también ha proporcionado la información de distribución poblacional en el municipio, con lo que se puede hacer la distribución del trabajo de campo con el fin de ayudar en la recolección de información primaria, a su vez saber la peligrosidad de las zonas visitadas y las cuotas que actualmente la alcaldía cobra y la forma en la que se realiza la misma, como también los servicios que actualmente brinda la comuna a sus derechohabientes.

Las fuentes secundarias que se tomaron para este estudio están definidas al inicio de este apartado, también se toma como tal la legislación actual para la protección del medio ambiente, y el énfasis en que la comunas también hagan valer ese tipo de normativas que se contempla el estudio de las mismas, y el trasfondo cultural del municipio, patrimonio con el que cuenta actualmente que nos da las pautas para realizar un estudio más objetivo, y deslegitimar prejuicios que los investigadores acerca del tema y la población meta que se consultó.

Con respecto a las proyecciones de la demanda futura del servicio este tipo de consultas bibliográficas nos dan una buena apreciación, ya que se tienen estudios de natalidad que actualmente nos brindan los censos y estadísticas del país, y se comparan con los que actualmente maneja la comuna para poder tener una proyección de la demanda actual del servicio, de una manera sencilla pero eficaz, con respecto a la aceptación de las personas de la comunidad también se tiene el énfasis en aquellas personas que son beneficiadas directamente y aquellas que aparentemente no lo son; y con ello hacer una comparación de resultados con el fin de tener una apreciación de lo que los habitantes saben y opinan al respecto del proyecto en cuestión.

3.5. Recopilación de la información primaria

En cuanto a la fuente de información primaria, tenemos dos formas más que claras de obtener la información necesaria para el análisis, una es la observación directa del usuario, y la otra el acercamiento y conservación directa con el usuario, en la cuales se tiene un acercamiento con el sujeto de estudio para verificar lo que son hábitos, reglas, entre otros y su opinión referente al tema, es por ello que la secuencia esperada para este recopilar dicha información la definiremos mediante la estructura siguiente:

- ✓ Sujeto de estudio (usuario)
- ✓ Variables de estudio a evaluar
- ✓ Estudio previo (como un mini estudio de mercado para definir la muestra)
- ✓ Definición de la muestra y validación de instrumentos de recolección de datos.
- ✓ Instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Sujetos de estudio

Para este estudio, los sujetos evaluados fueron los habitantes del casco urbano y zonas bajas del municipio, que sufren por el encause de aguas lluvias y desechadas por los pobladores del mismo, como también aclarar que se realiza la consulta, solo con población comprendida, entre las edades comprendidas de 15 a 60 años, de ambos géneros, y que cuente con lapso de tiempo mayor a un año de residencia en la zona, esto para saber de los problemas que tanto la época de invierno y verano le han causado con respecto al abastecimiento del agua potable y al desechar la misma.

3.5.2. Variables de estudio a evaluar

Las variables utilizadas para verificar la factibilidad socioeconómica de la comuna, y de la población, están basadas en el objetivo específico de la investigación, que expresa lo siguiente:

“Investigar por medio de un Estudio de Factibilidad de Mercado el nivel de aceptación de los habitantes del municipio de Villa El Refugio al proyecto.”

La variable que contiene a este objetivo es la siguiente: *“Aceptación de la personas con respecto a la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales”*, con lo cual se proyectó el estudio de mercado (aceptación y sensibilidad en la población), y en el cual su indicador es la aceptación o rechazo del mismo y la determinación del impacto que cualquiera

de estas decisiones tendría tanto en la comuna, como en las personas, debido a esto los objetivos del estudio de mercado van encaminados a cumplir con los objetivos de la investigación y que la variable pueda ser de ayuda al objetivo general de la investigación.

3.5.3. Estudio previo

El estudio previo nos permitió analizar la muestra que se ha de tomar y el nivel de error que se puede tener, así mismo el poder hacer una prueba piloto mediante el empleo del cuestionario, y así medir su efectividad para la recolección de datos y verificar su fácil comprensión, en cuanto a que las preguntas en su mayoría estas son del tipo cerrado con opciones de respuesta de afirmativa o negativa, con las cuales se definen los valores de P y Q que son tomados para la determinación de la muestra del estudio, para su validación son representados de la siguiente manera: $p=P$ y $q=Q$, puesto que se ha igualado los p y q, son debido a que se tomó solamente una pregunta de un cuestionario que contiene 5 preguntas, incluidas en ellas las relacionadas a datos personales, como los son edad, sexo y tiempo de residir en el lugar, con el fin de determinar el nivel de aceptación del instrumento y tener una mayor conceptualización del problema al poder hacer uso de la herramienta de la observación.

La pregunta con la cual se obtendrán los valores de P y Q es la siguiente:

¿Tiene usted servicio de agua potable?

Teniéndose una muestra de 20 personas la cual fue establecida por el encuestador, como un parámetro de referencia para el estudio, con la cual se obtienen para cada una de las variables los siguientes datos, un valor $p = 17$ que representa el 85%, y un valor $q = 3$ que representa un 15%, para el establecimiento del error permitido que se tomó en cuenta para la obtención de la muestra del estudio, se utiliza los parámetros de P y Q, teniéndose de ante mano el hallazgo de estudios socioculturales de similares características que hacían referencia al valor que tenía que ser asignado, con estos estudios y siguiendo las recomendaciones de expertos en el ámbito de la investigación social⁵⁵, el análisis del error del estudio, se determinó mediante tablas se presenta

⁵⁵ Mencionamos en este apartado tanto a literaturas de profesores e investigadores, mercadólogos como los de Bawer corporation (Investiga Consultores), Marketing Plus, entre otras casas investigadoras de mercado que sugerían el uso de tablas que se han determinado mediante la compilación de estudios hechos con características similares y que ahora son la base para el establecimiento rápido del error muestral, en cuanto a estudios estadísticos y a conjeturas hechas por investigadores de campo se tiene dicha tabla.

en los anexos de este documento y validando su estimación del error debido a múltiples estudios⁵⁶ e injerencias de investigadores de campo, el error que se establece para este caso es del 1%, en cuanto a que se tiene una muestra finita de personas a encuestar, es preciso incluirlo de la manera apropiada, cuando se establezca el tamaño de la muestra mediante un proceso aleatorio simple, con lo que la representatividad de la misma y su validez no se elimina.

También se establece que la desviación estándar según los estudios de casos sociológicos, como los elaborados por la DIGESTyC que este valor sea de $\sigma = 0.10$, el valor de la confianza también sugeridos por la mayoría de bibliografías⁵⁷ acerca de estimaciones de la población o técnicas de investigación e incluso casas investigadoras de mercado como lo es Investiga Consultores (Marketing Solutions), recomienda que dicho valor sea de 1.96, vale la aclaración de que la estratificación de la población se basa en el terreno o zona geográfica del municipio, tanto como la zona que serán mayormente beneficiarias, como las zonas más relevantes del municipio.

Es importante dar a conocer que la literatura en el capítulo II en el cual se tiene que la metodología de la investigación data sobre la muestra para poblaciones finitas, la cual no debe de sobrepasar las 100 unidades o personas en su defecto, entendiéndose que eligió una pregunta para determinar los valores de p y q, dicha pregunta que es de mayor representatividad para el estudio, y que el análisis de su respuesta da como resultado el conocimiento acerca de quienes cuenta con la disposición del recurso hídrico.

3.5.4. Muestra y validación de los instrumentos de recolección de datos

En cuanto a población o universo, actualmente este proyecto se desarrolla con los habitantes del casco urbano, y aledañas a donde se construye la planta de tratamiento de agua residual, en tal caso se estima a las personas que viven en las zonas bajas del municipio, teniéndose un número de total de habitantes de 9,928, teniéndose en cuenta los datos anteriores se estima que el número de persona que residen en estas zonas según el censo poblacional par

⁵⁶ Una de las fuentes de estimación del error muestral para poblaciones fijas la encontramos en la siguiente dirección www.prenhall.com/agresti y estudios como las estimaciones poblacionales dadas por al DIGESTyC.

⁵⁷ En este apartado tenemos una variada cantidad de autores entre los cuales se encuentra Sampieri (metodologías de investigación), vaca Urbina (evaluación de proyectos), entre otros que podemos mencionar.

el año 2014 es de 7000 habitantes, según la tasa poblacional esto seguirá en aumento, sin embargo para el estudio se toma este número base de persona en la zonas antes mencionadas.

En el caso de los factores que hubo que evaluar para dar una muestra representativa son los de nivel confianza y porcentaje de error, los valores de p y q, en su mayor parte ya están predefinidos en el estudio previo con el cual ya ha sido evaluado por ello se tiene que la fórmula para expresar una muestra cuando se conoce la población o llamada población finita que del autor (Sampieri) que se denota así:

Redefiniendo el universo, siendo este de 7,000 habitantes y nuestra muestra será calculada mediante la fórmula (Hernandez Sampieri 2006):

$$n = \frac{N \sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde

n = el tamaño de la muestra.

N = 7,000 habitantes.

$\sigma = 0.10$ siendo este el valor para la desviación estándar.

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96

e = 0.01 el límite aceptable de error muestral que fue definido mediante el estudio previo para dar una muestra que fuese representativa para el mismo (López-Alvarenga, 2007)

$$n = \frac{7,000 * 0.10^2 * 2.58^2}{((7,000 - 1) * 0.01^2) + (0.10^2 * 2.58^2)}$$

$$n = 62.03 \approx 62$$

En cuanto al número de encuestas que nos da la formula se tiene que esta cantidad, fue distribuida en toda la zona urbana del municipio y zona cercana al lugar de construcción, el instrumento de consulta para la población fue diseñado de una manera sencilla para el evaluador y de fácil comprensión para el encuestado teniéndose clara su forma de llenado y de una rápida aplicación (esto hace referencia al tiempo que se le pide al encuestado para su colaboración),

con lo cual se pretende recopilar la información pertinente para el desarrollo de la investigación teniéndose un bitácora de recepción de encuestas por zona asignada.

3.5.5. Instrumento de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos (ver este formulario en anexos), consta de 10 preguntas y una sección de filtro o investigación sociografía que constaba de tres preguntas extras con respecto a edad, sexo y tiempo de residencia en el municipio con sus respectivas indicaciones, el formulario además de ser corto, lleva concordancia y las preguntas responden tanto a la pregunta de estudio que se refiere al nivel de aceptación de las personas del municipio con respecto a la construcción y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales y a los objetivos del estudio de mercado que entre ellos podemos mencionar, el conocimiento de la población sobre proyectos de esta gama y sobre si la comuna lleva a cabo esta clase de proyectos, a la vez el nivel de compromiso que la gente tiene para colaborar para llevar a cabo los mismos.

3.6. Análisis de resultados

Los indicadores que se presentan en el instrumento de recolección de datos, como los son preguntas previas o por decirlo así filtros para nuestra investigación, que son plasmados en el estudio, con los cuales establecer el sector de opinión de la consulta, es por ello que se tiene los siguientes datos estadísticos recopilados.

En los cuales el porcentaje de hombres es de 31% y las mujeres de 69%, que rondan las edades de 15 a 60 años en el caso del sector femenino y del sector masculino de 15 a 55 años, siendo este una referencia del crecimiento poblacional que podría brindarse en el municipio sabiendo que la el tiempo de residencia de la población oscila en su mayoría de más 4 años de residencia en la localidad (en un 88%), lleva la investigación a tomar la consideraciones siguientes:

Para retomar el análisis directo de la situación de la sensibilidad o aceptación que la planta de tratamiento tendrá en el municipio, tendremos un análisis de cada uno de las preguntas del instrumento, para brindar un breve análisis de cada una de ellas, que permiten hacer conjeturas, para desarrollar una conclusión valedera y precisa del estudio, como se estableció el formulario consta de 10 preguntas pero se había dividido en tres partes cada una respondiéndose cada uno a las hipótesis que son sustentadas por los objetivos del estudio de

mercado (sensibilidad y aceptación), la primera etapa de ella está destinada a conocer lo que es la situación actual de las aguas servidas a los habitantes del municipio y establecer un precedente del caudal que se espera para la planta, luego se tiene la etapa del conocimiento, en el cual se hace indaga hacer del compromiso de la comuna y sobre el conocimiento del proyecto (planta de tratamiento de aguas residuales) y de proyectos similares, y por último la etapa de la aceptación en la cual de primera mano se conoce lo que es la opinión de los habitantes sobre el proyecto, para hacer este análisis se darán los resultados de cada pregunta de la manera siguiente:

1. ¿cuenta usted con el servicio de agua potable en su vivienda?

Como se puede apreciar en la grafico 1.1, se tiene que el 98% de las viviendas tanto en el casco urbano como en zonas aledañas al lugar de construcción de planta, gozan de este servicio distribuido por ANDA (Administración Nacional de acueductos y alcantarillados), con el cual se abastecen del recurso para sus oficios doméstico, aseo personal, consumo (agua para beber) y preparación de alimento.

Para el estudio es muy importante saber si se cuenta con un servicio de agua potable, pues estas son precisamente el tipo de agua que después de uso será desechadas y recolectadas por los sistemas de alcantarillado, en el caso del 2% de la población que no cuenta con un servicio directo de agua potable se tiene que estas personas se abastecen, ya sea por medio de sus vecinos o pagan un servicio a externos para que les brinden el recurso hídrico, por lo consiguiente en este tipo de proceso de abastecimiento se tiene un coste más elevo que en el brindado normalmente por la autónoma.

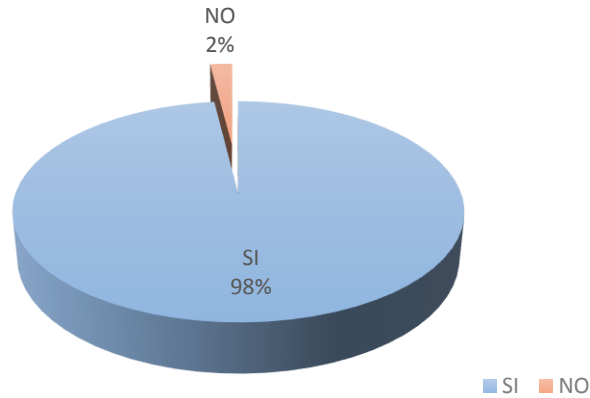


Ilustración 3. Habitantes que cuentan con el servicio de agua potable

2. ¿Cómo le parece el servicio de agua potable?

Al evaluar el servicio que aguas servidas que los habitantes tanto a los que tienen con la ANDA y los que recurren a otro tipo de formas de abastecerse, también se tiene que tan bueno o malo es el servicio que se les brinda, en este sentido el gráfico 1.2 muestra que el 74% de los encuestados considera bueno el servicio, no tiene cortes, ni se ve turbia el agua según lo manifestado por ellos, sin embargo un 20% considera que este servicio es regular puesto que más de alguna vez han tenido problemas para abastecer con el vital líquido y un 6% ha tenido serios problemas cortes del servicio, agua turbia, entre otra infinidad de problemas.

En cuanto a la valoración que le da la población al servicio, se puede decir que no se encontró un patrón o región por la cual el servicio se comporte de manera diferente, sin embargo si se puede atribuir estas fallas detectadas a la cantidad de años de las tuberías del sistema de abastecimiento y en algunos casos las políticas de calidad y el no seguimiento de las mismas que puede llevar a generar inconformidad en los habitantes.

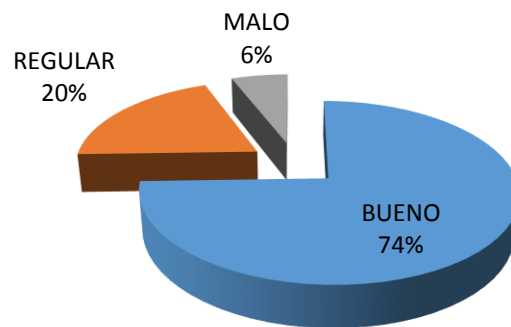


Ilustración 4. Evaluación del servicio de agua potable

3. ¿Cuántas personas habitan la vivienda?

En cuanto a esta pregunta, se evalúa el tamaño actual de las familias, sin embargo para realizar un mejor análisis, se ha de contar con los estudios de estadistas poblacionales dado por las DIGESTyC para el año en el que se presenta el estudio (2014), como puede observarse en la figura 1.3 el mayor grupo que data del 39%, es el grupo compuesto por 4 persona, y sobre la base que se tiene que el mayor porcentaje de la población ya ha vivido ahí desde su niñez, como también se puede estimar que este grupo aumentara en igual proporción como actualmente, con la tasa de crecimiento población de 1.29⁵⁸, con la cual podrá definir también el caudal que actualmente se tiene sabiendo que según la autónoma ANDA se tiene que cada persona consume un aproximado de 48 y 60 m³ al año, teniéndose entonces estimación del caudal si inducimos que esta proporción se cumple con el resto de la población la cual también será analizada en la pregunta 4 de este instrumento con el casi del servida las familias y su respectivo costo.

Así mismo en un segundo lugar se tienen las familias de 5 integrantes se coloca con un 23%, en un tercer lugar las familias con más de 5 integrantes que lograron un 14%, cuarto lugar las familias con 3 integrantes tienen el 16% y en el quinto y último lugar las con dos integrantes

⁵⁸ Datos brindados por la DIGESTyC, en su estudio de estimación poblacional municipal para el años 2014, que también puede tener mayor conocimiento sobre el tema en el apartado de elección de la muestra en el capítulo III del marco metodológico.

las cuales lo hacen con un 8%, la definición de la DIGESTyC se tiene que para el municipio el promedio de integrantes es de 5 personas al igual que al promediar los datos se concluye igualmente con ellos el promedio es de 5 personas por familia esto nos ayudara poder hacer afirmaciones concretas y valederas sobre la demanda que se puede generar en un futuro cercano.

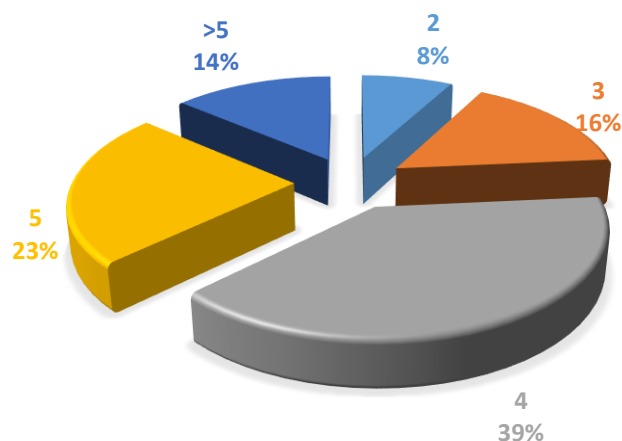


Ilustración 5. Demanda actual

4. ¿Cuál es su costo mensual por el servicio de agua (\$)?

Tanto la calidad del servicio, como también lo son la cantidad de persona que habitan las viviendas, son un factor predominante para establecer el caudal que podemos esperar para dicha planta, sin embargo como el gasto en la facturación de las familias que debitan por el servicio de agua potable, se tiene una apreciación más exacta de esta medida, juntamente con el conocimiento acerca de la tabla de precios que la autónoma tiene para sus derechohabientes, se define que tanto para la zona del casco urbana como colonias aledañas al sitio de la planta.

Se registra en la población encuestada y se muestran en la figura 1.4, que solamente un 14% de la población consume menos de los 20 m³ de agua al mes (según tarifa⁵⁹ del 0.21 dólar por m³), el 31% de la población gasta en agua potable \$6 y con un 21% gasta alrededor de \$9

⁵⁹ Tarifas ratificadas y verificadas por la autónoma (ANDA), para residencias, para el primer semestre del año 2014, según notificación en su sitio web: http://www.anda.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=91&Itemid=145

teniendo conocido que respectivamente para estos valores la cantidad de agua servida ronda los 22 m³ y 29 m³ al mes, y que según la tarifa de entre 0.254 a 0.319 de dólar por m³ servido de agua potable es muy acertado verificar el que 52% de la población oscila entre estos factores, sin embargo existen dos rubros más que también sobrepasan los 29 m³, que corresponden a las familias que su costo por el servicio es de \$12 y más de \$12 teniendo estos un consumo de hasta 35m³ (sus tarifas van de 0.319 a 0.451), con lo que se puede mencionar que las familias que consumen más de 20 m³ son en porcentaje de 86%.

Sobre la base que nos brindan los datos, se puede afirmar que de las 1400 familias⁶⁰ que del casco urbano y la zonas aledañas que han sido considerada, el mayor consumo lo realizan las del casco urbano siendo el número de 950 familias y de 450 familias distribuidas en 6 colonias alrededor del lugar de la planta, y que dicho consumo puede alcanzar desde los 20 m³ hasta los 35m³ considerados en épocas ordinarias y elevando dicho numero por lluvias y haciendo un caudal de cerca 135,100 m³ al mes y al año de 1,621,200 m³ teniéndose en cuenta que esto será el caudal mínimo que se podría percibir con un consumo de 20m³ para un 86% y de 15 m³ para el restante 14% de la población, en cuanto a que un porcentaje de 36% de la población consume de 30m³ en adelante esta cifra podrá llegar a un 163,100 m³ al mes y de 1,957,200 m³, siendo este solo el caudal efectuado por deshecho de agua de las viviendas, sin tomar el en cuenta que hay un porcentaje de agua que se pierde en el proceso de labores cotidianas.

⁶⁰ Dato estimado de la media de 5 integrantes por familia y de igual número de viviendas que fuesen tanto observadas como registrada por la alcaldía en sus registro de cobros tributarios.

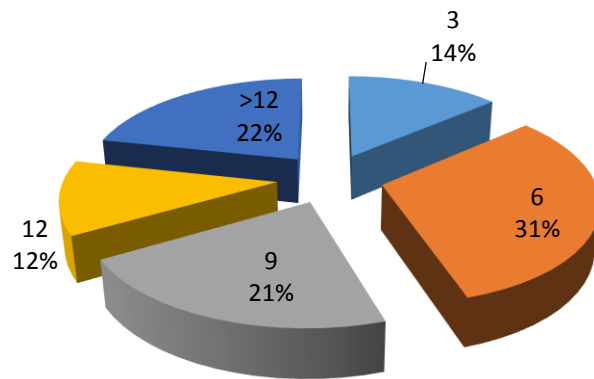


Ilustración 6. Pago por el servicio de agua potable

5. ¿Conoce usted los proyectos de protección del medio ambiente que impulsa la alcaldía (alcantarillado, planta de tratamiento, etc.)?

El conocimiento acerca de proyectos que ayuden a la protección del medio ambiente, es una referencia de que la población tiene noción de la protección del mismo, sin embargo los resultados de la consulta dan en un 96% el desconocimiento de estos programas o proyectos por parte de la alcaldía, da lugar al razonamiento de que con base a los resultados que la comuna no pretende implementar ningún plan de protección para el medio ambiente, exceptuando el 4% que define tener un conocimiento pero según lo expresado a los investigadores no es muy claro acerca de tales proyectos, es un llamado de atención para la comuna y también para cada uno de los habitantes el velar porque en el municipio se den esta clase de proyectos que lleven al beneficio del medio ambiente en lo que a recurso hídrico respecta.

La figura 1.5 muestra los datos tabulados y puede dar un mayor apoyo a lo que anteriormente se describe.

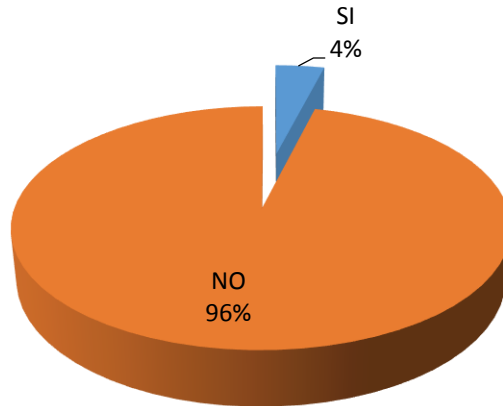


Ilustración 7. Conocimiento de la población acerca de proyectos de protección al medio ambiente por parte de la alcaldía

6. ¿Sabe usted acerca de los sistemas de alcantarillado de aguas negras y plantas de tratamiento de aguas residuales?

El caso de la pregunta anterior, también corresponde a este apartado puesto que se sabe que la comuna no ha dado a conocer ningún plan de protección, y es por ello que conlleva a investigar si las personas del municipio también conocen algo acerca del tema en cuestión y sobre todo si ellos contribuyen a que dichos proyectos se llevarsen a cabo.

La figura 1.6 nos da como resultados de la consulta que el 63% de la población no tiene conocimiento sobre lo que son planta de tratamiento de aguas residuales, ni de lo que comprende a alcantarillado sanitario, en tal sentido una propuesta no puede ser bien recibida si se desconoce de ella, el porcentaje de personas que conocen del tema en su mayoría son jóvenes y se tiene un 37%, con lo que podemos definir que tanto las personas que tiene un largo tiempo de habitar en el lugar no tienen un conocimiento general sobre los proyectos.

El problema también radica en la falta de información por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), en cuanto a los beneficios que conllevan la realización de esta clase de obras, tanto para las personas, como para el medio ambiente en el cual se encuentran inmersos, debido a que se puede tomar como un problema de desconocimiento también radica en que las autoridades que velan por el medio ambiente no

generan políticas de información serias y una falta de preocupación por el gobierno en curso con respecto a este tema que tanto causa estragos en la humanidad hoy en día.

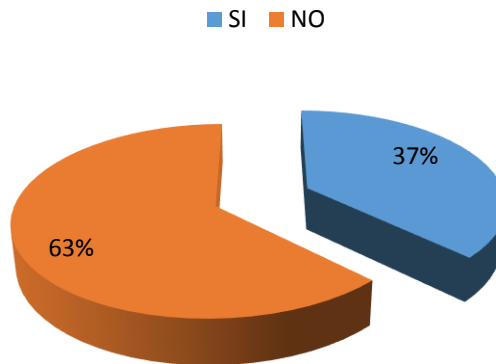


Ilustración 8. Conocimiento sobre lo que son planta de tratamiento de aguas residuales

7. ¿Considera usted necesario la protección del medio ambiente como ríos y quebradas el municipio?

En cuanto a esta pregunta, se define que no necesariamente el desconocer de los proyectos de protección del medio ambiente, en el caso del recurso hídrico, es un impedimento para apoyar uno que beneficie también a la población del municipio, en cuento a eso las estadísticas de los datos recopilados dan una aceptación total a la idea de proteger el medio ambiente en el cual se está inmerso.

En la figura 1.7 podemos ver que el 100% de la población considera necesario proteger el medio ambiente, y para el caso el recurso hídrico que este municipio posee, esto nos lleva a la conclusión que la conciencia de protección hacia el medio ambiente existe en la población, y claro esta debido a como se encuentra el del municipio las personas externaron a los investigadores su preocupación por los ríos y quebradas y afluentes de los cuales proviene el agua que consumen y la necesidad de mantenerlos en mejores condiciones tanto para ellos como para sus futuras generaciones.

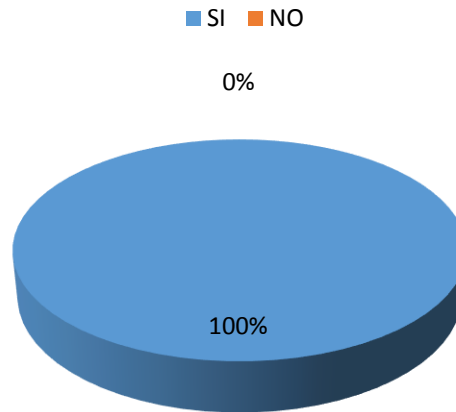


Ilustración 9. Interés por la protección del medio ambiente

8. ¿Estaría usted de acuerdo con la construcción de una planta de tratamiento de agua residual en el municipio?

En cuanto al objetivo específico de la investigación, de consultar acerca de la aceptación que tendría la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta los datos anteriores del conocimiento acerca de proyectos de esta índole, y la creciente necesidad de protección del medio ambiente que predomina en el municipio, que es más que evidente según lo manifestado por los mismos habitantes.

Según la figura 1.8 da un resultado de las consulta acerca de la opinión de las personas y tal como se muestra el 100% de las personas estarían en total acuerdo que se construya la obra, y claro con ella el sistema adecuado de recolección de dichas aguas, siendo este uno de los indicadores que se buscaba la aceptación del proyecto en la población, lo cual ha sido rotundamente aceptado por la población encuestada, en tal sentido la percepción de las personas hacia tales proyectos de mejora y desarrollo, son de completo agrado de los mismos, siendo esto una potente fuente de apoyo para implementar dichas obras, es decir el apoyo en cuanto sensibilización e interés por parte de los habitantes.

Entre tanto se nos da a conocer la respuesta a la pregunta y objetivo “está dispuesto a que se construya una planta de tratamiento residuales en una localidad del municipio” se responde de una manera esperada por decirlo que los habitantes toman de la mejor manera la

noticia y comparten el proyecto, no existiendo nadie que se oponga o tenga una decisión de llevar a cabo proyectos como este.

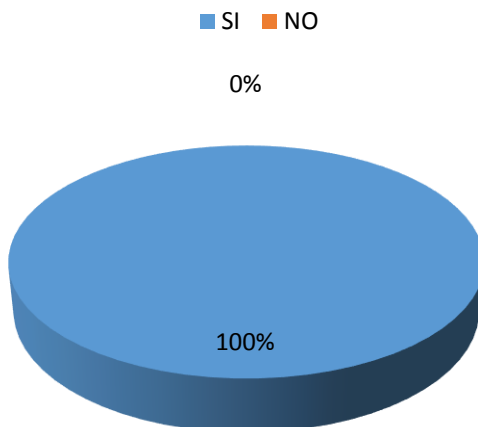


Ilustración 10. Aceptación de la planta de tratamiento aguas residuales

9. ¿Estaría de acuerdo, que se le agregara un costo por los servicios de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales?

Como se define en la pregunta anterior el 100 % de la población cree que es un buen proyecto y debe llevar a cabo en el municipio, en cuanto al nivel de disposición en contribuir a que la obra se lleve a cabo según lo mostrado por la figura 1.9, se tiene que el 33% tiene la apreciación que debería hacerse, pero no le gustaría contribuir a estos progresos en cuanto impuestos se refiere para elaborar obras de desarrollo, el 67% de la población que si está dispuesta a colaborar sabiendo que son proyectos que llevaran mejor calidad de vida para casa uno de ellos.

Aunque también cabe mencionar que hay personas que están en el porcentaje de personas que no quieren contribuir son jóvenes que no son los que llevan el ingreso económico de la familia, y es por ello que podemos también mencionar que el porcentaje de negatividad de colaborar tiene a la baja al momento de explicar a la población beneficios de cada uno de los proyectos y su respectivo cobro de mantenimiento y operación que estos incurren.

También se puede verificar las disponibilidad de algunas personas en su mayoría mayores de 45 años, las cuales esperan que estos proyectos de desarrollo se presenten en el municipio, esto es congruente con las preguntas 7 y 8 que dan como un indicador positivo para el estudio de aceptación el cual se tendrá de primera mano en la conclusiones generales del estudio.

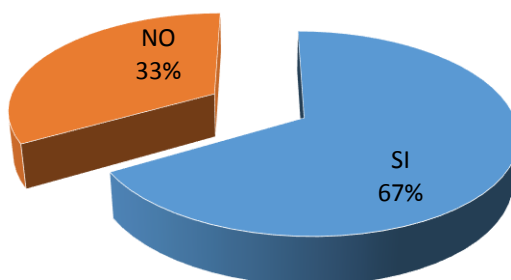


Ilustración 11. Aceptación de pago por el servicio alcantarillado y tratamiento de aguas residuales

10. Si la alcaldía cobrara por estos servicios, ¿cuánto sería lo adecuado que debería de cobrarse por mes (\$)?

En cuanto a la cantidad que la población estaría dispuesta a pagar, se podría decir que algo metafórico por así decirlo, debido a que no se puede estimar a totalidad la cantidad que se tendría que cobrar puesto que no se tiene en instantes el estudio financiero y económico que avalen un costo específico, sin embargo la gente brinda un valor estima que ellos piensan que como usuarios del mismo podría o estaría a su alcance pagar por él, vale decir que pocas personas no indicaron la cantidad, unas porque dicen que no debería de cobrarseles y otras que son conocedoras del tema tanto de los proyectos, como de las situación de la comuna, y hablan de que no darían un parámetro de precio sin antes saber el costo total de la obra, lo cual es un razonamiento lógico referidos siempre a esta última razón por la cual no dar un precio por el mismo.

En cuanto al precio que se no proporciono por parte de la personas encuestadas esta asciende desde \$ 0.50 hasta los \$ 5 dólares americanos, teniéndose un promedio el cual rondaría

los \$ 3 dólares americanos, esto es coherente con las personas que nos brindaron su aprobación al proyecto que fue el 100% y las personas que están dispuesta a colaborar con sus impuesto y que fuese en un pago como el de otros servicios públicos que se tiene un porcentaje del 67% de la población dando como una referencia el apoyo al mismo y con la techo de recaudación del \$ 3 dólares americanos por familia y se prevé unos \$ dólares americanos mensualmente.

3.7. Proyección de la demanda

En cuanto a la proyección de la demanda en el caso particular del estudio, se tiene que el aumento de la población debido a la tasa de natalidad en el municipio puede generar lo que es una demanda optimista del servicio, ya que estos datos estadísticos se tienen a lo largo de todo el estudio y los cuales son proporcionado por la DIGESTyC, y basados en lo datos actuales recopilados en la consulta, en la proyección de la demanda tenemos los siguientes afirmaciones una proyección optimista y una pesimista.

En cuanto a la proyección optimista se tendrá el hecho que la población tiende a aumentar en el tiempo a razón de la tasa de crecimiento poblacional dad por la DIGESTyC, en su boletín⁶¹ publicado el año 2010, con referencia al crecimiento poblacional municipal del país, en el cual ellos proyectan dicho crecimiento y datan la cantidad de habitantes que se tendrán en el asentamiento antes descrito para el estudio, se puede tener la siguiente razón de personas mostradas en la tabla siguiente:

Tabla 9. Proyecciones de la demanda optimista

periodo	2014	2015	2016	2017
Personas	7000	8470	10248,7	12400,927
tasa de crecimiento	1,21	1,21	1,21	1,21

En el caso de una proyección pesimista se tiene también el porcentaje de migración a otros municipios, como también las tasas de mortalidad también en el municipio eso será tomado del valor calculado de la proyección optimista es la consideración que se ve reflejada en la tabla siguiente:

⁶¹ Más detallado en el documento de ESTIMACIONES Y PROYECCIONES MUNICIPALES DE POBLACION 2005-2020.

Tabla 10. Proyecciones de la demanda pesimista

periodo	2014	2015	2016	2017
personas	7000	7830,2	8758,86172	9797,66272
tasa de crecimiento	1,21	1,21	1,21	1,21
tasa de mortalidad	0,056	0,056	0,056	0,056
tasa de inmigración	0,0354	0,0354	0,0354	0,0354

Con cada una de estas incorporaciones estadísticas, se tiene una apreciación más completa del problema puesto que si cada persona cada persona en el caso hipotético como se puede ver en la pregunta 3, en la cual el 86% de la población consume más de 20 m³, con lo cual se puede concluir que las personas consumen 48 m³ al año.

3.8. Proyección de la oferta a la demanda del servicio

La proyección del oferta como bien es sabido está condicionada a la demanda que se tenga, se contempla que el factor ambiental será tomado en cuenta con mayor auge en un futuro no muy lejano, al nivel de como se está empleando al día de hoy, en cada una de las nuevas obras de desarrollo, y que esto tendrá con una mayor aplicación debido a lo que el apartado anterior brinda el saber que el municipio de villa el refugio pueda tener una mayor afluencia o inmigración de personas tal y como otros municipios ya lo han tenido debido a su zona geográfica y a la tranquilidad de su ambiente en cuanto a violencia y ruido creado por las zonas de comercio en municipios aledaños.

En cuanto a esto el diseño de la planta de tratamiento en el diseño propuesto contiene la cantidad de afluencia de caudal que esta puede soportar y su flexibilidad a poder ampliarse en un futuro que este se necesite, en tal medida el caudal que actualmente se prevé recolectar en el municipio, es menor a la capacidad instalada que dicha planta tendrá con esto podemos asegurar que se cuenta con la oferta necesaria para la demanda del servicio en un rango promedio a los 5 años, sin embargo lo que puede hacer cambiar esta situación son los factores antes mencionado con respecto al crecimiento de la demanda en el municipio, instalación de nuevas colonias o fábricas en el lugar que hagan un aumento significativo del caudal.

**CAPÍTULO IV PROPUESTA DE
DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN
DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN EL MUNICIPIO
DE VILLA EL REFUGIO.**

4.1. Ubicación de la planta de tratamiento.

Herramientas para el análisis de Microlocalización

Con el propósito de seleccionar la ubicación precisa y el lugar exacto para instalar la planta de tratamiento de aguas residuales. Siendo este sitio el que permite cumplir con los objetivos de lograr la más alta rentabilidad o tratar las aguas al menor costo y con la mayor eficiencia.

Se evaluaron los factores que influyeron en la determinación de la localización. Para nuestro análisis particular se han considerado los factores antes detallados en virtud de lograr las estrategias y objetivos propuestos, para nuestro caso de análisis se usaron los siguientes factores para el análisis de microlocalización por el método de los factores ponderados.

- ✓ Vías de acceso aceptables.
- ✓ Disponibilidad del terreno
- ✓ Actitud de la Comunidad
- ✓ Densidad poblacional
- ✓ Seguridad.
- ✓ Geografía del terreno.
- ✓ Existencia de cauces naturales de agua

Se evaluaron las siguientes ubicaciones del municipio de Villa El Refugio a fin de seleccionar la ubicación más favorable.

- Cantón El Rosario(A)
- Barrio el Centro(B)
- Cantón Comapa..... (C)
- Cantón San Antonio.....(D)

Se calificaron los factores de acuerdo al siguiente criterio.

Tabla 11. Criterios de clasificación

CRITERIO	CALIFICACION
MUY MALO	1
MALO	2
BUENO	3
MUY BUENO	4
EXCELENTE	5

A continuación de muestra tabla factores ponderados para evaluación de alternativas de ubicación.

Tabla 12. Resumen de factores para la Microlocalización

Factor	Ponderación Relativa	Ubicaciones							
		Calificación del factor				Factor Ponderado			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Vías de acceso aceptables.	5	2	4	3	3	10	20	15	15
Disponibilidad del terreno	20	2	1	3	5	40	20	60	100
Actitud de la Comunidad	15	3	1	3	4	45	15	45	60
Densidad poblacional	10	3	1	2	4	30	10	20	40
Seguridad.	15	2	4	3	4	30	60	45	60
Geografía del terreno.	20	1	3	4	4	20	60	80	80
Existencia de cauces naturales de agua	15	2	1	3	4	30	15	45	60
Total	100%					205	200	310	415

Según el análisis de factores ponderados se seleccionara el Cantón San Antonio para la localización la planta. Esta se ubicará en calle a Rio El Refugio a la altura del lugar conocido como Paso Las Flores, contiguo a colonia Bendición de Dios ubicada en la parte baja del municipio de el Villa Refugio, departamento de Ahuachapán dicha ubicación puede apreciarse en **la ilustración 2 microlocalizacion planta de tratamiento (capítulo I)**.

4.2. Análisis recomendados para medir características y parámetros de las aguas residuales en el municipio de Villa El Refugio.

- ✓ PH.
- ✓ Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).
- ✓ Demanda química de oxígeno (DQO).
- ✓ Carbono orgánico total (COT).
- ✓ Sulfuro de hidrógeno (H₂S).
- ✓ Amoniaco (NH₃).
- ✓ Metano (CH₄).
- ✓ Los cloruros.
- ✓ El nitrógeno.
- ✓ El azufre.
- ✓ Níquel.
- ✓ Manganeso.
- ✓ Plomo.
- ✓ Cromo.
- ✓ Cadmio.
- ✓ Zinc.
- ✓ Cobre.
- ✓ Hierro
- ✓ Mercurio
- ✓ Microorganismos (bacterias, virus y protozoarios)

4.3. Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales (Definición, secuencia de procesos y operaciones).

Componentes del Tratamiento preliminar.

El tratamiento preliminar de aguas residuales consta de los elementos necesarios para cumplir con las funciones de esta etapa del proceso, la cual consiste en extraer sólidos flotantes y la arena, además de regular y medir el agua que ingresa al sistema de tratamiento.

A continuación se detallan los componentes para desarrollar este proceso.

Rejilla metálica de protección.

Este dispositivo servirá para depurar el sistema y retener sólidos de gran tamaño, además cumple la función de proteger los equipos y componentes en las siguientes etapas del proceso.

Desarenador.

Esta estructura tiene como objetivo principal retener la mayor parte de arena que traen las aguas residuales, a fin de evitar que ingresen al sistema o al proceso de tratamiento siguiente y lo obstaculicen creando serios problemas en las tuberías y equipos de la planta, el desarenador escogido para este proceso consiste en un diseño longitudinal de dos entradas.

Medidor de caudal (canaleta Parshall prefabricada).

Sirve como el medidor de caudales para lo cual se sigue el siguiente procedimiento:

1. Determinar el caudal máximo, mínimo y promedio en m^3/s para el diseño. Es esencial que los parámetros provengan de medidas del campo durante las épocas seca y lluviosa.
2. Seleccionar el ancho de garganta de la canaleta Parshall usando el siguiente tabla.

Tabla 13. Rangos de Caudales para Canaletas Parshall con Flujo Libre.

Ancho de Garganta, W en metros	Qmin.		Qmax.	
	m ³ /s	m ³ /día	m ³ /s	m ³ /día
0.076	0.0008	69	0.0538	4,648
0.152	0.0015	130	0.1104	9,539
0.229	0.0025	216	0.2519	21,764
0.305	0.0031	268	0.4556	39,364

Fuente: Marais y Van Haandel, 1996.

5. Calcular la carga máxima en el canal del desarenador con referencia a la base de la canaleta Parshall, Hmax, utilizando la siguiente Ecuación.

$$Hmax = \left[\frac{(1.1)(Qmax)}{(2.27)(W)} \right]^{0.667}$$

Donde:

Q = caudal, m³/s

W = ancho de garganta de medidor Parshall,

Hmax = la carga máxima en el canal del desarenador cuando Q = Qmax,

Derivador auxiliar.

Su principal función es aliviar el sistema en caso de sobrecarga en el sistema, desviara el flujo que exceda los niveles al filtro percolador en caso de ser necesario.

Componentes del Tratamiento Primario.

El tratamiento primario para el tratamiento de aguas residuales tiene como objetivo inmediato la eliminación de solidos suspendidos por medio del proceso de sedimentación el cual se lleva a cabo en el sedimentador primario de la planta de tratamiento.

Sedimentador primario

El tanque de sedimentación primaria contribuye de manera importante a la eliminación de sólidos en suspensión. Esta fase del proceso al tratamiento del agua residual tiene como objetivo principal es la eliminación de los sólidos sedimentables capaces de formar depósitos de fango en las aguas receptoras; aceite libre, grasas y otras materias flotantes, además elimina parte de la carga orgánica vertida a las aguas receptoras para los procesos siguientes. Se espera que el tanque de sedimentación primaria dimensionado y operado de manera eficiente pueda eliminar entre el 50 y 70 % de los sólidos suspendidos y entre el 25 y 40 % de la DBO.

Es decir permite que los sólidos indeseables sedimenten por acción de la gravedad. El sedimentador primario es una estructura cónica, con paredes inclinadas que aceleran el proceso de sedimentación. El agua conducida por el bypass llega al sedimentador de forma subterránea y por acción de la presión hidrostática, llega a la superficie del sedimentador; aquí se encuentran unas placas que tienen la función de amortiguar las turbulencias que se podrían producir para permitir la sedimentación de los sólidos.

Dentro del sedimentador hay unos tubos los cuales tienen dos funciones, una es la de respiradero, elimina los gases producidos por los sólidos sedimentados en el fondo; y la otra es medir el nivel que han alcanzado los sólidos y el lodo en el fondo para así proceder a la eliminación a través de unas válvulas que los conducen a un digestor de lodos.

A los costados hay una canaleta que sirve para coleccionar el agua residual que ha sido sedimentada y la conduce al siguiente tratamiento.

Derivador auxiliar de lodos.

Su principal función es aliviar el sistema en caso de sobrecarga de lodos en el sedimentador primario.

Componentes del Tratamiento secundario.

Para eliminar la materia orgánica contenida en el agua posterior al tratamiento primario se auxiliara del proceso filtración para posteriormente auxiliarse de la oxidación mediante la digestión aerobia.

Filtro Percolador Biológico

Esta estación de tratamiento tiene como objetivo desarrollar el proceso de filtración de las aguas residuales el cual se realiza por la acción del contacto de las aguas residuales con un crecimiento biológico fijo a un medio poroso, el cual para nuestro caso consistirá en escoria volcánica.

Después de sedimentada el agua pasa por un filtro llamado percolador biológico, el agua circula por una serie de pequeños canales conocidos como diente de sierra donde el agua escurre y cae en el filtro compuesto por una capa de 3 o 4 m de piedra cuarta. La función de este filtro es retener los sólidos que no sedimentaron en la sedimentación primaria. Este es un proceso aeróbico, es decir hay presencia de oxígeno, en las piedras superficiales se puede observar una masa microbiana llamada zooglea, que son microorganismos que contribuyen al tratamiento del agua, esta es la razón por la cual se le llama percolador biológico. Este filtro posee un fondo falso para permitir la salida del agua filtrada hacia el próximo tratamiento.

Sedimentador secundario

El sedimentador secundario se hace necesario por la cantidad de zooglea que puede desprenderse del medio filtrante (percolador biológico), y debido a que estos son microorganismos deben eliminarse antes de descargar las aguas al medio receptor. El funcionamiento de este segundo sedimentador es exactamente el mismo que el primero, es de mencionar que hasta aquí llega el agua conducida por el segundo camino del bypass (derivador auxiliar) al salir de la canaleta Parshall.

Digestor anaerobio de lodos

El proceso de sedimentación genera como desecho lodos, los cuales deben tratarse antes de su disposición, para lo cual se dispone de un digestor de lodos. Este dispositivo cuenta con una variedad de microorganismos que se alimentan de los nutrientes contenidos en los lodos, y a su vez estos microorganismos generan un producto de desecho el cual debe ser inocuo, es decir inofensivo. Aquí el proceso es anaerobio, los microorganismos no necesitan oxígeno para tratar los lodos. Este tipo de proceso al no necesitar oxígeno genera gases y por ende mal olor.

Patios de secado.

Los lodos contenidos en el digestor de lodos son conducidos a los patios para que se sequen, estos patios poseen un fondo falso para que el agua se filtre. Debajo del patio existe un recipiente que acumula el agua y dependiendo de la calidad que presente, se bombea de regreso al filtro para volver a pasar por el proceso.

Canaleta disipadora de energía

Posterior del sedimentador secundario el agua, es conducida por una canaleta de gran longitud que tiene la característica de poseer gradas, lo cual se conoce como disipador de energía que sirve para amortiguar la velocidad del agua, además es un proceso de re-oxigenación que es parte del tratamiento de las aguas residuales.

Desagüe en efluente.

El agua ya tratada es descargada en el medio receptor, en este caso la quebrada inmediata por medio de tubería de desagüe.

Diagrama de Flujo de Procesos de Tratamiento de aguas Residuales

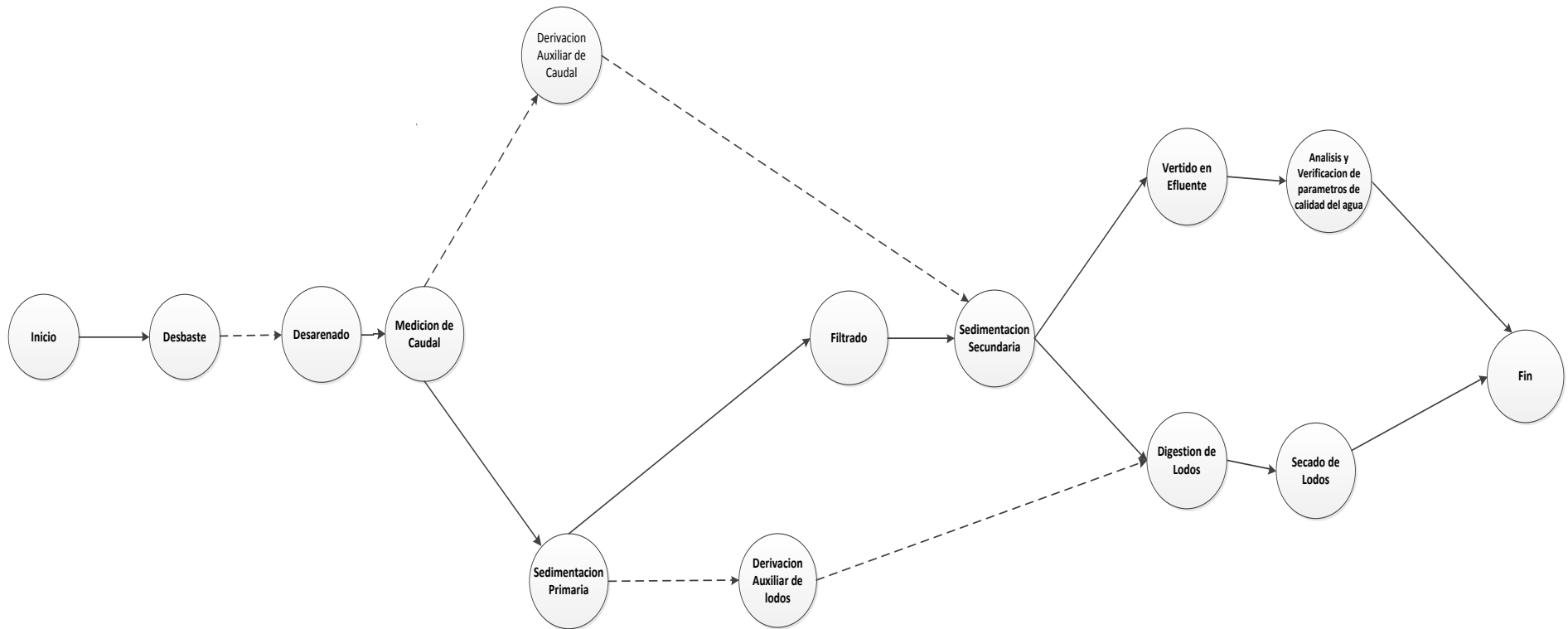


Ilustración 12. Esquema de flujo de los procesos

Operaciones para el tratamiento preliminar.

Desbaste.

Es la primera operación unitaria que se lleva a cabo en esta planta de tratamiento y consiste en la eliminación de sólidos gruesos y sedimentables por intercepción. De la rejilla metálica. Antes mencionada.

Desarenador.

Proceso necesario para la eliminación de partículas que son más pesadas que el agua. Este proceso es de vital importancia en el tratamiento puesto que retendrá aquellas partículas y objetos que superen el desbaste y que pueden ser dañinos al sistema de tratamiento.

Medición de caudal.

La medición de caudal es una operación necesaria puesto que determina la cantidad de agua residual que ingresa al sistema de tratamiento.

Derivación auxiliar.

Proceso auxiliar Su principal función es aliviar el sistema en caso de sobrecarga en el sistema de tratamiento, el procedimiento consiste en desviar el flujo que exceda los niveles en incorporarlo al filtro percolador.

Operaciones para el tratamiento primario

Sedimentación Primaria.

Se produce debido a la acción de la fuerza de la gravedad. Promueve el traslado de sólidos al fondo del sistema para su posterior extracción.

Derivación auxiliar de lodos.

Este proceso consiste en el control de los niveles de sedimentos en el fondo del sedimentador primario, este proceso desviara los lodos directamente al digestor cuando se excedan los niveles establecidos.

Operaciones para el tratamiento secundario.

Filtrado

Este proceso se realiza haciendo pasar el agua residual por un crecimiento biológico fijo a un medio poroso (escoria volcánica) lo cual contribuye a la eliminación de contaminantes.

Sedimentación secundaria.

Este proceso de decantación consiste en clarificar el agua residual, además de procesar el agua proveniente del derivador auxiliar en caso de emergencia.

Digestión aerobia.

Este proceso consiste en el tratar los lodos desechados por el proceso de decantación con el fin de eliminar los nutrientes contenidos en dichos lodos.

Vertido en efluente.

Consiste en la liberación del agua ya tratada al medio receptor, en este caso la quebrada inmediata a la planta de tratamiento.

Secado de lodos.

Proceso de eliminación del agua en los residuos del digestor (lodos) para su posterior disposición.

CAPÍTULO V OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

5.1. Operación y mantenimiento

Para establecer cada una de las actividades, que se dan tanto en la operación, como en el mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Villa de El refugio, y los recursos que estas demandan para llevarse a cabo de una manera eficaz, se cuenta con un manual de procedimientos que agrupa las actividades que deben de realizarse para cumplir los mismos, las cuales anidadas a las actividades de los procedimientos de salud y seguridad contemplan lo que es el desarrollo normal del proceso general del tratamiento de las aguas residuales, cabe mencionar que dicho manual contempla el hecho del diseño de la planta en el capítulo IV donde se planteó la distribución del mismo y su estructura, con el cual se puede establecer el mejor uso de las instalaciones, para prologar la vida útil de la planta de tratamiento y por supuesto la protección de cada uno de los trabajadores, y así garantizar su funcionalidad al momento de hacer el proceso de descontaminación del agua y su vertido.

5.2. Proceso general

El objetivo fundamental del proceso es brindar un afluyente de agua con el menor índice de contaminación e incorporarlo al medio ambiente, mediante el uso de propiedades de los materiales con la cual fue construida, el diseño de construcción y la operación de la misma, con el propósito del descrito, el proceso como tal se compone de 12 procedimientos que son realizados de manera consecutiva y ordenada, con el cual se puede asegurar la descontaminación de las aguas recolectadas mediante el sistema de alcantarillados de aguas residuales y pluviales del municipio.

5.3. Procedimientos

En cuanto a esto se tiene un total de 12 procedimientos que forman parte del proceso general se detalla en el diagrama de flujo del proceso descrito en el capítulo IV.

En el cual puede ver la secuencia de los procedimientos y permite detallar las etapas que en él se tienen, dichas etapas se clasifican en tratamiento preliminar, tratamiento primario y

tratamiento secundario, a continuación se presenta una tabla con los procedimientos y sus respectivas etapas a la cual pertenecen.

Tabla 14. Resumen de procedimientos por etapa

	PROCEDIMIENTO	ETAPA
1	DESBASTE	TRATAMIENTO PRELIMINAR
2	DESARENADO	TRATAMIENTO PRELIMINAR
3	MEDICION DE CAUDAL	TRATAMIENTO PRELIMINAR
4	DERIVACION AUXILIAR DE CAUDAL	TRATAMIENTO PRELIMINAR
5	SEDIMENTACION PRIMARIA	TRATAMIENTO PRIMARIO
6	DERIVACION AUXILIAR DE LODOS	TRATAMIENTO PRIMARIO
7	FILTRADO	TRATAMIENTO SECUNDARIO
8	SEDIMENTACION SECUNDARIA	TRATAMIENTO SECUNDARIO
9	DIGESTION DE LODOS	TRATAMIENTO COMPLEMENTARIO
10	VERTIDO EN EFLUENTES	TRATAMIENTO SECUNDARIO
11	MUESTRAS	TRATAMIENTO SECUNDARIO
12	SECADO DE LODOS	TRATAMIENTO SECUNDARIO

5.4. Objetivos, documentación de control y verificación del manual de operación y mantenimiento.

El principal objetivo del manual, es la identificación y la uniformización de los procedimientos tanto de operación y mantenimiento, como la también la determinación de las medidas de seguridad e higiene que rigen a los trabajadores que laboran en la planta de tratamiento de aguas residuales, en cuanto a control y verificación se tiene la documentación interna tales como: solicitudes de compra, permisos, cartas de control, registro de accidentes, y niveles de descontaminación; en cuanto a controles externos debido a políticas y regulaciones por parte de las municipalidad, del medio ambiente, del ministerio de salud y ANDA se tiene lo que son: los estudios de agua, cartas de control del afluente entrante y saliente.

Con la determinación de las medidas de seguridad e higiene que se tienen para los trabajadores de la planta se tiene como puntos de suma importancia lo siguiente:

Seguridad: se tiene solicitudes (dichas solicitudes se muestran en anexos) de requerimiento de compra o reparación tanto de equipo para los empleados, como de la infraestructura en la cual ellos se encuentran laborando.

Cognoscitivo: se lleva una carta de control (dichas cartas se muestran en anexos) acerca de los cursos formativos o capacitaciones que se les dan a los trabajadores acerca de cómo realizar de mejor manera su trabajo y sobre todo como mejorar la protección de su salud, que se ven reflejado en dichas cartas de control.

En cuanto a parámetros de control se tiene los siguientes:

Tabla 15. Resumen de parámetros y punto de control

TIPO DE PARAMETRO		PUNTO DE CONTROL/ELEMENTO
FISICOS	Profundidad de lodos Natas y flotantes Producción de espuma Olor Vegetación Puntos muertos Encharcamientos	Tanques y lagunas Tanques y lagunas Tanques y canaletas Para todos los elementos Lagunas, respiraderos, canaletas y patios Superficie de filtros y tanques de aireación Superficie de filtros y patios de secado
HIDRAULICOS	Caudal Promedio Fluctuaciones	Entrada de la planta (medidor de caudal) Calculado en base a las medidas del caudal, las serán registradas en formularios.

5.5. Manual de operación y mantenimiento.

El manual ha sido estructurado en tres secciones, redactadas en forma sencilla y coherente de manera que su lectura y uso sean fáciles para el operador; además se incluye un anexo con tablas de medición de caudal y formularios para el registro de las operaciones, a continuación se describe en que consiste cada sección:

5.5.1. Sección 1 operación y mantenimiento

En esta sección contiene las actividades que comprenden cada uno de los 12 procedimientos descrito tanto en el diagrama de flujo, como en la tabla que clasifica su etapa, detallándose de la manera siguiente:

Tabla 16. Actividades de desbaste

		PROCEDIMIENTO	
		DESBASTE	FECHA:
			VERSION: 1.0
			PAGINA: 1/1
ETAPA: Tratamiento preliminar		FRECUENCIA: 2 veces al día	
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES			
PASO	RESPONSABLE	ACTIVIDAD	RECURSOS Y DOCUMENTOS
1	Operario en turno	Ronda de inspección rutinaria	Botas, Guantes, Mascarilla, Gafas protectoras, Gorra, Pantalón impermeable.
2	Operario en turno	Determinación del tipo de solido	N/T
3	Operario en turno	Determinación de recursos a utilizar	N/T

Continúa en la siguiente página...

...Viene de página anterior

PASO	RESPONSABLE	ACTIVIDAD	RECURSOS Y DOCUMENTOS
4	Operario en turno	Extracción y clasificación de sólidos gruesos con un rastrillo metálico elaborado especialmente para éste trabajo y depositados por un espacio corto de tiempo (media hora) sobre la placa perforada	Rastrillo, Pala cuadrada, Cubetas, garra para extracción.
5	Operario en turno	Deposición de sólidos en patios de secado	Carretilla
6	Operario en turno	Limpia todas las semanas con agua a presión todas las rejillas.	Manguera, bomba.
7	Operario en turno	Revisar una vez al año las rejillas y si se encuentran puntos de corrosión limpiar y pintar	Cepillo metálico, brochas, pintura anticorrosiva.

Tabla 17. Actividades de desarenado

		PROCEDIMIENTO	
		DESARENADO	FECHA:
			VERSION: 1.0
			PAGINA: 1/1
ETAPA: Tratamiento preliminar			FRECUENCIA: 1 vez por día
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES			
PASO	RESPONSABLE	ACTIVIDAD	RECURSOS Y DOCUMENTOS
1	Operario en turno	Ronda de inspección rutinaria	Botas, Guantes, Mascarilla, Gafas protectoras, Gorra, Pantalón impermeable.
2	Operario en turno	Verificar los niveles de sedimentos y arenas retenidos	N/T
3	Operario en turno	Interrupción de flujo de agua en garganta a limpiar.	N/T
4	Operario en turno	Determinación de insumos a utilizar	N/T
5	Operario en turno	Extracción de arenas y sólidos. El desarenado fuera de operación debe quedar limpio de sedimentos o agua estancada.	Pala curva, cubetas.
6	Operario en turno	Deposición en banco de arena	Carretilla
7	Operario en turno	Revisar una vez por año las placas que trabajan como compuertas a fin de evitar que se oxiden o se deformen y pintar los posibles puntos de corrosión.	N/T
8	Operario en turno	Las rejillas manuales tienen que ser limpiadas dos veces por día, por la mañana y por la tarde	Escoba, rastrillo.

Tabla 18. Actividades de proceso de medición de caudal

		PROCEDIMIENTO	
		MEDICION DE CAUDAL	FECHA:
			VERSION: 1.0
			PAGINA: 1/1
ETAPA: Tratamiento preliminar			FRECUENCIA: 4 veces por día.
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES			
PASO	RESPONSABLE	ACTIVIDAD	RECURSOS Y DOCUMENTOS
1	Administrador/operario en turno	Ronda de inspección rutinaria	N/T
2	Administrador	Verificación y toma de medición.	Carta de control
3	Administrador	Actualización registro.	Hoja de registro
4	Operario en turno	Limpiar las paredes y el piso una vez por semana	Escoba plástica.
5	Operario en turno	Cada año debe revisarse la escala colocada para medir el tirante de agua y en su caso sustituirse si se encuentra dañada o despintada.	N/T

Tabla 19. Actividades de proceso de derivación auxiliar de lodos

		PROCEDIMIENTO	
		DERIVACION AUXILIAR DE CAUDAL	FECHA:
			VERSION: 1.0
			PAGINA: 1/1
ETAPA: Tratamiento preliminar			FRECUENCIA:
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES			
PASO	RESPONSABLE	ACTIVIDAD	RECURSOS Y DOCUMENTOS
1	Operario en turno	Verificar que el canal auxiliar esté libre de contaminantes y obstrucciones.	Botas, Guantes, Mascarilla, Gafas protectoras, Gorra, Pantalón impermeable.
2	Operario en turno	Habilitar el flujo de agua al sedimentador secundario.	N/T
3	Operario en turno	Interrumpir el flujo de agua al sedimentador primario	N/T

Tabla 20. Actividades del proceso de derivación auxiliar de lodos

		PROCEDIMIENTO	
		DERIVACION AUXILIAR DE LODOS	FECHA:
			VERSION:
			PAGINA:
ETAPA: Tratamiento primario			FRECUENCIA: 8 semanas.
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES			
PASO	RESPONSABLE	ACTIVIDAD	RECURSOS Y DOCUMENTOS
1	Operario en turno	Verificar que el canal de conexión esté libre de contaminantes y obstrucciones.	E.P.P.
2	Operario en turno	Limpiar con agua a presión la caja de conexión al digestor.	Manguera, bomba.
3	Operario en turno	Habilitar la descarga de lodos y verificar la integridad de la estructura de concreto.	N/T

Tabla 21. Actividades de proceso de filtrado

		PROCEDIMIENTO	
		FILTRADO	FECHA:
			VERSION: 1.0
			PAGINA: 1/1
ETAPA: Tratamiento secundario.			FRECUENCIA: 1 vez por día.
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES			
PA SO	RESPONS ABLE	ACTIVIDAD	RECURSOS Y DOCUMENTOS
1	Operario en turno.	Ronda de inspección rutinaria	E.P.P.
2	Operario en turno.	Verificar los niveles en los canales de distribución y retirar los sólidos flotantes que se acumulan en los vertedores.	Rastrillo, escoba, pala colador.
3	Operario en turno.	Realizar pruebas de turbidez del agua de salida del filtro y anotar resultados en la carta de control.	Turbidímetro de campo.
4	Operario en turno.	Limpiar los canales con agua a presión.	Manguera, bomba.
5	Operario en turno.	Eliminar con chorro de agua cualquier rastro de lodos en las aberturas de aireación y en los canales de salida del filtro.	Manguera, bomba.
6	Operario en turno.	Limpiar semanalmente la superficie del filtro con agua a presión logrando desprender parte de la biomasa de las piedras	Manguera, bomba.
7	Operario en turno.	Revisar una vez por año toda la estructura de concreto, estructura metálica, bomba de aireación, localizar los puntos de corrosión, lijar y pintar.	Cepillo metálico, pintura anticorrosiva.

Tabla 22. Actividades de procesos de sedimentación primaria

		PROCEDIMIENTO	
		SEDIMENTACION PRIMARIA	FECHA:
			VERSION: 1.0
			PAGINA: 1/1
ETAPA: Tratamiento primario			FRECUENCIA: 8 semanas
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES			
PA SO	RESPONS ABLE	ACTIVIDAD	RECURSOS Y DOCUMENTOS
1	Operario en turno	Inspección programada del sedimentador	Botas, Guantes, Mascarilla, Gafas protectoras, Gorra, Pantalón impermeable.
2	Operario en turno	Medición y control de caudal para verificar el nivel de agua	Pala, Carretilla, Llave Stilson, Llave francesa, Llave de cadena, Baldes, Escobillas, Escoba, Brochas
3	Operario en turno	Medición de turbiedad del agua a la entrada de la unidad y a la salida de la unidad.	Turbidímetro de campo.
4	Operario en turno	Cortar el flujo de agua hacia el tanque cerrando la válvula de entrada al tanque.	N/T
5	Operario en turno	Limpiar cámara de entrada retirando el material adherido en el fondo y en las paredes de la cámara.	Escoba, pala.
6	Operario en turno	Limpieza de cámara de sedimentación, abrir la válvula de drenaje para la evacuación de lodos y dejar evacuar toda el agua y sedimentos.	Palas, cubetas, baldes, tablas y carretilla
7	Operario en turno	Limpieza cámara de salida quitando el material adherido al fondo y paredes de la cámara.	Escoba, pala.
8	Operario en turno	Poner en funcionamiento cerrando los drenajes y abriendo las válvulas para llenar el tanque.	N/T
9	Operario en turno	Registrar en la carta de control la fecha y los valores de turbiedad en el ingreso y salida de la unidad, así como los cambios en el caudal de la fuente durante el día.	N/T

Tabla 23. Actividad de análisis de proceso de sedimentación secundaria

		PROCEDIMIENTO	
		SEDIMENTACION SECUNDARIA	FECHA:
			VERSION: 1.0
			PAGINA: 1/1
ETAPA: Tratamiento secundario			FRECUENCIA: 8 semanas
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES			
PA SO	RESPON SABLE	ACTIVIDAD	RECURSOS Y DOCUMENTOS
1	Operario en turno	Inspección programada del sedimentador	E.P.P.
2	Operario en turno	Medición y control de caudal para verificar el nivel de agua	Pala, Carretilla, Llave stilson, Llave francesa, Llave de cadena, Baldes, Escobillas, Escoba, Brochas
3	Operario en turno	Medición de turbiedad del agua a la entrada de la unidad y a la salida de la unidad.	Turbidimetro de campo.
4	Operario en turno	Cortar el flujo de agua hacia el tanque cerrando la válvula de entrada al tanque.	N/T
5	Operario en turno	Limpiar cámara de entrada retirando el material adherido en el fondo y en las paredes de la cámara.	Escoba, pala.
6	Operario en turno	Limpieza de cámara de sedimentación, abrir la válvula de drenaje para la evacuación de lodos y dejar evacuar toda el agua y sedimentos.	Palas, cubetas, baldes, tablas y carretilla
7	Operario en turno	Limpieza cámara de salida quitando el material adherido al fondo y paredes de la cámara.	Escoba, pala.
8	Operario en turno	Poner en funcionamiento cerrando los drenajes y abriendo las válvulas para llenar el tanque.	N/T
9	Operario en turno	Registrar en la carta de control la fecha y los valores de turbiedad en el ingreso y salida de la unidad, así como los cambios en el caudal de la fuente durante el día.	N/T

Tabla 24. Actividades de proceso de digestor de lodos

		PROCEDIMIENTO	
		DIGESTOR DE LODOS	FECHA:
			VERSION: 1.0
			PAGINA: 1/1
ETAPA: Tratamiento secundario.			FRECUENCIA: 2 veces por año.
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES			
PASO	RESPONSABLE	ACTIVIDAD	RECURSOS DOCUMENTOS Y
1	Operario en turno.	Inspección programada del digestor de lodos.	E.P.P.
2	Operario en turno.	Comprobar el funcionamiento de todas las compuertas.	N/T
3	Operario en turno.	Verificar que el conducto de descarga esté libre de obstrucciones.	N/T
4	Operario en turno.	Habilitar la válvula de descarga de lodos.	N/T
5	Operario en turno.	Limpiar el conducto después del vaciado del exceso de lodos para evitar obstrucciones futuras.	Manguera, bomba.

Tabla 25. Actividades de proceso de vertido de afluente

		PROCEDIMIENTO	
		VERTIDO EN EFLUENTE	FECHA:
			VERSION:
			PAGINA:
ETAPA: Tratamiento secundario.			
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES			
PASO	RESPONSABLE	ACTIVIDAD	RECURSOS DOCUMENTOS Y
1	Operario en turno	Verificar que el canal disipador de energía esté libre de contaminantes y obstrucciones.	Botas, Guantes, Mascarilla, Gafas protectoras, Gorra, Pantalón impermeable.
2	Operario en turno	Limpiar canal disipador de energía	Rastrillo, escoba, pala.
3	Operario en turno	Habilitar el flujo de agua.	N/T
4	Operario en turno	Interrumpir el flujo de	N/T

Tabla 26. Actividades del proceso de análisis y verificación

		PROCEDIMIENTO	
		ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA	FECHA:
			VERSION: 1.0
			PAGINA: 1/1
ETAPA: Tratamiento secundario			FRECUENCIA:
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES			
PASO	RESPONSABLE	ACTIVIDAD	RECURSOS Y DOCUMENTOS
1	Operario de turno.	Obtención de muestra de agua a analizar.	E.P.P., tomador de muestras.
2	Administrador/Operario de turno	Análisis de muestra de agua.	E.P.P., equipo para análisis de análisis de agua.
3	Administrador/Operario de turno.	Comparación y registro de los parámetros obtenidos con los estándares establecidos.	Cartas de control.

Tabla 27. Actividades de proceso de secado de lodos

		PROCEDIMIENTO	
		SECADO DE LODOS	FECHA:
			VERSION:
			PAGINA:
ETAPA: Tratamiento secundario.			
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES			
PASO	RESPONSABLE	ACTIVIDAD	RECURSOS Y DOCUMENTOS
1	Operario de turno.	Inspección semanal de patio de secado de lodos.	E.P.P.
2	Operario de turno.	Aproximadamente una semana después de haber purgado los lodos del digestor y que hayan perdido gran parte de humedad en el lecho de secado, formar pequeños túmulos y dejarlos por espacio de tres semanas antes de retirarlos.	Pala, rastrillo metálico, otros.
3	Operario de turno.	Extender los lodos sobre los lechos en capas de 20 a 25 cm, y dejarlos secar.	Pala, rastrillo metálico, otros.
4	Operario de turno.	Extraer de la era de secado después de que se haya drenado y secado suficientemente para extraer con pala.	Pala, rastrillo metálico, otros.

5.5.2. Sección 2 Seguridad dentro de la planta

Riesgos en la planta, origen y prevención

La planta de tratamiento por su naturaleza misma origina riesgos; Es por ello que en materia de seguridad dentro de la planta se muestran las áreas que más peligros tienen, que van desde el ingreso de las aguas residuales hasta la disposición de los residuos del proceso de tratamiento; es decir durante el proceso se presenta un sin número de riesgos que pueden ser evitados con la prevención y equipamiento necesario.

Tabla 28. *Compilación de riesgos de la planta de tratamiento de aguas residuales*

Riesgo	Origen	Prevención
infecciones	Inhalación de patógenos: <ul style="list-style-type: none"> • contacto de estos con la piel, ojos, quemaduras cortadas, raspones, boca. 	Uso de E.P.P: <ul style="list-style-type: none"> • Mascaras protectoras, lentes, guantes de látex, tapabocas desechables.)
Daño físico	Caídas y resbalones: <ul style="list-style-type: none"> • Manipular maquinaria o herramientas. • Levantar, jalar o empujar de forma impropia. • Acción 154rotectors • ahogamiento 	Instalaciones adecuadas: <ul style="list-style-type: none"> • barandillas de protección • cinta antideslizante E.P.P.: <ul style="list-style-type: none"> • fajas, arnés.
Espacios confinados	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso y salidas limitadas. • Ventilación pobre • No apto para ser ocupado por trabajadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de arnés • Ventilación y medición de gases • Realizar actividades en cuadrillas • Evitar estancias prolongadas

Continúa en página siguiente...

..Viene de página anterior

Riesgo	Origen	Prevención
Espacios con deficiencia de oxígeno	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilación limitada • Altas temperaturas o humedad • Reacciones químicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de arneses, ventilar adecuadamente • Realizar las actividades en cuadrillas • Evitar estancias prolongadas • Medición de gases antes de ingresar
Riesgo	Origen	Prevención
Exposición a químicos, gases y vapores tóxicos, corrosivos o nocivos	<ul style="list-style-type: none"> • Químicos • Reacciones químicas • Carencia de ventilación 	Uso de equipo: <ul style="list-style-type: none"> • Mascaras protectoras • Guantes de 155rote • Uso de equipo de respiración autónoma
Mezcla 155rotector de gases	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilación 155rotector • Fuente de ignición 	<ul style="list-style-type: none"> • 155rotecto las actividades en cuadrillas • evitar 155rotect de ignición • medición de concentraciones de gases explosivos
Fuego	Almacenamiento inadecuado de materiales y químicos junto a una fuente de ignición	<ul style="list-style-type: none"> • evitar 155rotect de ignición • correcta ubicación de extinguidores

Continúa en siguiente página...

...Viene de página anterior.

Riesgo	Origen	Prevención
Descargas eléctricas	<ul style="list-style-type: none">• equipo defectuoso• aterrizado de forma inadecuada• servicio no calificado• aislamiento insuficiente• corto circuito	<ul style="list-style-type: none">• conectar a tierra todo equipo• uso de guardas apropiados• las herramientas eléctricas portátiles deben ir equipadas con una cable a tierra y una toma especial con su enchufe• un tapete de hule sobre el piso es un factor de seguridad. Uso de botas dieléctricas
Ruido	<ul style="list-style-type: none">• emitida por el equipo• amplificación por el espacio confinado	<ul style="list-style-type: none">• utilización de 156protectores auditivos• evitar estancias prolongadas en el área

Responsabilidades generales

Con la finalidad de promover condiciones de seguridad e higiene dentro de la planta de tratamiento tanto los encargados de la planta como los operadores deberán compartir responsabilidades para evitar accidentes. Dentro de las responsabilidades que deberán tomar en cuenta, se encuentran las siguientes.

- ✓ Conservar en condiciones de funcionamiento segura las instalaciones y las áreas de trabajo
- ✓ Realizar inspecciones visuales periódicas a las instalaciones y las áreas de trabajo
- ✓ Mantener informado al encargado de la existencia de condiciones inseguras y corregir estas
- ✓ Identificar todas las áreas susceptibles de riesgo
- ✓ Establecer un programa de seguridad e higiene
- ✓ Contar con equipo y materiales para contener las sustancias químicas peligrosas
- ✓ Verificar el adecuado funcionamiento, el mantenimiento y la adecuada ubicación de dispositivos y equipos
- ✓ Proporcionar y participar en el adiestramiento y capacitación para la prevención y control de accidentes (incendios, fugas de gas, derrames, entre otros.)
- ✓ Cumplir con todas la medidas de seguridad para la prevención y control de accidentes

Equipo y material de seguridad

Durante la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales, el personal deberá contar con el equipo y material para el desarrollo de sus actividades, tanto en la operación rutinario como durante mantenimiento. De igual forma deberá contar con materiales que permitan atender las emergencias por derrames, los incendios y las fugas, se debe asegurar que los operadores cuenten con capacitación para el manejo adecuado de los equipos y materiales en cada proceso.

Principales áreas de riesgo en la planta de tratamiento de aguas residuales

Estaciones de bombeo

Estas se consideran sitios confinados, Se deberá proporcionar ventilación adecuada para el mantenimiento. Para lo cual deberá cerci6rse que el ventilador est6 operando antes de entrar, si utiliza escaleras, aseg6rse que est6n bien sujetadas y utilice una l6nea de vida para el caso de resbalones.

Como parte del mantenimiento se debe asegurar que todas las luces est6n operando bien, adem6s sino es un t6cnico electricista calificado, deber6 permanecer alejado del interior de los paneles el6ctricos.

Sedimentador y digestor

La planta deber6 tener pasamanos y bordes perimetrales para evitar caer a los tanques o patear herramientas y materiales que puedan caer en las fosas o en los niveles inferiores de las estructuras. Se recomienda utilizar arneses y cables de seguridad para trabajar en estas instalaciones. Adem6s como medida preventiva, se puede utilizar un salvavidas con una cuerda atada al mismo barandal.

Hay que asegurar un tr6nsito adecuado en los pasillos, quitando todos los posibles obst6culos. Coloque escaleras en los lugares requeridos y asegure estas. Para reducir la posibilidad de resbalones, hay que mantener accesos y las escaleras con una superficie rugosa en caso de haber agua ret6rela y utilice suela antiderrapante.

Filtro percolador

El proceso de aireaci6n puede salpicar residuos en los pasillos que favorezcan el crecimiento de algas, o bien de residuos grasos que puedan provocar que alguien resbale; es necesario removerlos a menudo para tener las 6reas de circulaci6n seguras.

No se deben dejar herramientas y otros objetos que puedan provocar alg6n riesgo a la seguridad. Los operadores deben utilizar chalecos salvavidas y cables de seguridad. Todos los accesos deben tener pasamanos; cuando se necesario cambiar los pasamanos se ara de un 6nico lado a la vez (el m6nimo necesario para el trabajo inmediato) y remplazarlos tan pronto el trabajo sea terminado.

Los equipos de aireaci6n producen altos niveles de ruido y la exposici6n a estos no debe exceder a un turno de 8 horas a 80 decibeles.

Manejo de materiales

Para prevenir los riesgos de las sustancias químicas que se manipulan, es necesario establecer una forma de identificación, por medio de códigos de colores y bandas de identificación.

Los riesgos que presentan las sustancias químicas en su manejo, se clasifican de acuerdo con los posibles daños a la salud de los trabajadores la susceptibilidad de sustancias para arder, para liberar energía o cualquier tipo de problema clasificado en el *rombo de seguridad* siguiente:



Ilustración 13. Rombo de seguridad

Fuente higiene y seguridad ocupacional OIT, mafre

Azul	riesgo para la salud
Rojo	riesgo de inflamabilidad
Amarillo	riesgo de reactividad
Blanco	riesgo específico

El código para identificar las sustancias, así como los recipientes, que los contenga, debe considerar lo siguiente:

- ✓ Nombre o código de la sustancia
- ✓ Tipo de grado de riesgo
- ✓ Forma geotérmica
- ✓ Información complementaria (riesgo especial, equipo de protección personal, etc.)

Debe contar con las hojas de seguridad de las sustancias químicas empleadas y es recomendable que permanezcan al alcance de sus operadores para su consulta y entendimiento.

Manejo de ácidos

Los ácidos como el cloro hídrico, nítrico, fosfórico y sulfúrico son usados para ajustar el pH y para limpiar el equipo. Son muy peligrosos al tacto a un en concentraciones diluidas. No mescle ácidos con sustancias alcalinas, excepto cuando se tenga condiciones absolutamente controladas. Siempre se debe agregar lentamente el ácido al agua, nunca agregue agua a las concentraciones acidas, estas precauciones previenen las reacciones químicas violentas que provocan altas temperaturas y escape muy rápido de gases.

Nunca toque o palpe un ácido a menos que por guantes protectores que soporten y protejan del ácido. Utilice guantes y ropa apropiada de protección no inhale ni huela las emanaciones de los ácidos y sus vapores ya que los pulmones y la garganta pueden resultar seriamente dañados. Utilice protección para los ojos, de estas formas se previene que las quemaduras las emanaciones y los vapores se introduzcan en los ojos. Si el ácido fluye con violencia, vierta grandes cantidades de agua para neutralizarlo.

Manejo de químicos corrosivos

Con el objetivo de controlar el pH alto con alrededor de 9 unidades. Algunos de los químicos corrosivos usados: hidróxido de calcio (cal hidratada) y oxido de calcio (cal viva) hidróxido de sodio (soda caustica) estos químicos se utilizaran para agregar coagulantes, ajustar el pH, limpiar filtros y neutralizar derrames de ácido.

Cuando estos ácidos se encuentran en forma seca o en concentraciones liquidas y son mezclados con agua, las reacciones que se producen liberan de forma muy rápida hidrogeno en forma de gas el cual tiene un alta explosividad, si la mezcla se realiza en áreas cerradas la rápida expansión del gas puede romper el recipiente donde la reacción tiene lugar. No inhale los vapores y emanaciones.

Manejo de hipoclorito de calcio

Porte protección para los ojos para evitar una salpicadura, los vapores y emanaciones, penetren en los ojos. Si las sustancias corrosivas fluyen rápidamente, vierta grandes cantidades de agua y neutralice con ácidos diluidos.

Manejo de polímeros

Los polímeros tanto en forma líquida como en polvo pueden irritar los ojos y la piel; es por ellos que se recomienda el uso de caretas con filtros o respiradores para prevenir la inhalación de polvo y vapores. Normalmente se utilizarán polímeros para el desagüe de los lodos a los patios de secado.

Los derrames hacen que los pisos se vuelvan extremadamente resbalosos, por lo que deben lavarse con grandes volúmenes de agua.

Manejo de gases tóxicos y mezclas explosivas

Inhalación de gases nocivos

Los lugares de confinamiento deben ser seguros en términos de electricidad, separación de combustibles, de fácil higiene, así como también deben contar con el equipo de seguridad para protección personal.

Manejo de lodos

Los lodos serán tratados o acondicionados con productos químicos para estabilizarlos, mejorar su secado, reducir los organismos patógenos o matar a los microorganismos presentes.

El polvo de los productos químicos puede irritar los ojos, la nariz, garganta y pulmones. Los polvos químicos deben estar empacados de una forma fácilmente manipulable, no deben estibarse en áreas de alimentación, del producto y los trabajadores en estas áreas deben usar mascararas con filtros y lentes de seguridad herméticos con protección lateral. Puede ser necesario equipo de protección adicional. Los trabajadores expuestos a productos químicos deben ser revisados por un médico.

Gases venenosos y mezclas explosivas

El riesgo principal de los gases asociados con el tratamiento de aguas residuales, es la acumulación del gas proveniente del sistema de drenaje y la mezcla de otros gases o el aire, lo cual puede causar la muerte o daño debido a la explosión o a las asfixias por deficiencia de oxígeno.

Los gases que pueden encontrar en el drenaje o en la entrada al sistema son: bióxido de carbono, metano, hidrogeno, ácido sulfhídrico y bajos porcentajes de oxígeno. Estos gases provienen de la descomposición de la materia orgánica acumulada en los drenajes. El ácido sulfhídrico a concentraciones muy bajas y su característica principal es que despiden un olor a huevo podrido.

Muestreos de la planta de tratamiento

El muestreo debe tomarse de flujos de agua residual y los lodos, en varios puntos del proceso de tratamiento de aguas residuales, incluyendo las entradas del sistema, los estanques de sedimentación, los filtros percoladores y el propio digestor de lodos. Los riesgos y peligros son iguales para los muestreos en estos lugares, como son en el mantenimiento y operación.

En la etapa de recolección de muestras se debe utilizar el equipo de seguridad indicado para dicha actividad.

Bodega de la planta.

La bodega en la planta de tratamiento tiene con fin inmediato facilitar el resguardo los implementos así como de las sustancias químicas necesarias para el proceso de tratamiento de las aguas. Los riesgos abundan en el área de bodega por lo que resulta necesario atender las siguientes recomendaciones y precauciones cuando se encuentre en ella:

- Admisión autorizada solo a personas con entrenamiento apropiado (solo personal previamente autorizado)
- Cuando se manejan sustancias tóxicas o químicos peligrosos, porte guantes y delantales resistentes a los químicos que manejen siempre utilice lentes de seguridad.
- Señale o etiquete todos los químicos de acuerdo a las normas propias de seguridad para los laboratorios establecidos.
- Mantenga un registro de los insumos y químicos cuando fueron abiertos y disponga de manera segura de los químicos que han expirado.
- No prepare ni ingiera comida dentro de la bodega.

Procedimientos mínimos en la planta de tratamiento

Uso de protección en la cabeza

I. objetivo

Asegurar que se utiliza el equipo y los procedimientos adecuados para reducir la posibilidad de daños en la cabeza de todo el personal de la planta

II. política

Se requiere que todos los empleados de la planta usen cascos de seguridad todo el tiempo que estén en la planta excepto cuando estén en las oficinas, dentro de vehículos, cerrados o cabinas, o bien en otras “áreas seguras” designadas por el jefe de la planta. Las áreas de trabajo no serán consideradas como “áreas seguras”. Esta política se aplica a todos los contratistas, vendedores o visitantes a las instalaciones.

- A) Deben aprobarse los cascos duros, los cascos no metálicos de acuerdo a lo especificado en (clase A, B Y C).
- B) Los cascos duros deben mantenerse limpios y en buenas condiciones y no deben modificarse de ninguna manera. El uso de cascos duros con fisuras o defectos estructurales está prohibido

III. Procedimiento

- A) Se proveerá de casco duro a los operadores.
- B) Los cascos duros serán reemplazados por cuenta de la municipalidad, en caso de ocurrir algún daño relacionado con el trabajo o si se usa de manera normal y se raja el casco, este será reemplazado. Los cascos duros que se pierdan o se dañen debido al uso incorrecto del trabajador, serán reemplazados por cuenta del mismo empleado.
- C) Cuando un trabajador deje de laborar en la CEA, deberá regresar su casco.

Protección de ojos

I. objetivo

Asegurar la utilización de los procedimientos y el equipo conveniente para reducir la posibilidad de daños a los ojos del personal de la planta y del laboratorio.

II. políticas

- A) se requiere que todos los empleados de la planta usen protectores de ojos todo el tiempo, excepto en las oficinas y en otras “áreas seguras” designadas por el jefe de planta. Las áreas de trabajo no deben de ser consideradas como áreas seguras, esta política también se aplica a todos los contratistas, vendedores y visitantes de la planta.
- B) La protección mínima que debe utilizarse son los anteojos de protección industrial con pantalla a los lados. Los empleados deben estar debidamente protegidos con equipo, tal como caretas protectoras, lentes para soldar, etc., cuando la naturaleza de su trabajo requiera el uso de protectores para ojos.
- C) El equipo para ojos y cara debe cumplir los requerimientos especificados en ANSIZ87.1-1989, prácticas para protección de ojos y cara.

- D) En la planta deben revisarse las condiciones in situ y desarrollar un procedimiento por escrito identificando las actividades específicas que requieran equipo de protección de ojos.
- E) Las protecciones de cara y ojos deben conservarse limpios y en buen estado. El uso de este equipo con defectos estructurales y ópticos está prohibido.

III. Procedimientos

- A) Los puntos a continuación deben usarse como guía para la selección de los lentes o pantallas, con el filtro apropiado para soldaduras. Los filtros más densos pueden ajustarse a las necesidades independientes.
- B) Se usara protección de cara con una careta completa, cuando exista daño potencial a la cara

Calzado de seguridad

I. objetivo

Establecer una guía para la selección y uso de calzado de seguridad apropiado

II. política

- A) utilizar el calzado apropiado para el trabajo ya sea con punta de acero, dieléctrico o bien botas que cumplan con las normas de seguridad de la planta. Los deben de utilizar todos los empleados que trabajan en la planta.
- B) La municipalidad absorberá el costo de los zapatos con punta de acero, y de trabajo que requieran los empleados, a fin de proteger los pies durante sus tareas asignadas.

III. Procedimientos.

A) El jefe de planta es responsable de la selección apropiada del estilo del calzado a utilizar para las tareas a desarrollar. A continuación se detallan los requerimientos mínimos que deben de cumplir.

- 1.- Protección con punta de acero, dieléctricas, para comprensión e impacto.
- 2.- Todas las botas de seguridad para planta, deben tener como mínimo, 6” de altura para proporcionar soporte al tobillo.

3.- Todos los zapatos o botas deben tener en la parte superior piel suave (no imitación piel) la suela puede ser de piel, goma o alguna composición que sea suave o corrugada.

B) aquellas personas contratadas para trabajos temporales o casuales deberán usar calzado de seguridad. Generalmente, estos trabajadores deben adquirir el calzado por su propia cuenta.

C) los empleados son responsables del mantenimiento, apariencia y condición de sus zapatos de seguridad.

1.- las botas y zapatos deberán mantenerse limpias y lustradas o tratarlas con protector de piel.

2.- cuando se trabaje con condiciones húmedas o con químicos tales como cal, lodos, sulfato de aluminio, cloruro, férrico, polímeros, etc. Las botas con suela de hule deben usarse sobre los zapatos de seguridad.

D) El calzado de seguridad que se pierda o sea dañado por negligencia deberá ser reemplazado por cuenta del empleado.

Herramientas manuales

I. objetivo

Proporcionar una guía para el uso seguro de las herramientas manuales

II. Procedimientos

A) General

1.- utilizar las herramientas solamente para el propósito para lo cual fueron diseñadas.

2.- utilizar las herramientas que estén en buenas condiciones. Las herramientas desgastadas o rotas deben repararse o reemplazarse.

3.- siempre utilice el equipo de seguridad apropiado

4.- almacenar las herramientas que no se estén usando debe de existir un almacén que incluya herramientas, cajas, canastillas de herramientas y cajones

5.- no deje las herramientas en áreas elevadas o sobre techos debido a que pueden caer y lastimar personas.

6.- no cargue en su bolsa o en su cinturón, herramientas con punta o filo, sin que estén cubiertas o protegidas.

B) Martillos

1.- siempre utilice un protector de ojos apropiado.

2.- verifique atrás y abajo antes de colgarse un martillo.

3.-aleje sus ojos del objeto que va a golpear

4.-nunca utilice un martillo

C) cinceles y punzones

1.- siempre utilice un protector de ojos apropiado.

2.-utilice el martillo o mazo con cara por lo menos 3/8” mayor que la cara del punzón o los cinceles

3.- mantenga los cinceles afilados y en buenas condiciones. Repare o reemplace las herramientas sin filo o dañadas

D) llaves de tuercas

1.- nunca utilice una “extensión” para incrementar el apalancamiento

2.- cuando sea posible, jale la llave en lugar de empujarla

3.- repare y descarte cualquier llave que este desgastada o dañada

4.-nunca utilice herramientas de impacto

5.-nunca utilice martillo sobre una llave de tuercas si no es para martillero

E) pinzas, alicates, tenazas

1.- no utilice pinzas para cortar alambres gruesos, si no están hechas específicamente para eso.

2.-nunca utilice las pinzas como herramientas de golpeteo

3.-use pinzas dieléctricas y no conductoras cuando trabaje con electricidad.

F) desarmadores

1.- siempre utilice desarmadores con el tipo de punta correcta. Y que ajusten perfectamente a la medida del tornillo.

2.- nunca utilice un desarmador doblado o dañado.

3.- no utilice el desarmador como barra de palanca o como cincel

4.- mantenga el mango del desarmador libre de grasa o aceite

Protección del oído

I. objetivo

Establecer los procedimientos que protejan a los operadores en áreas con altos niveles de ruido.

II. política

- A) Cuando los empleados están sujetos a niveles de ruido que exceden a límites de ley, deben utilizar el equipo necesario para reducir el nivel de ruido a los niveles permisibles
- B) La municipalidad proporcionara protectores de oído cuando estos sean necesarios y entrenaran al personal para el uso y cuidado apropiado de este equipo.

III. Procedimiento

- A) La exposición permisible, los niveles de ruido son determinados usando un tipo de medidor del nivel de sonido sobre la escala a respuesta baja.
- B) La exposición al ruido por impulso o impacto no deberá exceder a 140 dB pico.
- C) Cuando fallen los controles de ingeniera para reducir los niveles de ruido dentro de los niveles expuestos permisibles, se deberá de proporcionar protectores de oído para la disminución adecuada del ruido
- D) En aquellas áreas donde los niveles de ruido excedan los valores mostrados, o los resultados de pruebas indiquen que la exposición del empleado puede ser alta se debe aplicar continuamente un programa efectivo para la conservación del oído. Debe haber contacto directo con el jefe de la planta para este tipo de casos.

Señales de seguridad

I. objetivo

Suministrar un guía para la selección y uso de los señalamientos de seguridad

II. Política

- A) Deben colocarse señales de seguridad apropiadas en los sitios donde los empleados están expuestos a descargas eléctricas o algún peligro potencial.
- B) Todas las señales deben de conformarse de acuerdo a las normas vigentes.

III. Procedimientos

Clasificación de señales

1.- señales de peligro

- a) las señales de peligro deben indicar el riesgo inmediato y las precauciones que deben tomarse
- b) no deberá existir variación en el tipo de diseño de las señales de advertencia o peligro específico

2.- señales preventivas

- a) las señales preventivas indican un riesgo, posible ya sea por una descarga posible o de un peligro que pueda surgir por falta de prevención por lo que se debe tomar medidas extras.
- b) las señales de precaución solamente deben usarse para prevenir descargas potenciales o prevenir cualquier práctica insegura
- c) el fondo de estas señales debe ser amarillo y el aviso en tablero negro con letras amarillas. Cualquier letra en amarillo siempre debe estar con fondo negro.

3.-señalamiento con instrucciones de seguridad

- a) se deben de utilizar señales con instrucciones de seguridad en donde exista la necesidad de instrucciones generales y sugerencias relativas a las medidas de seguridad.
- b) las leyendas en estas señales deben de ser de fácil lectura y concisas el aviso debe ser una sugerencia positiva más que negativa, y deberá ser preciso en el hecho. La señal debe tener suficiente información y ser fácil de entenderse.
- c) a continuación se presenta una lista de señales para las plantas de tratamiento de agua residual

1.-solamente personal autorizado

2.-peligro químico

3.-espacio confinado

4.-se requiere protector de oídos

5.-encendido automático del equipo

6.-salida

7.-regadera/lava ojos de emergencia

8.-extingidor

9.-botiquin de primeros auxilios

10.-se requiere uso de cascos

11.-alto voltaje

12.- no fumar o inflamable

4.-señales de salida

a) el acceso a la salida debe estar marcado, legible y visible en todos los casos en donde la salida o el camino no es inmediatamente visible por los ocupantes.

b) un letrero que diga “salida” con una flecha indicando la dirección, debe colocarse en todas las áreas necesarias cuando la salida no es inmediatamente visible.

c) cualquier puerta, pasillo o escalera que NO es salida o el camino o no este rumbo a la salida y puede provocar un error de salida rápida, debe identificarse con el letrero que diga **“no es una salida”** o bien identificarla con su función actual tal como **“bodega” “sótano” etc.**

Nota: se deben poner en contacto con el personal de seguridad para asesoría, o con un supervisor capacitado para apoyo.

5.5.3. Sección 3 salud ocupacional

Riesgos y seguridad de salud en la planta de tratamiento de aguas residuales.

El trabajo en las planta de aguas residuales está asociado con el manejo de sustancias peligrosas y, con frecuencia, con sitios sucios y desordenados. De acuerdo con las estadísticas de la Organización Internacional del Trabajo para el año 2010, en su base de datos Ilostat, 60% de los accidentes que ocurren en ambientes laborales son causados por la falta de orden y limpieza en las áreas de trabajo; y del 25 al 35% se asocian al manejo y transporte inadecuado de sustancias y materiales.

Las sustancias que se manejan pueden ser tóxicas, biológico-infecciosas o corrosivas. Asimismo, los sitios en los que se lleva a cabo la toma de muestras, con frecuencia, no ofrecen las condiciones mínimas para asegurar la integridad de los trabajadores: espacios confinados que pueden estar contaminados o presentar déficit de oxígeno e incluso tratarse de atmósferas explosivas; pueden estar sucios, desordenados, con objetos punzo cortantes, húmedos y sin barandales de protección, entre otras cosas.

Por lo anterior, los miembros de las brigadas de inspección no pueden actuar con negligencia en el desarrollo del muestreo; deben conocer y utilizar los equipos y la ropa de protección. Asimismo, deben aplicar los procedimientos de seguridad con el fin de minimizar riesgos. También deben estar preparados para actuar adecuada y oportunamente en caso de una urgencia.

Con ello se busca asegurar la integridad física de los trabajadores, y garantizar que podrán realizar su trabajo adecuadamente.

A continuación se listan una serie de medidas que se deben seguir para el cuidado de la salud del personal en la planta de tratamiento de agua residual.

1. El personal debe recibir capacitación sobre el uso de los equipos y los procedimientos de seguridad. También, debe ser informado de los riesgos potenciales que enfrenta y también es deseable que reciban un curso de primeros auxilios.
2. El trabajador se debe someter a un examen médico para verificar que no padece epilepsia, vértigo, claustrofobia o alguna otra alteración neurológica que pueda afectar su seguridad y la de sus compañeros. Asimismo, cada trabajador debe contar con una ficha médica (que se llevará al campo) donde se indique si es alérgico o inmune a algún medicamento, su tipo de sangre y padecimientos crónicos (si los hubiere).
3. Los trabajadores deben mantener al día las vacunas de tétanos, hepatitis B, fiebre tifoidea y tratamiento antiparasitario.
4. Contar con los documentos de identificación oficial personal.
5. Identificar y obtener los teléfonos del centro de salud más cercano para acudir a él en caso de accidente.
6. La planta debe contar con un botiquín básico para emergencias que contenga al menos los medicamentos y materiales de primeros auxilios para cualquier eventualidad que

se pueda presentar durante el desarrollo de una visita de inspección.

Debe incluir soluciones de limpieza para heridas como alcohol, Isodonte, agua oxigenada; al igual que con material para cubrirlas: gasas, vendas, banditas, pastillas para el dolor o fiebre, pomadas o ungüentos para golpes y torceduras, sueros contra picaduras o mordeduras de alacranes, ciertos arácnidos o serpientes. Se recomienda tener bien ubicado el hospital o centro de salud más cercano al punto de muestreo para que se puedan aplicar en forma rápida los sueros, mientras se llega al hospital o centro de salud, contar con medicamentos, tales como la avena para minimizar los efectos en lo que se llega.

A continuación se sugiere una lista de información, medicamentos y materiales que puede contener un botiquín.

- ✓ Teléfonos de emergencia.
- ✓ Información médica de los trabajadores.
- ✓ Guantes estériles.
- ✓ Solución para lavar los ojos.
- ✓ Lavaojos.
- ✓ Banditas.
- ✓ Gasas de varios tamaños.
- ✓ Cinta micro poro.
- ✓ Compresas de varios tamaños.
- ✓ Vendas elásticas de diferentes anchos.
- ✓ Torundas con alcohol.
- ✓ Agua oxigenada.
- ✓ Jabón antibacterial.
- ✓ Navaja estéril con un solo filo.
- ✓ Jeringas desechables.
- ✓ Sueros antialacrán, anticrotálico, antiviperino.
- ✓ Vacuna contra tétanos.
- ✓ Vitacilina o similar.
- ✓ Aspirina o similar.
- ✓ Benzal o similar.
- ✓ Acetaminofén.
- ✓ Antidiarreico.
- ✓ Avapena.
- ✓ Drama mine.
- ✓ Furacine.
- ✓ Picrato.

✓ Merthiolate.

7. Respetar las políticas de seguridad e higiene establecidas por la empresa que se inspecciona.
8. Es obligatorio el uso del equipo personal de seguridad durante la toma y preservación de la muestra.
9. El trabajador no debe salir solo al campo, por lo menos dos personas deben estar en el sitio del muestreo para que se puedan ayudar en caso de algún percance.
10. En caso de un accidente se debe suspender el muestreo, pedir ayuda médica por teléfono o radio al centro de salud más cercano. Asimismo, dar aviso a la oficina central de lo ocurrido.

En lo que llega la ayuda médica se pueden tomar algunas medidas como las siguientes.

Quemadura por agente químico en la piel o mucosas: lavar abundantemente con agua corriente por, al menos 15 minutos.

Inhalación de un ácido: Llevar al accidentado al aire fresco; si respira con dificultad suministrar oxígeno; si no respira aplicar respiración artificial (esto debe hacerlo personal capacitado).

CAPÍTULO VI

FACTIBILIDAD

ECONÓMICA

6.1. Factibilidad económica

6.1.1. Inversión fija

Terreno y obra

Se incluye el terreno seleccionado para la localización de la planta con un área de 5,800 m² (8,249 varas) con un costo estimado de \$49,764. En la siguiente tabla se muestra el estimado de la obra civil basado en sus pares similares de las plantas de Juayua (\$490,000) y Apaneca (\$1, 257,142.86).

Tabla 29. Costos de inversión fija

Descripción	Costo
Costo del terreno	\$49,764
Planta Propuesta en villa El Refugio	\$600,000
Total	\$649,764.00

Para lo cual se hace un total de los siguientes apartados:

Maquinaria y equipo

En la siguiente tabla se muestra el precio de la maquinaria y el equipo requerido en el proceso de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 30. Resumen de maquinaria y equipo

Descripción	Cantidad	Costo unitario(\$)	Costo total(\$)
Motobomba Centrifuga De 5 Hp	1	1300	1300
Compresor de aire de 5 HP	2	1000	2000
Lijadora y pulidora angular	2	260	520
Taladro manual ½	1	200	200
Accesorios de motobomba	1	435	435
Total			4,455

Mobiliario y equipo de oficina

En esta categoría se tienen como tal todas aquellas que son utilizadas en la zona de recepción u oficina central de la planta de tratamiento, sin exceptuar la papelería como tal para llevar a cabo el control y la verificación de cada uno de los procesos, eventos y sucesos que acontecen en la misma.

Tabla 31. Resumen de costo de mobiliario y equipo de oficina

Descripción	Cantidad	Costo unitario(\$)	Costo total (\$)
Escritorio	1	250	250
Silla Ergonómica	2	60	120
Archivero	2	100	200
Estante	2	100	200
Computadora	1	300	300
Impresora	1	60	60
Mesa para comedor	1	60	60
Sillas para comedor	4	10	40
Casilleros	13	100	1,300
Teléfono	1	35	35
TOTAL			2,565

6.1.2. Inversión diferida (intangibles)

Esta se lleva a cabo para la contratación e instalación de servicios indispensables para el buen funcionamiento de la planta.

Tabla 32. Resumen de la inversión diferida

Detalle	Costo
Costos de Instalación de servicio agua potable	\$ 171.76
Costos de conexión de servicio de luz eléctrica	\$ 75.92
Costos de legalización(paleo y abogados)	\$ 240.00
Otros Costos.	\$ 1000
Total	\$ 1487.68

Tabla 33. Resumen de inversión inicial total

Concepto	Costo (\$)
Terreno y obra civil	\$649,764.00
Maquinaria y equipo	\$4,455
Mobiliario y equipo de oficina	\$2,565
Inversión diferida	\$1487.68
Total inversión inicial	\$658,271.68

6.2. Depreciaciones y amortizaciones

Tabla 34. Resumen de depreciaciones y amortizaciones durante los próximos 5 años

Concepto	Costos inversión inicial(\$)	Años de vida	% anual	Depreciaciones y amortizaciones anuales					V.S 2019(\$)
				2015(\$)	2016(\$)	2017(\$)	2018(\$)	2019(\$)	
Terreno y Obra civil	649,764.00	20	5	32,488.2	32,488.2	32,488.2	32,488.2	32,488.2	487,323
Maquinaria y equipo	4,455	5	20	891	891	891	891	891	0
Mobiliario y equipo de oficina	2,565	5	20	513	513	513	513	513	0
Inversión diferida	1487.68	5	20	297.54	297.54	297.54	297.54	297.54	0
TOTAL	658,271.68			33,892.2	33,892.2	33,892.2	33,892.2	33,892.2	487,323

6.3. Costos operativos y de mantenimiento

Pago de planilla de empleados

A continuación se detalla las erogaciones mensuales para cada año del horizonte planificación de proyecto, en cuanto a pago de planilla de empleados.

Tabla 35. Pago de planilla año 2015

Pago de Planilla año 2015			
Concepto	Cantidad	Costo mensual	Costo anual
Administrador	1	350	4200
Seguridad	3	250	3000
Operarios	9	300	3600
Prestaciones			35%
TOTAL			14580

Tabla 36. Pago de planilla año 2016

Pago de Planilla año 2016			
Concepto	Cantidad	Costo mensual	Costo anual
Administrador	1	350	4200
Seguridad	3	250	3000
Operarios	9	300	3600
Prestaciones			35%
TOTAL			14580

Tabla 37. Pago de planilla año 2017

Pago de Planilla año 2017			
Concepto	Cantidad	Costo mensual	Costo anual
Administrador	1	350	4200
Seguridad	3	250	3000
Operarios	9	300	3600
Prestaciones			35%
TOTAL			14580

Tabla 38. Pago de planilla año 2018

Pago de Planilla año 2018			
Concepto	Cantidad	Costo mensual	Costo anual
Administrador	1	350	4200
Seguridad	3	250	3000
Operarios	9	300	3600
Prestaciones			35%
TOTAL			14580

Tabla 39. Pago de planilla año 2019

Pago de Planilla año 2019			
Concepto	Cantidad	Costo mensual	Costo anual
Administrador	1	350	4200
Seguridad	3	250	3000
Operarios	9	300	3600
Prestaciones			35%
TOTAL			14580

6.3.1. Accesorios y herramientas

Se presenta la siguiente lista de los accesorios y herramientas que se emplean en cada uno de los procedimientos que se ejecutan en la planta de tratamiento de aguas residuales, para mantener en buen funcionamiento la infraestructura de la misma y que los procesos se desarrollen de manera eficiente.

Tabla 40. Resumen de accesorios y herramientas para el año 2015

Costos de accesorios y herramientas para el año 2015			
Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Anual
Rastrillo	4	9	36
Pala cuadrada	2	7	14
Cubeta	6	4	24
Garra de extracción	2	12	24
Carretilla	2	47	94

Continúa en la siguiente página...

...Viene de la página anterior.

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Anual
Manguera	2	36	72
Cepillo metálico	4	5	20
Brochas	4	2.5	10
Pala curva	2	7	14
Escobas	4	2	8
Llave para tubería tipo Stilson	2	18	36
Llave francesa	2	17	34
Llave de cadena	2	40	80
Escobillas (escoba pequeña)	4	1.5	6
Turbidímetro de campo	2	100	200
PH-metro	2	150	300
Termómetros	4	25	100
Pala colador	2	40	80
Tomador de muestras	5	10	50
Imprevistos			24.52
Total			1,226.52

Tabla 41. Resumen de accesorios y herramientas para el año 2016

Costos de accesorios y herramientas para el año 2016			
Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Anual
Rastrillo	4	9	36
Pala cuadrada	2	7	14
Cubeta	6	4	24
Garra de extracción	2	12	24
Carretilla	2	47	94
Manguera	2	36	72
Cepillo metálico	4	5	20
Brochas	4	2.5	10
Pala curva	2	7	14
Escobas	4	2	8
Llave para tubería tipo Stilson	2	18	36
Llave francesa	2	17	34
Llave de cadena	2	40	80
Escobillas (escoba pequeña)	4	1.5	6
Turbidímetro de campo	2	100	200
PH-metro	2	150	300
Termómetros	4	25	100
Pala colador	2	40	80
Tomador de muestras	5	10	50
Imprevistos			25.02
Total			1,251.24

Tabla 42. Resumen de accesorios y herramientas para el año 2017

Costos de accesorios y herramientas para el año 2017			
Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Anual
Rastrillo	4	9	36
Pala cuadrada	2	7	14
Cubeta	6	4	24
Garra de extracción	2	12	24
Carretilla	2	47	94
Manguera	2	36	72
Cepillo metálico	4	5	20
Brochas	4	2.5	10
Pala curva	2	7	14
Escobas	4	2	8
Llave para tubería tipo Stilson	2	18	36
Llave francesa	2	17	34
Llave de cadena	2	40	80
Escobillas (escoba pequeña)	4	1.5	6
Turbidímetro de campo	2	100	200
PH-metro	2	150	300
Termómetros	4	25	100
Pala colador	2	40	80
Tomador de muestras	5	10	50
Imprevistos			25.52
Total			1,276.76

Tabla 43. Resumen de accesorios y herramientas para el año 2018

Costos de accesorios y herramientas para el año 2018			
Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Anual
Rastrillo	4	9	36
Pala cuadrada	2	7	14
Cubeta	6	4	24
Garra de extracción	2	12	24
Carretilla	2	47	94
Manguera	2	36	72
Cepillo metálico	4	5	20
Brochas	4	2.5	10
Pala curva	2	7	14
Escobas	4	2	8
Llave para tubería tipo Stilson	2	18	36
Llave francesa	2	17	34
Llave de cadena	2	40	80
Escobillas (escoba pequeña)	4	1.5	6
Turbidímetro de campo	2	100	200
PH-metro	2	150	300
Termómetros	4	25	100
Pala colador	2	40	80
Tomador de muestras	5	10	50
Imprevistos			26.05
Total			1,302.80

Tabla 44. Resumen de accesorios y herramientas para el año 2019

Costos de accesorios y herramientas para el año 2019			
Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Anual
Rastrillo	4	9	36
Pala cuadrada	2	7	14
Cubeta	6	4	24
Garra de extracción	2	12	24
Carretilla	2	47	94
Manguera	2	36	72
Cepillo metálico	4	5	20
Brochas	4	2.5	10
Pala curva	2	7	14
Escobas	4	2	8
Llave para tubería tipo Stilson	2	18	36
Llave francesa	2	17	34
Llave de cadena	2	40	80
Escobillas (escoba pequeña)	4	1.5	6
Turbidímetro de campo	2	100	200
PH-metro	2	150	300
Termómetros	4	25	100
Pala colador	2	40	80
Tomador de muestras	5	10	50
Imprevistos			26.57
Total			1,329.37

6.3.2. Insumos

Estos contemplan todos aquellos elementos que intervienen directa o indirectamente en el proceso de descontaminación de las aguas residuales, como también en la protección y fomento de buenas prácticas de salud y seguridad en los trabajadores de la planta.

Tabla 45. Resumen de Costos de insumos para el año 2015

Costos de insumos para el año 2015			
Descripción	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo Anual(\$)
Pintura anticorrosiva	Cubeta (6 gal)	22	132
Tablas	6	6	36
Cloro (granulado)	25 lb	4	100
Jabón desinfectante	24 botellas	10	240
Shampoo	12	6	72
Toallas	26	5	130
Detergente	100 lb	1.5	150
Papel higiénico	72	0.50	36
Clorhídrico	500 lb	2	1,000
Cloro nítrico	500 lb	2.5	1250
Cloro fosfórico	500 lb	3	1500
Cloro sulfúrico	500 lb	2	1000
Cal hidratada	1000 lb	0.05	50
Cal viva	1000 lb	0.10	100
Soda caustica	50 gal	5	250
Imprevistos			46.83
Total			2,342.83

Tabla 46. Resumen de Costos de insumos para el año 2016

Costos de insumos para el año 2016			
Descripción	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo Anual(\$)
Pintura anticorrosiva	Cubeta (6 gal)	22	132
Tablas	6	6	36
Cloro (granulado)	25 lb	4	100
Jabón desinfectante	24 botellas	10	240
Shampoo	12	6	72
Toallas	26	5	130
Detergente	100 lb	1.5	150
Papel higiénico	72	0.50	36
Clorhídrico	500 lb	2	1,000
Cloro nítrico	500 lb	2.5	1250
Cloro fosfórico	500 lb	3	1500
Cloro sulfúrico	500 lb	2	1000
Cal hidratada	1000 lb	0.05	50
Cal viva	1000 lb	0.10	100
Soda caustica	50 gal	5	250
Imprevistos			47.79
Total			2,390.62

Tabla 47. Resumen de Costos de insumos para el año 2017

Costos de insumos para el año 2017			
Descripción	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo Anual(\$)
Pintura anticorrosiva	Cubeta (6 gal)	22	132
Tablas	6	6	36
Cloro (granulado)	25 lb	4	100
Jabón desinfectante	24 botellas	10	240
Shampoo	12	6	72
Toallas	26	5	130
Detergente	100 lb	1.5	150
Papel higiénico	72	0.50	36
Clorhídrico	500 lb	2	1,000
Cloro nítrico	500 lb	2.5	1250
Cloro fosfórico	500 lb	3	1500
Cloro sulfúrico	500 lb	2	1000
Cal hidratada	1000 lb	0.05	50
Cal viva	1000 lb	0.10	100
Soda caustica	50 gal	5	250
Imprevistos			48.76
Total			2,439.38

Tabla 48. Resumen de Costos de insumos para el año 2018

Costos de insumos para el año 2018			
Descripción	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo Anual(\$)
Pintura anticorrosiva	Cubeta (6 gal)	22	132
Tablas	6	6	36
Cloro (granulado)	25 lb	4	100
Jabón desinfectante	24 botellas	10	240
Shampoo	12	6	72
Toallas	26	5	130
Detergente	100 lb	1.5	150
Papel higiénico	72	0.50	36
Clorhídrico	500 lb	2	1,000
Cloro nítrico	500 lb	2.5	1,250
Cloro fosfórico	500 lb	3	1,500
Cloro sulfúrico	500 lb	2	1,000
Descripción	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo Anual(\$)
Cal hidratada	1000 lb	0.05	50
Cal viva	1000 lb	0.10	100
Soda caustica	50 gal	5	250
			49.76
Total			2,489.14

Tabla 49. Resumen de Costos de insumos para el año 2019

Costos de insumos para el año 2019			
Descripción	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo Anual(\$)
Pintura anticorrosiva	Cubeta (6 gal)	22	132
Tablas	6	6	36
Cloro (granulado)	25 lb	4	100
Jabón desinfectante	24 botellas	10	240
Shampoo	12	6	72
Toallas	26	5	130
Detergente	100 lb	1.5	150
Papel higiénico	72	0.50	36
Clorhídrico	500 lb	2	1,000
Cloro nítrico	500 lb	2.5	1,250
Cloro fosfórico	500 lb	3	1,500
Cloro sulfúrico	500 lb	2	1,000
Cal hidratada	1000 lb	0.05	50
Cal viva	1000 lb	0.10	100
Soda caustica	50 gal	5	250
Imprevistos			50.78
Total			2,539.91

Costo de servicios varios (Agua, luz, teléfono, pruebas de laboratorio, actualización de registros, otros.)

Se enmarcan como tales aquellos que son necesarios para la protección, seguridad y otros que contribuyen al mejor cumplimiento de las especificaciones de los procedimientos, evitando la proliferación de accidentes y/o enfermedades profesionales, y que sin los cuales el funcionamiento de la planta presenta dificultades operativas.

Tabla 50. Resumen de costos varios anuales 2015-2019

Servicios	Costos anuales (\$)				
	2015	2016	2017	2018	2019
Agua potable	180	185	190	195	200
Luz eléctrica	840	860	880	900	920
Teléfono/Internet	420	430	440	450	460
Pruebas de laboratorio	1,411.20	1,440	1,470	1,500	1,530
Actualización de registros(papelería entre otros)	500	510	520	530	540
Total	3,351.20	3,425	3,500	3,575	3,650

6.3.3. Costos de salud y seguridad ocupacional.

Capacitaciones

En personal que labora para la planta de tratamiento de aguas residuales, debe poseer el conocimiento necesario para el cumplimiento de los procedimientos, el desarrollo de sus actividades tiene por ende que ser manera eficiente, higiénica y segura, en cuanto a resultados el proceso debe ser satisfactorio para las autoridades de salud, y de más ministerios y autónomas interesados en la protección del medio ambiente, es por ello que el hecho de la capacitación en cuanto a dos rubros netamente necesario para la realización de los mismos siendo los siguientes:

1. Salud, Seguridad e higiene ocupacional, teniendo se dos tipos de capacitación una en lo referente a equipo y protección personal en cuanto agentes biológicos perjudiciales para su salud, y en lo referente al estado de la planta creando una conciencia o cultura de seguridad dentro de la misma para evitar accidentes, que puedan darse debido imprudencia o el desconocimiento de la señalización de la planta u otros medios para informar al trabajador, con el hecho de informar acerca del estado de las

instalaciones herramientas e insumos, y en segundo lugar los primeros auxilios en el caso que se suscite un percance dentro de la planta.

2. Procedimientos y buenas prácticas, en esta sección se brinda una inducción al trabajador una explicación a detalle de cómo elaborar sus tareas, el uso de cada una de las herramientas, insumos y equipo de proyección personal, como también se hace el uso de la práctica para explicar peligros a evitar en el desarrollo de sus labores.

En ambos casos se tiene un presupuesto de capacitación que se no se excede de los \$1,500 dólares americanos, teniéndose la participación de ponentes expertos en los procedimientos, personal experto en higiene y seguridad ocupacional, como representantes del ministerio de salud y del ministerio de trabajo, cruz roja y bomberos de el salvador.

6.3.4. E.P.P.

En cuanto al equipamiento del personal en cada una de las actividades que se realicen en la planta, se cuenta con un equipo de protección personal (E.P.P) base para cada operario de la misma, con el fin de salvaguardar su integridad física y la de los que lo rodean.

Tabla 51. Resumen de costo de equipo de protección año 2015

Costos de equipo de protección personal para el año 2015			
NOMBRE	CANTIDAD	Costo unitario	Costo total
Botas	18	15	270
Guantes	18	2.90	52.20
Mascarillas con filtro	18	20.36	366.48
gafas protectoras	18	6.50	117
Gorra	18	5	90

Continúa en página siguiente...

...Viene de la página anterior.

NOMBRE	CANTIDAD	Costo unitario	Costo total
Pantalones impermeables	18	20	360
Camisa manga larga	18	15	270
Traje especial para limpieza de protección bacteriológico	3	90	270
imprevistos			36.63
Total			1832.31

Tabla 52. Resumen de costo de equipo de protección año 2016

costos de equipo de protección personal para el año 2016			
NOMBRE	CANTIDAD	Costo unitario	Costo total
Botas	18	15	270
Guantes	18	2.90	52.20
Mascarillas con filtro	18	20.36	366.48
gafas protectoras	18	6.50	117
Gorra	18	5	90
Pantalones impermeables	18	20	360
Camisa manga larga	18	15	270
Traje especial para limpieza de protección bacteriológico	3	90	270
Imprevistos			37.37
Total			1,869.70

Tabla 53. Resumen de costo de equipo de protección año 2017

Costos de equipo de protección personal para el año 2017			
NOMBRE	CANTIDAD	Costo unitario	Costo total
Botas	18	15	270
Guantes	18	2.90	52.20
Mascarillas con filtro	18	20.36	366.48
gafas protectoras	18	6.50	117
Gorra	18	5	90
Pantalones impermeables	18	20	360
Camisa manga larga	18	15	270
Traje especial para limpieza de protección bacteriológico	3	90	270
imprevistos			38.14
Total			1,907.84

Tabla 54. Resumen de costo de equipo de protección año 2018

Costos de equipo de protección personal para el año 2018			
NOMBRE	CANTIDAD	Costo unitario	Costo total
Botas	18	15	270
Guantes	18	2.90	52.20
Mascarillas con filtro	18	20.36	366.48
gafas protectoras	18	6.50	117
Gorra	18	5	90
Pantalones impermeables	18	20	360
Camisa manga larga	18	15	270
Traje especial para limpieza de protección bacteriológico	3	90	270
imprevistos			38.91
Total			1,946.75

Tabla 55. Resumen de costo de equipo de protección año 2019

Costos de equipo de protección personal para el año 2019			
NOMBRE	CANTIDAD	Costo unitario	Costo total
Botas	18	15	270
Guantes	18	2.90	52.20
Mascarillas con filtro	18	20.36	366.48
gafas protectoras	18	6.50	117
Gorra	18	5	90
Pantalones impermeables	18	20	360
Camisa manga larga	18	15	270
Traje especial para limpieza de protección bacteriológico	3	90	270
imprevistos			39.71
Total			1,986.46

Tabla 56. Resumen de Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2015

Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2015			
medicamento e insumo	cantidad	unitario (\$)	total (\$)
Guantes estériles.	4	0.6	2.4
Solución para lavar los ojos.	2	2	4
Lavaojos.	1	60	60

Continúa en la página siguiente...

...Viene de la página anterior.

Banditas.	30	0.1	3
Gasas de varios tamaños.	40	0.1	4
Cinta micro poro.	6	1	6
Compresas de varios tamaños.	15	0.8	12
Vendas elásticas de diferentes anchos.	15	1	15
Torundas con alcohol.	1 frasco	10	10
Agua oxigenada.	4	1.5	6
Jabón antibacterial.	4	2	8
Navaja estéril con un solo filo.	2	8	16
Jeringas desechables.	30	0.3	9
Sueros antialacrán, anticrotálico, antiviperino.	20	0.5	10
Vacuna contra tétanos.	10	4	40
Vitacilina o similar.	1	8	8
Aspirina o similar.	30	0.1	3
Benzal o similar.	1	19	19
Acetaminofén.	30	0.15	4.5
Antidiarreico.	30	0.25	7.5
Avapena.	2 cajas	22	44
Drama mine.	1 frasco	12.65	12.65
Furacine.	2 tubos	15	30
Picrato.	2 tarros	16	32
Merthiolate.	2	3.5	7
imprevistos			7.61
Total			380.66

Tabla 57. Resumen de Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2016

Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2016			
medicamento e insumo	cantidad	unitario (\$)	total (\$)
Guantes estériles.	4	0.6	2.4
Solución para lavar los ojos.	2	2	4
Lavaojos.	1	60	60
Banditas.	30	0.1	3
Gasas de varios tamaños.	40	0.1	4
Cinta micro poro.	6	1	6
Compresas de varios tamaños.	15	0.8	12
Vendas elásticas de diferentes anchos.	15	1	15
Torundas con alcohol.	1 frasco	10	10
Agua oxigenada.	4	1.5	6
Jabón antibacterial.	4	2	8
Navaja estéril con un solo filo.	2	8	16
Jeringas desechables.	30	0.3	9
Sueros antialacrán, anticrotático, antiviperino.	20	0.5	10
Vacuna contra tétanos.	10	4	40
Vitacilina o similar.	1	8	8
Aspirina o similar.	30	0.1	3
Benzal o similar.	1	19	19
Acetaminofén.	30	0.15	4.5
Antidiarreico.	30	0.25	7.5
Avapena.	2 cajas	22	44
Drama mine.	1 frasco	12.65	12.65
Furacine.	2 tubos	15	30

Continúa en la página siguiente...

...Viene de la página anterior.

medicamento e insumo	cantidad	unitario (\$)	total (\$)
Picrato.	2 tarros	16	32
Merthiolate.	2	3.5	7
imprevistos			7.76
Total			388.42

Tabla 58. Resumen de Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2017

Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2017			
medicamento e insumo	cantidad	unitario (\$)	total (\$)
Guantes estériles.	4	0.6	2.4
Solución para lavar los ojos.	2	2	4
Lavaojos.	1	60	60
Banditas.	30	0.1	3
Gasas de varios tamaños.	40	0.1	4
Cinta micro poro.	6	1	6
Compresas de varios tamaños.	15	0.8	12
Vendas elásticas de diferentes anchos.	15	1	15
Torundas con alcohol.	1 frasco	10	10
Agua oxigenada.	4	1.5	6
Jabón antibacterial.	4	2	8
Navaja estéril con un solo filo.	2	8	16
Jeringas desechables.	30	0.3	9
Sueros antialacrán, anticrotálico, antiviperino.	20	0.5	10
Vacuna contra tétanos.	10	4	40

Continúa en la página siguiente...

...Viene de la página anterior

medicamento e insumo	cantidad	unitario (\$)	total (\$)
Vitacilina o similar.	1	8	8
Aspirina o similar.	30	0.1	3
Benzal o similar.	1	19	19
Acetaminofén.	30	0.15	4.5
Antidiarreico.	30	0.25	7.5
Avapena.	2 cajas	22	44
Drama mine.	1 frasco	12.65	12.65
Furacine.	2 tubos	15	30
Picrato.	2 tarros	16	32
Merthiolate.	2	3.5	7
imprevistos			7.92
Total			396.34

Tabla 59. Resumen de Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2018

Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2018			
medicamento e insumo	cantidad	unitario (\$)	total (\$)
Guantes estériles.	4	0.6	2.4
Solución para lavar los ojos.	2	2	4
Lavaojos.	1	60	60
Banditas.	30	0.1	3
Gasas de varios tamaños.	40	0.1	4
Cinta micro poro.	6	1	6
Compresas de varios tamaños.	15	0.8	12

Continúa en la página siguiente...

...Viene de la página anterior.

medicamento e insumo	cantidad	unitario (\$)	total (\$)
Vendas elásticas de diferentes anchos.	15	1	15
Torundas con alcohol.	1 frasco	10	10
Agua oxigenada.	4	1.5	6
Jabón antibacterial.	4	2	8
Navaja estéril con un solo filo.	2	8	16
Jeringas desechables.	30	0.3	9
Sueros antialacrán, anticrotálico, antiviperino.	20	0.5	10
Vacuna contra tétanos.	10	4	40
Vitacilina o similar.	1	8	8
Aspirina o similar.	30	0.1	3
Benzal o similar.	1	19	19
Acetaminofén.	30	0.15	4.5
Antidiarreico.	30	0.25	7.5
Avapena.	2 cajas	22	44
Drama mine.	1 frasco	12.65	12.65
Furacine.	2 tubos	15	30
Picrato.	2 tarros	16	32
Merthiolate.	2	3.5	7
Imprevistos			8.08
Total			404.42

Tabla 60. Resumen de Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2019

Costos en insumos para el cuidado de la salud para el año 2019			
medicamento e insumo	cantidad	unitario (\$)	total (\$)
Guantes estériles.	4	0.6	2.4
Solución para lavar los ojos.	2	2	4
Lavaojos.	1	60	60
Banditas.	30	0.1	3
Gasas de varios tamaños.	40	0.1	4
Cinta micro poro.	6	1	6
Compresas de varios tamaños.	15	0.8	12
Vendas elásticas de diferentes anchos.	15	1	15
Torundas con alcohol.	1 frasco	10	10
Agua oxigenada.	4	1.5	6
Jabón antibacterial.	4	2	8
Navaja estéril con un solo filo.	2	8	16
Jeringas desechables.	30	0.3	9
Sueros antialacrán, anticrotálico, antiviperino.	20	0.5	10
Vacuna contra tétanos.	10	4	40
Vitacilina o similar.	1	8	8
Aspirina o similar.	30	0.1	3
Benzal o similar.	1	19	19
Acetaminofén.	30	0.15	4.5
Antidiarreico.	30	0.25	7.5

Continúa en la página siguiente...

...Viene de la página anterior.

medicamento e insumo	cantidad	unitario (\$)	total (\$)
Avapena.	2 cajas	22	44
Drama mine.	1 frasco	12.65	12.65
Furacine.	2 tubos	15	30
Picrato.	2 tarros	16	32
Merthiolate.	2	3.5	7
Imprevistos			8.25
Total			412.67

6.4. Costos de financieros.

El financiamiento que el banco proveerá es de \$250,000 con una tasa de interés del 12% anual por lo tanto la anualidad que se deberá pagar es de \$69,352.43.

Tabla 61. Costos totales.

Resumen de los costos operativos y de mantenimiento					
Descripción	2015(\$)	2016(\$)	2017(\$)	2018(\$)	2019(\$)
Costo de Pago de planilla de empleados	14,580.00	14,580.00	14,580.00	14,580.00	14,580.00
Costo de accesorios y herramientas	1,226.52	1,251.24	1,276.76	1,302.80	1,329.37
Costo de insumos	2,342.83	2,390.62	2,439.38	2,489.14	2,539.91
Costo por servicios varios	3,351.20	3,425.00	3,500.00	3,575.00	3,650.00
Costo de capacitaciones al personal	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
Costo de equipo de protección personal	1,832.31	1,869.70	1,907.84	1,946.75	1,986.46
Costo de insumos para el cuidado de la salud	380.66	388.42	396.34	404.42	412.67
Costos financieros	69,352.43	69,352.43	69,352.43	69,352.43	69,352.43
Total	94,565.95	94,757.41	94,952.75	95,150.54	95,350.84

6.4.1. Ingresos

Según los datos obtenidos, tanto bibliográficamente, como los analizados mediante la consulta a las personas destinadas a tal fin se tienen las siguientes aseveraciones:

- ✓ El número de personas que conforman las familias son de 4 miembros siendo este del 39% de la población consultada, sin embargo en su boletín de proyección de la población municipal para el año 2005- 2050 de la DIGESTyC, nos muestra que de hecho las familias del municipio del refugio tienen esta particularidad, en cuanto a esto de los 7000 habitantes que se contemplan para el estudio de mercado son solamente 1400 familias distribuidas como se menciona en el estudio de mercado.
- ✓ Otro de los hechos que cabe mencionar es que la disponibilidad de pago de las personas da como promedio de \$3 dólares americanos, con lo cual se puede establecer que siendo las familias del municipio de un aproximado de 2250, se puede establecer la cantidad a recaudar por la comuna, la cual asciende a \$6,750 mensuales y un total anual de \$ 81,000 dólares americanos, que sirven para la manutención de la planta y otras obras de desarrollo.

Tabla 62. Resumen de ingresos por año 2015-2019

Año	Ingreso total
2015	\$ 81,000
2016	\$ 81,000
2017	\$ 81,000
2018	\$ 81,000
2019	\$ 81,000

6.4.2. Flujos Netos de Efectivo

Tabla 63. Resumen de flujo netos de efectivo

	2015	2016	2017	2018	2019
+ Ingresos	81,000	81,000	81,000	81,000	81,000
- Costos	94,565.95	94,757.41	94,952.75	95,150.54	95,350.84
+ Depreciación	33,892.2	33,892.2	33,892.2	33,892.2	33,892.2
= FNE	20,326.25	20,143.79	19,939.45	19,741.66	19,541.36

CAPÍTULO VII EVALUACIÓN FINANCIERA.

7.1. Evaluación Económica.

El presente capítulo muestra el análisis financiero realizado con el fin de determinar la rentabilidad de la inversión en la planta de tratamiento de aguas residuales que se pretenden llevar a cabo en un periodo de 5 años a partir del año 2015. Los métodos de análisis utilizados en esta factibilidad son la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual neto (VPN), la relación Beneficio/Costo (B/C), y el Tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI), todos estos métodos fueron utilizados para el análisis financiero del proyecto. Finalmente se presentan las conclusiones de cada método para que la comuna de Villa El Refugio pueda decidir sobre la rentabilidad de la inversión y de un buen empleo del capital para poder iniciar las gestiones y poner en marcha el proyecto.

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Realizar la evaluación económica para determinar la rentabilidad de la planta de tratamiento de aguas residuales, para un horizonte proyectado de estudio de 5 años.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Evaluar por medio de la metodología del Valor Presente Neto (VPN) la rentabilidad de la construcción de una Planta de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Encontrar la Tasa de Interés de Retorno (TIR) y compararla con la tasa mínima aceptable propuesta (TMAR).
- ✓ Aplicar la relación Beneficio Costo (B/C) determinando la ganancia que se obtiene por cada dólar invertido.
- ✓ Determinar el tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI).

Como Resultado del análisis financiero, se puede obtener la cantidad que se deberá prestar al Banco la suma de \$250,000.00 con una tasa de interés de 12% para plazos mayores de 1 año. La cual deberá cancelarse en un plazo de 5 años, además la comuna de Villa El Refugio espera una tasa del 13% de interés.

Se procede a calcular la TMAR simple tanto para la comuna para incluir en esta los efectos de la inflación. La tasa del banco ya incluye inflación por lo tanto se procede a calcular la TMAR mixta para hacer los cálculos posteriores, además se calculó la inflación promedio en un valor de 2.04%.

$$TMAR_{simple} = i + f + if$$

$$TMAR_{simple\ comuna} = 0.13 + 0.0204 + 0.13 * 0.0204$$

$$TMAR_{simple\ comuna} = 0.1530 = 15.30\%$$

$$TMAR_{simple\ banco} = 0.12$$

$$TMAR_{simple\ banco} = 0.12 = 12.00\%$$

$$TMAR_{mixta} = (\text{aporte de la comuna})(TMAR_{simple\ comuna}) + (\text{aporte del banco})(TMAR_{simple\ banco})$$

$$TMAR_{mixta} = \left(\frac{\$408,271.68}{\$658,271.68}\right)(0.1530) + \left(\frac{\$250,000}{\$658,271.68}\right)(0.12)$$

$$TMAR_{mixta} = 0.1405$$

$$TMAR_{mixta} = 14.05\%$$

Tabla 64. Evaluación del valor presente neto.

Año	Inversión	Ingresos	Egresos	FNE	Valor Actual
2015	408,271.68	114,892.2	94,565.95	20,326.25	17,822.22
2016		114,892.2	94,757.41	20,143.79	15,486.40
2017		114,892.2	94,952.75	19,939.45	13,440.86
2018		114,892.2	95,150.54	19,741.66	11668.16
2019		114,892.2	95,350.84	19,541.36+VS	262,672.92
VPN					-87,181.09

VS= Valor de Salvamento al final del horizonte de planeación (5años) estimado en \$487,323.00

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{(FNE_5) + (VS)}{(1+i)^5}$$

$$VPN = -408,271.68 + \frac{20,326.25}{(1+0.1405)^1} + \frac{20,143.79}{(1+0.1405)^2} + \frac{19,939.45}{(1+0.1405)^3} + \frac{19,741.66}{(1+0.1405)^4} + \frac{(19,541.36) + (487,323)}{(1+0.1405)^5}$$

$$VPN == -87,181.09$$

Tabla 65. Evaluación de La TIR

Año	Inversión	Ingresos	Egresos	FNE
2015	408,271.68	114,892.2	94,565.95	20,326.25
2016		114,892.2	94,757.41	20,143.79
2017		114,892.2	94,952.75	19,939.45
2018		114,892.2	95,150.54	19,741.66
2019		114,892.2	95,350.84	19,541.36

$$TIR = 0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{(FNE_5) + (VS)}{(1+i)^5}$$

$$0 = -408,271.68 + \frac{20,326.25}{(1+i)^1} + \frac{20,143.79}{(1+i)^2} + \frac{19,939.45}{(1+i)^3} + \frac{19,741.66}{(1+i)^4} + \frac{(19,541.36) + (487,323)}{(1+i)^5}$$

TIR=8.18%

Tabla 66. Evaluación relación beneficio costo

AÑO			INVERSION	INGRESOS	EGRESOS	VALOR ACTUAL INGRESOS	VALOR ACTUAL EGRESOS
2015			658,271.68	114,892.2	94,565.95	100,738.44	82,916.22
2016				114,892.2	94,757.41	88,328.31	72,848.83
2017				114,892.2	94,952.75	77,447.01	64,006.14
2018				114,892.2	95,150.54	67906.19	56,238.02
2019				114,892.2	95,350.84	59,540.72	49,413.77
		Totales				393,960.67	325,422.98+658,271.68

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{V_i}{(1+i)^n}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+i)^n}}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{393,960.67}{983,694.66}$$

$$\frac{B}{C} = 0.40$$

Tabla 67. Evaluación del tiempo de recuperación de la inversión

AÑO	INVERSION	INGRESOS	EGRESOS	VALOR ACTUAL INGRESOS	VALOR ACTUAL EGRESOS
2015	658,271.68	114,892.2	94,565.95	100,738.44	82,916.22
2016		114,892.2	94,757.41	88,328.31	72,848.83
2017		114,892.2	94,952.75	77,447.01	64,006.14
2018		114,892.2	95,150.54	67906.19	56,238.02
2019		114,892.2	95,350.84	59,540.72	49,413.77
Totales				393,960.67	325,422.98

$$TRI = \frac{213n\text{versión total}}{\frac{\text{ingresos} - \text{egresos}}{n}}$$

$$TRI = \frac{658,271.68}{\frac{68,537.69}{5}}$$

TRI=48.02 años

7.2. Evaluación económica escenario sin financiamiento

Al analizar este nuevo escenario se necesita actualizar una serie de datos con el propósito de conocer la variación de estos indicadores de rentabilidad bajo las nuevas condiciones.

Inversión inicial se mantiene fija en \$658,271.68 debido a que no se ve afectada, los costos totales han sufrido una considerable disminución debido a que ya no se incluye en estos el costo de financiamiento.

Tabla 68. Resumen de costos sin financiamiento

Resumen de los costos operativos y de mantenimiento sin costos de financiamiento					
	2015(\$)	2016(\$)	2017(\$)	2018(\$)	2019(\$)
Total	25,213.52	25,404.98	25,600.32	25,798.11	25,998.41

Con esta nueva información se procede calcular los nuevos flujos netos de efectivo de la siguiente forma.

Tabla 69. Resumen de flujos netos de efectivo

	2015	2016	2017	2018	2019
+ Ingresos+Depreciacion	114,892.2	114,892.2	114,892.2	114,892.2	114,892.2
- Costos	25,213.52	25,404.98	25,600.32	25,798.11	25,998.41
= FNE	89,678.68	89,487.22	89,291.88	89,094.09	88,893.79

Como Resultado del análisis financiero la comuna de Villa El Refugio espera una tasa del 13% de interés de su inversión total de.

Se procede a calcular la TMAR simple para la comuna para incluir en esta los efectos de la inflación, además se calculó la inflación promedio en un valor de 2.04%.

$$\text{TMAR}_{\text{simple}} = i + f + if$$

$$\text{TMAR}_{\text{simple comuna}} = 0.13 + 0.0204 + 0.13 * 0.0204$$

$$\text{TMAR}_{\text{simple comuna}} = 0.1530 = 15.30\%$$

Tabla 70. Evaluación del valor presente neto.

Año	Inversión (\$)	Ingresos	Egresos	FNE	Valor Actual
2015	658,271.68	114,892.2	25,213.52	89,678.68	77,778.56
2016		114,892.2	25,404.98	89,487.22	67,313.53
2017		114,892.2	25,600.32	89,291.88	58,253.77
2018		114,892.2	25,798.11	89,094.09	50,411.73
2019		114,892.2	25,998.41	88,893.79+VS	282,773.93
VPN					-121,740.16

VS= Valor de Salvamento al final del horizonte de planeación (5años) estimado en \$487,323.00

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{(FNE_5) + (VS)}{(1+i)^5}$$

$$VPN = -658,271.68 + \frac{89,678.68}{(1+0.1530)^1} + \frac{89,487.22}{(1+0.1530)^2} + \frac{89,291.88}{(1+0.1530)^3} + \frac{89,094.09}{(1+0.1530)^4} + \frac{(88,893.79) + (487,323)}{(1+0.1530)^5}$$

$$VPN == -121,740.16$$

Tabla 71. Evaluación de la TIR

Año	Inversión	Ingresos	Egresos	FNE
2015	658,271.68	114,892.2	25,213.52	89,678.68
2016		114,892.2	25,404.98	89,487.22
2017		114,892.2	25,600.32	89,291.88
2018		114,892.2	25,798.11	89,094.09
2019		114,892.2	25,998.41	88,893.79+VS

$$TIR = 0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{(FNE_5) + (VS)}{(1+i)^5}$$

$$0 = -658,271.68 + \frac{89,678.68}{(1+i)^1} + \frac{89,487.22}{(1+i)^2} + \frac{89,291.88}{(1+i)^3} + \frac{89,094.09}{(1+i)^4} + \frac{(88,893.79) + (487,323)}{(1+i)^5}$$

$$TIR=9.25\%$$

Tabla 72. Evaluación relación beneficio costo

AÑO	INVERSION	INGRESOS	EGRESOS	VALOR ACTUAL INGRESOS	VALOR ACTUAL EGRESOS
2015	658,271.68	114,892.2	25,213.52	100,738.44	21867.75
2016		114,892.2	25,404.98	88,328.31	19,109.98
2017		114,892.2	25,600.32	77,447.01	16,701.57
2018		114,892.2	25,798.11	67906.19	14,597.23
2019		114,892.2	25,998.41	59,540.72	12,758.51
Totales				393,960.67	85,035.04+658,271.68

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{V_i}{(1+i)^n}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+i)^n}}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{393,960.67}{743,306}$$

$$\frac{B}{C} = 0.53$$

Tabla 73. Evaluación del tiempo de recuperación de la inversión

AÑO	INVERSION		INGRESOS	EGRESOS	VALOR ACTUAL INGRESOS	VALOR ACTUAL EGRESOS
2015	658,271.68		114,892.2	25,213.52	100,738.44	21867.75
2016			114,892.2	25,404.98	88,328.31	19,109.98
2017			114,892.2	25,600.32	77,447.01	16,701.57
2018			114,892.2	25,798.11	67906.19	14,597.23
2019			114,892.2	25,998.41	59,540.72	12,758.51
		Totales			393,960.67	85,035.04

$$TRI = \frac{\text{inversion total}}{\frac{\text{ingresos} - \text{egresos}}{n}}$$

$$TRI = \frac{658,271.68}{\frac{308925.63}{5}}$$

TRI=10.65 años

7.3. Evaluación financiera con financiamiento e ingresos variables.

Al analizar este nuevo escenario fue necesario actualizar una serie de datos con el propósito de conocer la variación de estos indicadores de rentabilidad bajo las nuevas condiciones.

Inversión inicial se mantiene fija en \$658,271.68 debido a que no se ve afectada, los costos totales se mantienen iguales que en el escenario con financiamiento descrito en el apartado 7.1 los ingresos han sufrido un considerable aumento debido a que se determinó el valor de la tasa de impuesto municipal para la cual el proyecto es factible financieramente; además se considera para este caso el efecto de la inflación en los ingresos para lo cual se usó el valor de la inflación promedio de 2.04% para los próximos 5 años.

Para conocer el ingreso estimado de deberá tomar el valor negativo del VPN para el escenario con financiamiento el cual equivale a \$87,181.09 y usarlo como un capital P y distribuirlo como anualidad con el uso de la TMARmixta calculada para el escenario con financiamiento de 14.05%. por medio de la siguiente ecuación:

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$A = \$25,424.94$$

Esta anualidad deberá dividirse entre los 12 meses y entre las 2250 viviendas que se incluyen en el proyecto a efecto de recaudar impuestos, con lo que se obtiene la tasa municipal de \$0.95 la cual sumada a los \$3 que se estimaron con anterioridad da como resultado un ingreso de \$3.95.

La cantidad a recaudar por la comuna se determina multiplicando la tasa obtenida por las 2250 viviendas la cual asciende a \$8,887.5 mensuales y un total anual de \$106,650.

A este valor se agrega el efecto inflacionario con lo cual se construye la siguiente tabla de ingresos anuales para los próximos 5 años.

Tabla 74. Resumen de ingresos anuales escenario con financiamiento y tasa municipal aumentada

Resumen de los ingresos					
	2015(\$)	2016(\$)	2017(\$)	2018(\$)	2019(\$)
Total	108,825.66	111,045.70	113,311.04	115,622.58	117,981.29

Tabla 75. Resumen de flujo netos de efectivo para escenario con financiamiento y tasa municipal amentada

	2015(\$)	2016(\$)	2017(\$)	2018(\$)	2019(\$)
+ Ingresos	108,825.66	111,045.70	113,311.04	115,622.58	117,981.29
- Costos	94,565.95	94,757.41	94,952.75	95,150.54	95,350.84
+ Depreciación	33,892.2	33,892.2	33,892.2	33,892.2	33,892.2
= FNE	48,151.91	50,180.49	52,250.49	54,364.24	56,522.65

Tabla 76. Evaluación del valor presente neto escenario con financiamiento y tasa municipal amentada.

Año	Inversión	Ingresos	Egresos	FNE	Valor Actual
2015	408,271.68	142,717.86	94,565.95	48,151.91	42,220.00
2016		144,937.90	94,757.41	50,180.49	38,578.41
2017		147,203.24	94,952.75	52,250.49	35,221.23
2018		149,514.78	95,150.54	54,364.24	32,131.58
2019		151,873.49	95,350.84	56,522.65+VS (543,845.65)	281,837.78
VPN					21,717.32

VS= Valor de Salvamento al final del horizonte de planeación (5años) estimado en \$487,323.00

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{(FNE_5) + (VS)}{(1+i)^5}$$

$$VPN = -408,271.68 + \frac{48,151.91}{(1+0.1405)^1} + \frac{50,180.49}{(1+0.1405)^2} + \frac{52,250.49}{(1+0.1405)^3} + \frac{54,364.24}{(1+0.1405)^4} + \frac{(56,522.65) + (487,323)}{(1+0.1405)^5}$$

VPN =21,71732

Tabla 77. Evaluación de la TIR escenario con financiamiento y tasa municipal amentada

Año	Inversión	Ingresos	Egresos	FNE
2015	408,271.68	142,717.86	94,565.95	48,151.91
2016		144,937.90	94,757.41	50,180.49
2017		147,203.24	94,952.75	52,250.49
2018		149,514.78	95,150.54	54,364.24
2019		151,873.49	95,350.84	56,522.65

$$TIR = 0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{(FNE_5) + (VS)}{(1+i)^5}$$

$$0 = -408,271.68 + \frac{48,151.91}{(1+i)^1} + \frac{50,180.49}{(1+i)^2} + \frac{52,250.49}{(1+i)^3} + \frac{54,364.24}{(1+i)^4} + \frac{(56,522.65) + (487,323)}{(1+i)^5}$$

TIR=15.51%

Tabla 78. Evaluación relación beneficio costo escenario con financiamiento y tasa municipal aumentada.

AÑO	INVERSION	INGRESOS	EGRESOS	VALOR ACTUAL INGRESOS	VALOR ACTUAL EGRESOS
2015	658,271.68	142,717.86	94,565.95	125,136.22	82,916.22
2016		144,937.90	94,757.41	111,427.24	72,848.83
2017		147,203.24	94,952.75	99,227.37	64,006.14
2018		149,514.78	95,150.54	88,369.62	56,238.02
2019		151,873.49	95,350.84	78,705.58	49,413.77
Totales				502,866.03	325,422.98+658,271.68

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{V_i}{(1+i)^n}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+i)^n}}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{502,866.03}{983,694.66}$$

$$\frac{B}{C} = 0.51$$

Tabla 79. Evaluación del tiempo de recuperación de la inversión

AÑO	INVERSION	INGRESOS	EGRESOS	VALOR ACTUAL INGRESOS	VALOR ACTUAL EGRESOS
2015	125,136.22	82,916.22	125,136.22	125,136.22	125,136.22
2016	111,427.24	72,848.83	111,427.24	111,427.24	111,427.24
2017	99,227.37	64,006.14	99,227.37	99,227.37	99,227.37
2018	88,369.62	56,238.02	88,369.62	88,369.62	88,369.62
2019	78,705.58	49,413.77	78,705.58	78,705.58	78,705.58
Totales				502,866.03	325,422.98

$$TRI = \frac{\text{inversión total}}{\frac{\text{ingresos} - \text{egresos}}{n}}$$

$$TRI = \frac{658,271.68}{\frac{502,866.03 - 325,422.98}{5}}$$

$$TRI=18.54$$

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES

8. Conclusiones

En base a datos los recolectados por diferentes estudios que se realizaron y los bibliográficos que se obtuvieron luego de una fase exploratoria de los mismos, se tiene las interpretaciones de cada uno de ellos, sabiendo que al final concretaran la decisión final con respecto a la pregunta o enfoque de estudio que es las factibilidad técnica y socioeconómica de la construcción de una planta de tratamiento en el municipio de Villa el Refugio, con respecto a esto se mostraran la conclusiones individuales de cada uno de los estudios para conformar una respuesta más congruente y con bases en los estudios realizados:

8.1. Estudio de mercado (aceptación y sensibilidad de la población)

Para poder responder a una interrogante, que se tiene en el estudio general, la cual habla sobre la aceptación de las personas del municipio a la instalación y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales, para lo cual el mismo estudio de mercado se ha establecido en base a esta variable de estudio, lo objetivos del mismos e hipótesis con lo que al caso respecta, en cuanto a conocimiento sobre estas obras, si se están realizando en la comunidad y que disposición de colaboración a dichos proyectos se tiene; para ello se tiene los siguientes apartados:

- ✓ La aceptación de las personas hacia el proyecto de construcción y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales, ha sido un arrasador si, teniéndose en la estadísticas un 100% de aprobación a dicha noción, con el cual la población ha considerado necesario tanto para el progreso del municipio como para la protección del medio ambiente y de su salud, sin embargo la disponibilidad de colaboración se reduce pero es siempre un nivel aceptable en el cual puede decirse el proyecto es apoyado por la comunidad, es el caso del valor de 67% que está dispuesto a colaborar con sus impuestos, el otro hecho es que tanto para las personas a las que el beneficio sea mayor, al momento de contar con dichos proyectos, las 1,400 familias que se tiene en la delimitación, sobre la población total del municipio, con las cuales de conforma la cantidad de 7,000 personas, también se determina que el 69% son del sector femenino y que por ende son las encargas del abastecimiento del agua y del desecho de la misma mediante sus

labores diarias y son ellas las que tienen un mayor conocimiento del estado del recurso hídrico que actualmente se consume y que se tiene una proporción del 98% de familias abastecidas por ANDA.

- ✓ En conocimiento acerca de proyectos de tratamiento de aguas residuales, alcantarillado sanitario y recolección de aguas lluvias, se tiene en un 37% con el cual el 63 % de población restante, desconoce acerca de ellos, puesto que se maneja la idea como investigador que las personas no apoyan algo sobre lo cual desconozcan, es así como el 100% de las personas opinan que debe de instalarse y operacionalizarse la planta de tratamiento, dando un revés a dichas ideas o hipótesis, a esto le acompañamos que las personas consideran necesario la protección del recurso hídrico y del medio ambiente en general brindando también un 100% en las estadísticas, sin embargo la comuna no tiene proyectos de protección lo cual se presenta y en base a lo investigado y exteriorizado por los habitantes, es que solamente un 4% tiene conocimiento o ha escuchado de rumores al respecto y el 96% no sabe de dichas iniciativas.

- ✓ En cuanto a la calidad y suministro del servicio de agua potable en el municipio, es una de las repuestas más interesantes, pues que el 98% de la población, cuenta con un servicio de agua potable estable, siendo el mismo considerado como un servicio bueno en un 74%, y regular en un 20%, con lo cual podemos mencionar que el agua que se sirve en el municipio, ronda los 1, 957,200 m³ al año, sin embargo las formas actuales de recolección, hacen que este tipo de desechos no llegue en su totalidad a la planta de tratamiento y el pago por las personas ronda de \$6 a \$12 dólares americanos por mes en concepto de pago de agua potable servida, y según los habitantes ellos encuentran en la capacidad de poder pagar por el beneficio del alcantarillado y planta de tratamiento un valor de \$3.00 dólares americanos mensualmente en concepto de impuesto para que estas obras de desarrollo se lleven a cabo, y con el paso del tiempo tanto el caudal como el coste por llevar a cabo este proyecto de protección del medio ambiente, tendrán que aumentar, así como las capacidades de la planta de tratamiento.

8.2. Estudio técnico de la planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de villa de El refugio.

El estudio de técnico permitió la evaluación del mismo en los aspectos siguientes:

- ✓ Diseño de obra civil: se tiene que el diseño de la planta es de última generación en lo referente al medio, puesto que si bien no se compara con lo que mundialmente se tiene para la realización de la misma tarea, en el país solo existen con la obras similares a la que se propone, y la construcción de las obras antes mencionadas, están en los municipios de Juayua y Apaneca, han sido elaboradas en los últimos 8 años con lo que data que este diseño es innovador y funcional, en cuanto a estas innovaciones, una de las que hacen eficiente a este diseño de planta de tratamiento, es el de contar con un filtro percolador que utiliza escoria volcánica para la eliminación de las bacterias y partículas que estén presentes en el afluente transcurrido el tratamiento primario, y es por ende que el oxígeno que está en el material permite que la zooglea del agua sea absorbida por el material de manera más rápida, en cuanto a las demás partes del diseño se tiene el uso de la gravedad y los desniveles del terreno para eliminar costos de bombeo y los derivados de usos maquinaria.

- ✓ Distribución de la planta: como también como una ventaja dada por el diseño y la utilización del terreno permitió crear procedimientos de operación y de mantenimiento menos costosos, simples y más eficientes para cada parte del proceso, en lo consiguiente el hecho de contar con procesos más simples, se tendrá la instrumentalización (herramientas y maquinarias) más adecuada, en cuanto a procedimientos también se tiene un control de la seguridad e higiene de la planta en para la protección para sus trabajadores, en este sentido el saber la ventajas y las desventajas de la distribución y eso permite crear los mecanismos necesario de protección y erradicar los posibles accidentes que en ella puedan darse.

La obra tiene un costo que es menor a las plantas construidas, su costo de instalación y operación ascienden a los \$ 658,271.68, teniéndose en encuesta que la obra es gran ayuda para la comunidad del municipio, y la proyección del medio ambiente atraes de ella.

8.3. Estudio de factibilidad económica y financiera

- ✓ Al realizar la evaluación económica para el escenario con financiamiento se obtuvo un resultado de VAN negativo -87,181.09 lo cual representa una pérdida significativa; Se obtuvo una Tasa de Interna de Retorno (TIR) de 8.18% muy por debajo de la TMAR mixta calculada de 14.05% lo cual indica un rendimiento menor de la inversión en 5.87%; la razón Beneficio Costo obtenida (B/C) es de 0.4 lo cual indica una pérdida significativa de 0.60 por cada dólar invertido, y por último el Tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI) es de 48.02 años obtenido debido bajo las condiciones anteriores, lo cual excede la duración del horizonte de planeación de 5 años y de la vida útil del mismo que es de 20 años , Por lo tanto haciendo uso de los resultados obtenidos de la aplicación de estos métodos de Evaluación Financiera se concluye que el Proyecto de construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Villa El Refugio no es viable desde el punto de vista financiero-económico debido a que su rentabilidad en el lapso del tiempo es muy por debajo de lo esperado .

- ✓ Según la evaluación financiera para el escenario sin financiamiento se obtuvo un resultado de VAN negativo -121,740.16 lo cual representa una pérdida significativa; Se obtuvo una Tasa de Interna de Retorno (TIR) de 9.25% muy por debajo de la TMAR mixta calculada de 15.30% lo cual indica un rendimiento menor de la inversión en 6.05%; la razón Beneficio Costo obtenida (B/C) es de 0.53 lo cual indica una pérdida significativa de 0.47 por cada dólar invertido, y por último el Tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI) es de 10.65 años obtenido debido bajo las condiciones anteriores, lo cual excede la duración del horizonte de planeación de 5 años pero no así el de la vida útil del proyecto que es de 20 años, por lo tanto haciendo uso de los resultados obtenidos de la aplicación de estos métodos de Evaluación Financiera se concluye que el Proyecto de construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Villa El Refugio no es viable desde el punto de vista financiero-económico debido a que su rentabilidad en el lapso del tiempo es muy por debajo de lo esperado.

- ✓ El costo de no operación de la planta, es elevado. La anterior afirmación tiene su respaldo en el enfoque nacional que se muestra en este documento, en el cual data

que el municipio de Villa El Refugio es uno de los mayores afectados por el impacto de las enfermedades vectoriales, las cuales son suscitadas en buena proporción por el mal manejo del agua desechada. Anudado a esto el nivel de contaminación de las aguas no potables se aproxima a más del 70%. Todo lo anterior genera un impacto negativo en la economía tanto de los habitantes del municipio, como para la comuna como tal, debido a que tienen que incurrir en gastos atención hospitalaria, así como también el costo de oportunidad, debido a que el no operar la planta mantiene atado al municipio en el subdesarrollo, ya que la mayoría de las industrias manufactureras, proyectos habitacionales y el turismo como tal necesitan como requisitos para inversión proyectos de esta índole. Lo anterior representa un costo de oportunidad estimado en más de un millón de dólares, por lo tanto a pesar que desde el punto de vista económico-financiero no es factible la construcción de la planta el costos de oportunidad así como el beneficio social que se obtiene con la construcción de la planta hacen que se determine como factible la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Villa el Refugio.

- ✓ Para el escenario de una evaluación económica con financiamiento y el aumento de la tasa municipal, y por ende los ingresos, se obtuvo un resultado de VAN positivo de **21,71732** lo cual representa una poco significativa; Se obtuvo una Tasa de Interna de Retorno (TIR) de **15.51%** por encima de la TMAR mixta calculada de **14.05%** lo cual indica un rendimiento mayor de la inversión en **1.46%**; la razón Beneficio Costo obtenida (B/C) es de 0.51 lo cual indica una pérdida significativa de **0.49** por cada dólar invertido, y por último el Tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI) es de **18.54** años obtenido debido bajo las condiciones anteriores, lo cual excede la duración del horizonte de planeación de 5 años pero **no** así de la vida útil del mismo que es de 20 años , Por lo tanto haciendo uso de los resultados obtenidos de la aplicación de estos métodos de Evaluación Financiera se concluye que el Proyecto de construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Villa El Refugio es viable desde el punto de vista financiero-económico debido a que su rentabilidad en el lapso del tiempo es aceptable debido a que los indicadores de Beneficio Costo y

tiempo de recuperación de la inversión tienen menor peso que el valor presente neto y la tasa interna de retorno.

RECOMENDACIONES

- ✓ En cuanto al acercamiento de la comuna hacia la población en general que reside en el municipio de villa EL Refugio se recomienda el hecho de generar espacios con las asociaciones de desarrollo comunal de cada colonia o cantón (directivas de los mismos), generando cabildos abiertos para las mismas, e informándoles de próximos proyectos de desarrollo y protección al medio ambiente, por medio de spot publicitarios ya sea en radios locales, como por anunciadoras móviles, como también un espacio para las comunidades puedan informar sus problemáticas, que la municipalidad en conjunto con los habitantes le den la mejor solución a los problemas.

- ✓ El estudio realizado, da como recomendación, la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio anudado a un buen sistema de recolección de aguas residuales y pluviales, traería buenos réditos a las arcas de la comuna y el beneficio social de la obra es mayor, en cuanto a esto se deberá hacer las gestiones necesarias para llevar a cabo estas obras que serán no solo de utilidad para la comuna, sino a sus habitantes y se insta a que se realicen los proyectos de protección del medio ambiente.

- ✓ En el hecho de una evaluación financiera con financiamiento y con tasas variables de recolección de impuesto por la construcción y operación de la planta de tratamiento, da como resultado, que con un aumento de 0.95 centavos por cargo a impuestos para la misma se podría alcanzar la factibilidad financiera del proyecto recuperándose su inversión antes de la finalización de su vida útil, y teniéndose en cuenta el valor social y económico, que este representa para la comunidad

Bibliografía

Banco Mundial (2004). World Development Indicators. Washington., boletín 205-2005 situación hídrica.

CAPRA, G (1998). Ingeniería Sanitaria, Alcantarillado Sanitario Y Pluvial. La Paz Bolivia: Imprenta de La Universidad Mayor de San Andrés..

como referencia pero Tomado del decreto n° 2 de la comuna de Nejapa municipio de San Salvador, Reformas: (1) D.M. N° 3, del 9 de Noviembre del 2005, Publicado en el D.O. N° 214, Tomo 369 del 17 de noviembre del 2005.

definiciones que serán colocadas a disposición por el lector en el glosario general, por lo que solo se darán una por motivos de ejemplificar, siempre tomados del decreto n° 2 detalladas de las referencias anteriores..

Depuración de aguas residuales. Hernández Muñoz, A. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid. 1992. .

dichas normativas pueden verse en Normas según ACTA No. 1705 PUNTO VIGÉSIMO del 9 de Octubre de 1997. Bajo el tema normas técnicas para el abastecimiento de agua potable y alcantarillados de aguas negras. .

Fuente: El apartado de importancia económica del agua, véase 235-2005 estado hídrico de El Salvador..

<http://www.anda.gob.sv/>. (s.f.).

Introducción a la Ingeniería Química. Guillermo Calleja Pardo (ed.), Francisco García Herruzo, Antonio de Lucas Martínez, Daniel Prats Rico, José M. Rodríguez Maroto. Editorial Síntesis. Madrid. (1999)..

J. Glynn Henry, Gary Heinke; Ingeniería Ambiental; Editorial Pearson Prentice Hall; 1999..

Lineamientos sobre el Manejo de Aguas Residuales Municipales. UNEP/GPA Oficina de Coordinación, La Haya, Países Bajos (2004)..

López-Alvarenga JC, Reding-Bernal A. Cálculo del tamaño de la muestra: enfoque práctico de sus elementos necesarios.

Los desechos orgánicos provienen de las basuras de los hogares, aguas mieles de los beneficios de café, aguas negras, aserraderos, lecherías, entre otros. Estos desechos tienen la característica de descomponerse. En el agua son descompuestos por microorga.

Los reservorios de agua subterránea o acuíferos están constituidos por una zona de recarga, el depósito de agua subterránea y la zona de descarga (llamados nacimientos, manantiales u ojos de agua.

METCALF & EDDY (1995), Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento. Vertido y reutilización. Tercera edición Volumen I y II, Madrid. España.

Metcalf et al..

Metcalf y Eddy , Ingeniería de aguas residuales, tratamiento vertido y reutilización, Tomo 1, Editorial Mc Graw Hill (1996)..

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2002). Informe Nacional del Medio Ambiente GEO 2002. MARN. PNUMA..

OPS-OMS (2000). Evaluación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento 2000 en las Américas. El Salvador. Informe analítico. En línea: <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/eva2000/salvador/informe.html>.

Para apreciación el compromiso de control por parte del estado puede verse, Diario oficial tomo 356, página 8, decreto N°3 del 27 de agosto del 2002, legislación municipal sobre el manejo de plantas de aguas residuales..

Para una mayor comprensión del tema véase boletín estadístico de ANDA año 2010.

Puede verse también la ley de medio ambiente ya que el decreto N° 39 es corrección a dicha ley contenida en el diario oficial tomo 383 pág. 89 con fecha 29 de mayo de 2009..

Sampieri, R. H. (Cuarta Edición). Metodología de la investigación. *McGraw Hill*, 4 - 5.

Sampieri, R. H. (Quinta Edición). Metodología de la investigación. *McGraw Hill*, 5-7.

Sampieri, R. H. (Quinta Edición). Metodología de la investigación. *McGraw Hill*, 70 - 84.

Se tiene como referencia el Anteproyecto de Ley General de Aguas presentada a la Asamblea Legislativa el 22 de Marzo de 2012 a iniciativa del Presidente de la República a través del Ministro de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Se verá con mayor detalle en el apartado de Reglamento sobre calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección de contaminación de este mismo documento.

Tille 2006.

Tipos de investigación. (s.f.). Recuperado el 08 de Junio de 2014, de <http://www.tiposdeinvestigacion.com/tipos-de-investigacion-segun-el-objeto-de-estudio/>

Tomado de la página oficial de DIGESTyC para el año 2013.

Tomado del decreto n° 2 de la comuna de Nejapa municipio de San Salvador, Reformas: (1) D.M. N° 3, del 9 de Noviembre del 2005, Publicado en el D.O. N° 214, Tomo 369 del 17 de noviembre del 2005.

Véase apartado sobre marco legal e institucional en el capítulo I marco teórico .

Véase Consulta de Contrataciones y Adquisiciones del ANDA en su página oficial para el año 2014 .

Véase documento de prisma “desarrollo salvadoreño de investigación sobre desarrollo y medio ambiente N° 38 año 1999 .

Véase el diario de hoy con fecha 9 de abril de 2013.

Véase el documento de PRISMA edición número 38 del año 1999.

Véase el inventario de la situación actual de aguas residuales en el salvador año 2003.

Véase el reglamento especial de normas técnicas de calidad ambiental, en el apartado del capítulo I marco teórico..

Véase Miranda (2003). Reformas económicas, medio ambiente y urbanismo, comisión C.A y el caribe PNUD. México.

Véase presentación de la estrategia nacional de medio ambiente en el siguiente enlace [/www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv) .

Véase presentación de ley de medio ambiente en el siguiente enlace [/www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv) .

Véase presentación de la ley general del agua en siguiente enlace [/www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv) opción recurso hídrico.

Véase también el apartado 21 y 25 de las normas técnicas de abastecimiento de aguas potable y alcantarillado y aguas negras, el salvador año 1998.

Véase también los artículos de la sección diez, del decreto N° 955 girado por la asamblea legislativa en el año 1988.

Véase también tomo 205-2005 situación del recurso hídrico en El Salvador.

Glosario técnico

Aguas pluviales: son el producto de la precipitación, las aguas fluviales y que forman una corriente superficial.

Aguas Residuales: Es el agua resultante de cualquier uso, proceso u operaciones de tipo agropecuario, doméstico, comercial e industrial.

Aguas Residuales de tipo Ordinario: Es el agua de origen doméstico o aguas negras, Producto del uso humano.

Aguas Residuales de tipo Especial: Es el agua producto de procesos agropecuarios, químicos, minerales, orgánicos, comerciales e industriales.

Aceites y Grasas: sustancia química no miscible en el agua pero soluble en solventes designados en los métodos de análisis de aceites y grasas.

Contaminación: Es la alteración de la calidad física, química, biológica y radiactiva del agua.

Descarga: Es todo tipo de aguas residuales que se vierten o disponen en el alcantarillado sanitario.

Dilución: Es el acción de disminuir la concentración de soluto presente en una solución, aumentando la cantidad de disolvente.

Límite Máximo Permisible: Son los valores y rangos de los parámetros establecidos en las Normas, los cuales no deben ser excedidos por el responsable de la descarga de aguas residuales.

Muestra simple: es aquella tomada en forma inmediata, de tal forma que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario.

Muestra compuesta: son dos o más muestras simples que han sido mezcladas en proporciones conocidas y apropiadas para obtener un resultado promedio representativo de sus características. Las proporciones se basan en mediciones de tiempo y caudal.

Parámetro: Es aquella característica que es sometida a medición.

Sistemas de Alcantarillado Sanitario: Conjunto o sistema de obras, instalaciones y servicios que tienen por objeto la evacuación y disposición final de las aguas residuales; tal conjunto o sistema comprende: las alcantarillas sanitarias con sus pozos de visita; los colectores maestros, de descarga y los sistemas de tratamiento.

Sólidos Sedimentables: Materia presente en el agua que se deposita por acción de la gravedad, en un tiempo máximo de dos horas.

Sólidos Suspendidos o en Suspensión: Fracción de sólidos que no sedimentan en un tiempo de dos horas.

Tratamiento: Es el proceso o serie de procesos a los que se someten las aguas residuales, con el objeto de disminuir o eliminar características perjudiciales de los contaminantes a la infraestructura de alcantarillado y a los procesos biológicos a los que se sometan, a fin de cumplir con las normas técnicas de calidad ambiental vigentes.

Vertido: Sinónimo de descarga.

ANEXOS

Microlocalización de la planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de villa el refugio

Imágenes del lugar donde se construirá una planta de tratamiento de aguas residuales.

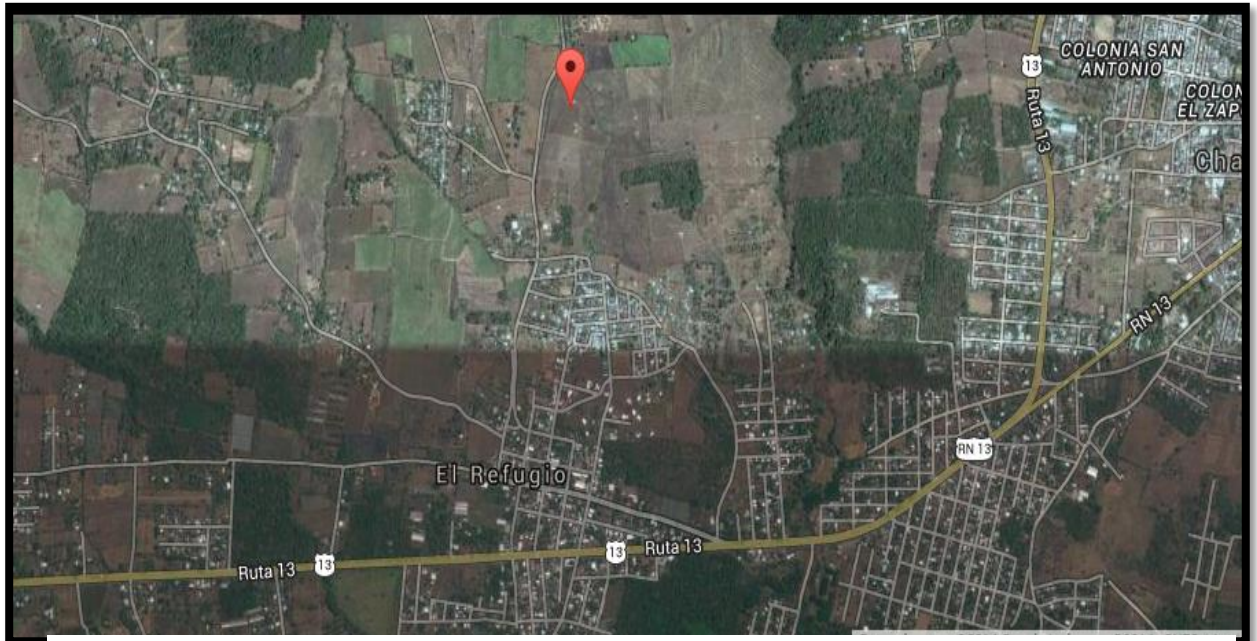
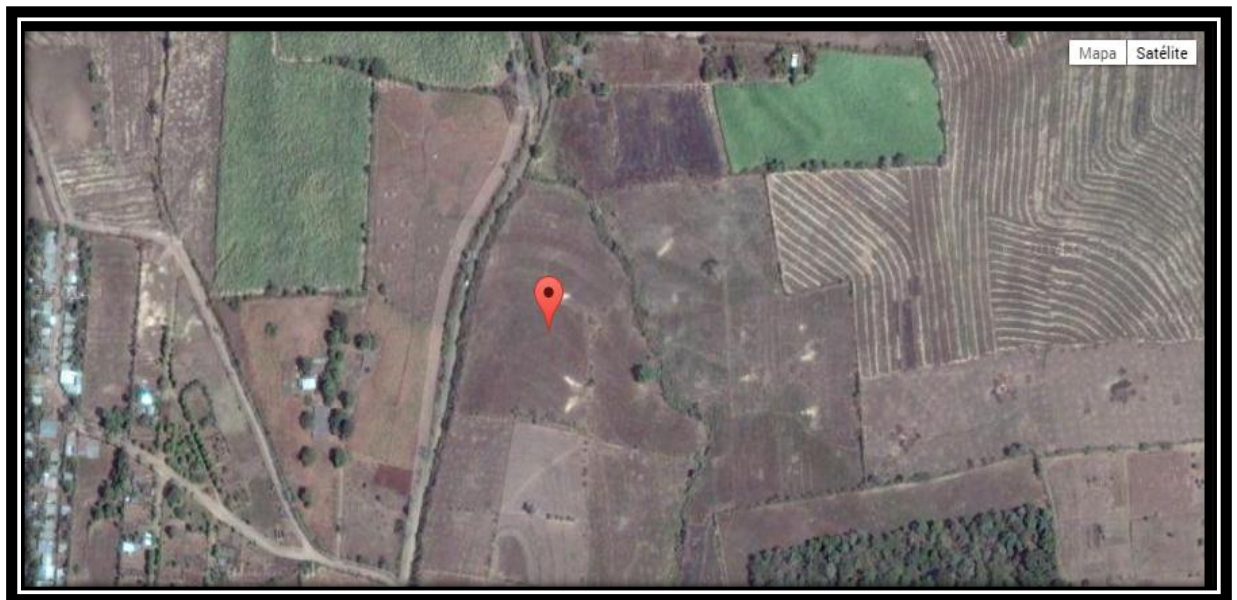
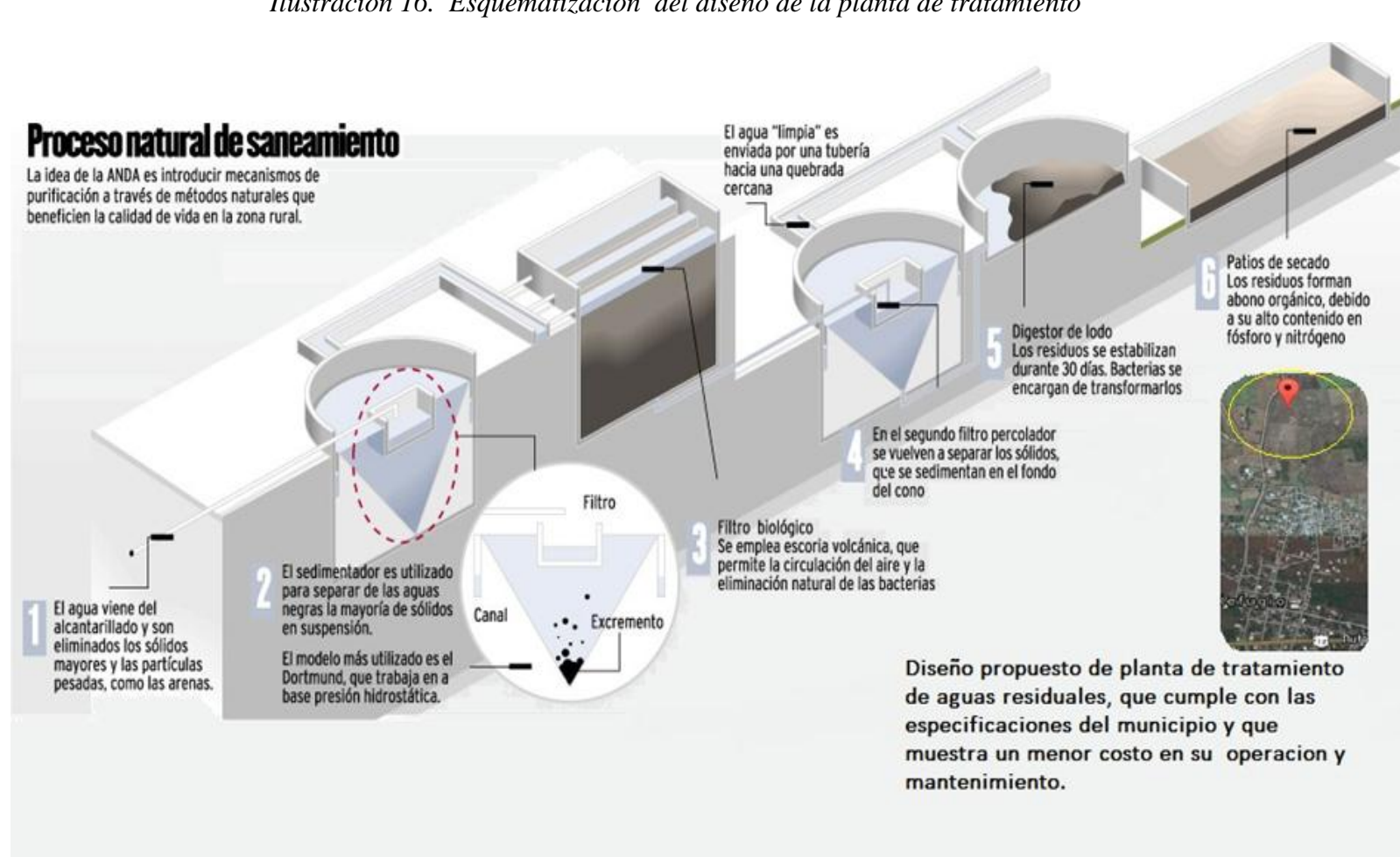


Ilustración 15. Vista de localización de planta de tratamiento



Diseño de planta de tratamiento de tratamiento de aguas residuales con el enfoque de distribución de procesos.

Ilustración 16. Esquemmatización del diseño de la planta de tratamiento



Partes fundamentales del proceso de tratamiento de aguas residuales vista detalle.



Ilustración 17. Tratamiento preliminar

Fuente: tesis de diseño de tratamiento de sistema de alcantarillados, 2010, Edgar Rivas



Ilustración 18. Vista lateral de Desarenador

Fuente: tesis de diseño de tratamiento de sistema de alcantarillados, 2010, Edgar Rivas

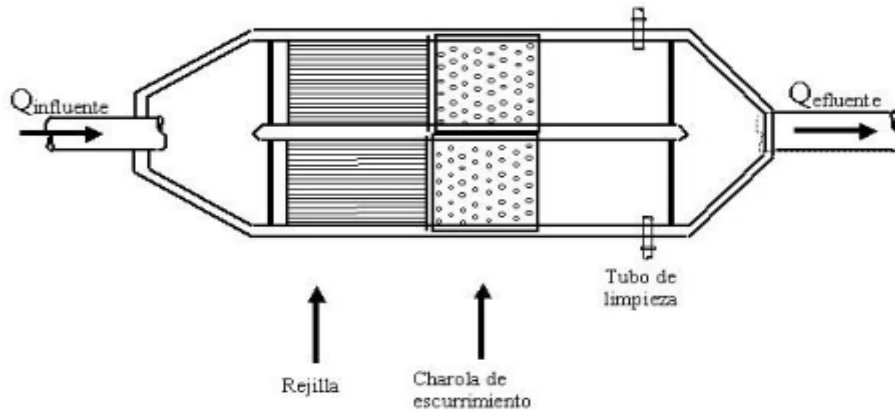


Ilustración 19. Esquema del tratamiento preliminar

Fuente: tesis de diseño de tratamiento de sistema de alcantarillados, 2010, Edgar Rivas

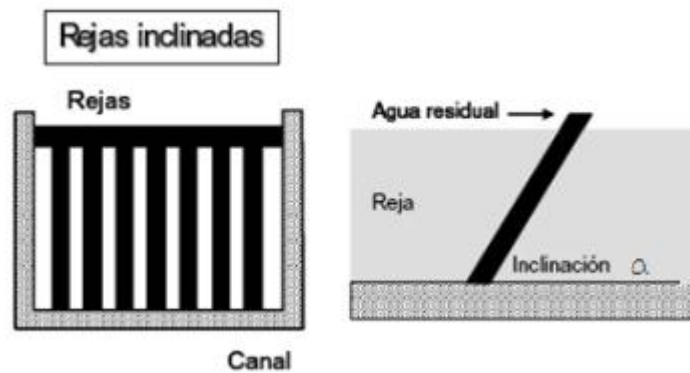


Ilustración 20. Vista de rejillas del Desarenador

Fuente: tesis de diseño de tratamiento de sistema de alcantarillados, 2010, Edgar Rivas

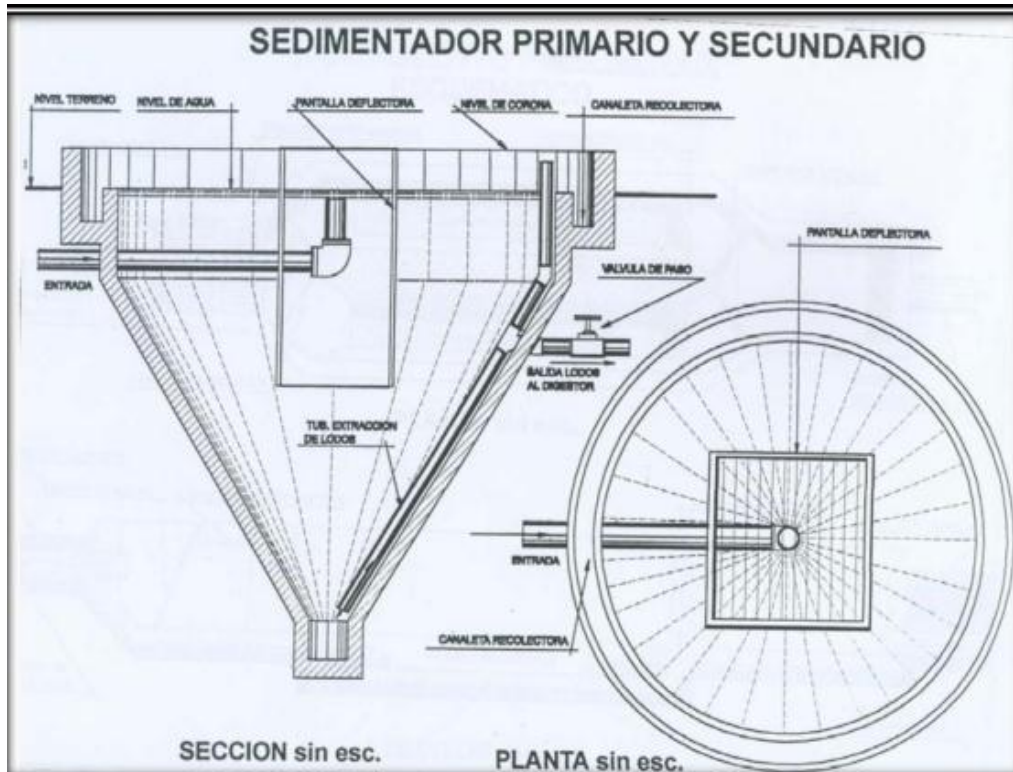


Ilustración 21. Vista de esquema de sedimentadores primarios y secundarios

Fuente: tesis de diseño de tratamiento de sistema de alcantarillados, 2010, Edgar Rivas

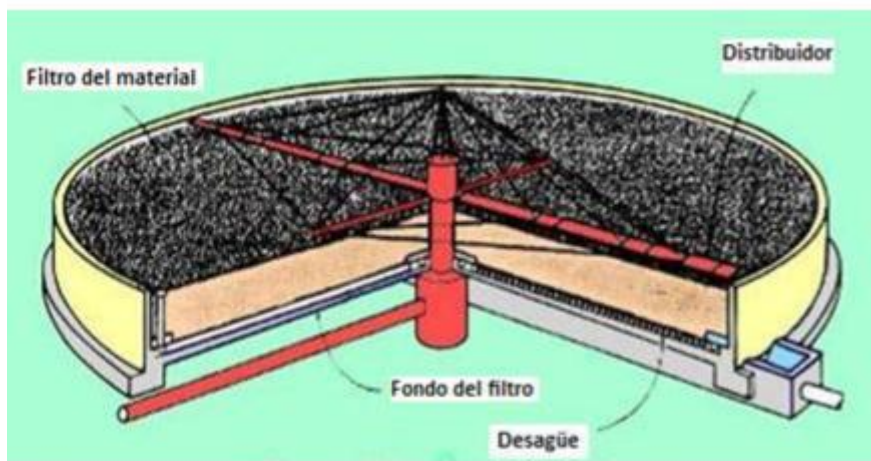


Ilustración 22. Vista de sedimentador secundario

Fuente: tesis de diseño de tratamiento de sistema de alcantarillados, 2010, Edgar Rivas

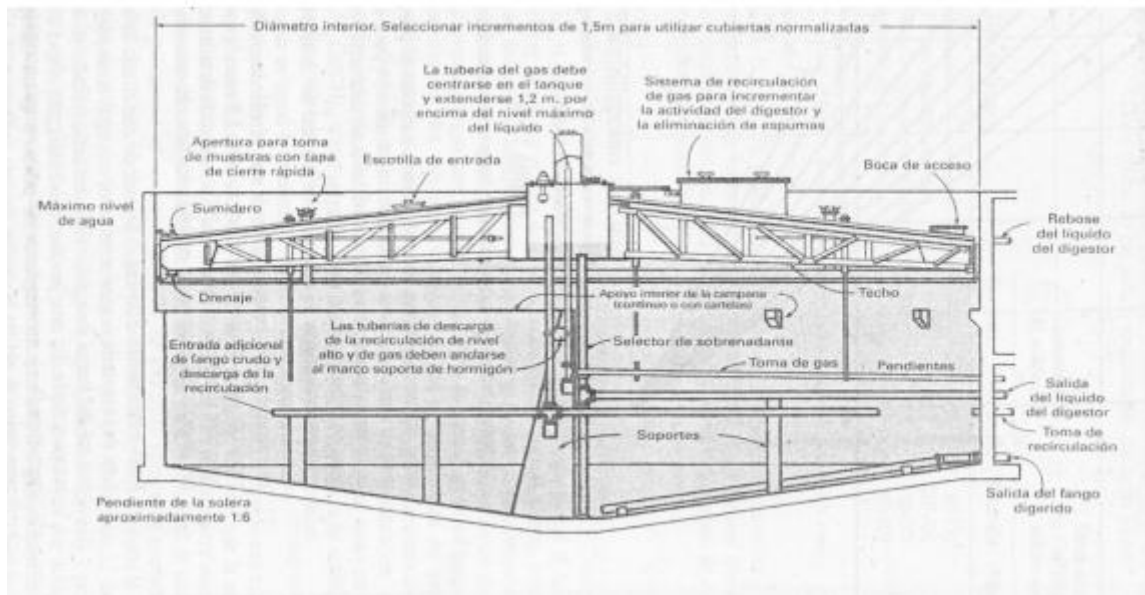


Ilustración 23. Vista de esquema de digestor de lodos

Fuente: tesis de diseño de tratamiento de sistema de alcantarillados, 2010, Edgar Rivas

Hoja de control para realizar mantenimiento en sitios confinados.

Operario:
Lugar de trabajo:
Fecha:
Tipo de trabajo:
Descripcion del trabajo a desarrollar:

Datos Generales

Folio

Lista de verificacion de requisitos de seguridad

	Si	No	N/A
Cuenta con permiso de acceso			
Cuenta con compañía durante ejecuta la actividad			
Nombre del acompañante:			
Cuenta con equipo de seguridad completo: Casco-zapatos de seguridad-lentes-mascarilla- guantes-cuerda de rescate-cinturon de seguridad- otros.			
Se otorgo la respectiva autorizacion para realizar el trabajo			
Nombre y firma del responsable que otorga el permiso para desarrollar la actividad			

HOJA DE REGISTRO DE MUESTREO DIARIO

Datos Generales

Folio

Encargado de tomar la muestra:
Tipo de muestreo: Rutinario <input type="checkbox"/> especial <input type="checkbox"/>
Fecha:
Tipo de trabajo: Muestreo

Parámetros	Mediciones			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4