

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA



**“EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN
DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

JOSÉ CARLOS REVELO VIDAURRE

PARA OPTAR AL GRADO DE:

MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA

MARZO DE 2016

CIUDAD UNIVERSITARIA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR INTERINO : LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN
SECRETARIA GENERAL INTERINA : DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

DECANO : LIC. NIXON ROGELIO HERNÁNDEZ VÁSQUEZ
VICEDECANO : LIC. MARIO WILFREDO CRESPIÓN ELÍAS, MSc
SECRETARIA : LICDA. VILMA MARISOL MEJÍA TRUJILLO
ADMINISTRADOR ACADÉMICO : LIC. EDGAR ANTONIO MEDRANO MELÉNDEZ
TRIBUNAL EXAMINADOR : LIC. JUAN VICENTE ALVARADO RODRÍGUEZ, MAF
LIC. VICTOR RENÉ OSORIO AMAYA. MSc
LIC. JONNY FRANCISCO MERCADO CARRILLO, MSc

MARZO DE 2016

CIUDAD UNIVERSITARIA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA.

RESUMEN

La presente investigación, como su título lo indica, trata sobre la evaluación social y económica de la implementación del servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales. En las últimas décadas el problema de la contaminación se ha venido agravando por la disposición inadecuada de los residuos líquidos que las ciudades generan. En el caso de El Salvador existe un alto grado de contaminación en los cuerpos superficiales y subterráneos de agua, ya que el control de descargas de desechos es deficiente.

A pesar que existe iniciativas, nunca se han desarrollado planes concretos que garanticen el saneamiento de los ríos, lagos y mares; obedeciendo básicamente a la voluntad política ante tan importante tema.

Para familiarizar al lector, en el marco teórico se presentan principios y conceptos técnicos, propios de la recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales. Además de los antecedentes históricos y legislación relacionada con el saneamiento en El Salvador.

Para conocer la perspectiva de los usuarios de las redes de alcantarillado sanitario en el Área Metropolitana de San Salvador y la valoración que le dan al tratamiento, se realizó un cuestionario y una serie de entrevistas, arrojando información de suma importancia para el análisis en esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Definición del problema	6
1.3 Preguntas de investigación e hipótesis de trabajo.....	8
1.3.1 Preguntas de investigación.....	8
1.3.2 Hipótesis de trabajo	8
1.4 Objetivos generales y específicos	9
1.4.1 Objetivo general:.....	9
1.4.2 Objetivos específicos:	9
1.5 Justificación	10
1.6 Beneficios esperados.....	11
1.7 Delimitaciones y limitantes de la investigación	11
1.7.1 Delimitación en aspectos teóricos.....	11
1.7.2 Delimitación geográfica.....	11
1.7.3 Delimitación temporal	13
1.7.4 Limitantes para realizar la investigación	13
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	14
2.1 Definiciones importantes	14
2.2 Sistemas de alcantarillado sanitario.....	18
2.2.1. Clasificación	18
2.2.1.1 Sistemas Convencionales de alcantarillado sanitario	19

2.2.1.2 Sistemas No Convencionales de alcantarillado sanitario	20
2.2.2 Componentes de un sistema de alcantarillado	21
2.2.2.1 Tuberías de conducción	21
2.2.2.2. Pozos de visita	22
2.2.2.3 Cajas de inspección.....	24
2.2.2.4 Conexiones domiciliarias.....	25
2.2.2.5 Estaciones de bombeo.....	25
2.2.3 Configuración para colectores, interceptores y emisores	26
2.3 Aguas residuales urbanas.....	29
2.3.1 Comportamiento de las aguas residuales urbanas.....	30
2.3.2 Composición de las aguas residuales.....	33
2.3.3 Parámetros para la caracterizar las aguas residuales urbanas	35
2.4 Efectos negativos de aguas residuales en cuerpos receptores.....	38
2.5 Fundamentos básicos del tratamiento de aguas residuales urbanas.....	40
2.5.1 Recogida y conducción.....	41
2.5.2 Tratamiento.....	41
5.2.2.1 Línea de agua.....	42
5.2.2.2 Línea de lodo	44
2.5.3 Evacuación.....	45
2.6 Contaminación del agua en El Salvador	46
2.7. Marco Legal.....	49
2.7.1 Leyes, reglamentos y normas.....	50
2.7.1.1 Instalaciones para drenajes de aguas negras.	51
2.7.1.2 Reglamento sobre la calidad del agua y el control de vertidos.....	52

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	55
3.1 Método de investigación.....	55
CAPÍTULO 4: PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	63
4.1 Análisis de los datos	63
4.2 Resultados del análisis de datos del instrumento: cuestionario	64
4.2.1 Información base.....	64
4.2.2 Datos sobre el servicio de alcantarillado sanitario.....	69
4.2.3 Datos sobre el tratamiento de aguas residuales	74
4.2.4 Evaluación de la confiabilidad y validez	82
4.2.5 Análisis de contingencia.....	83
4.3 Resultados del análisis de datos del instrumento: entrevista	87
4.4 Prueba de Hipótesis	90
4.5 Principales Hallazgos.....	91
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
5.1 Conclusiones.....	92
5.2 Recomendaciones	94
REFERENCIAS.....	95
ANEXO A. INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN: CUESTIONARIO.....	98
ANEXO B. MATRIZ DE RESULTADOS DE CUESTIONARIO	104
ANEXO C. INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN: ENTREVISTA	107
ANEXO D. RESULTADOS DE ENTREVISTA	109
ANEXO E. PLIEGO TARIFARIO VIGENTE DE ANDA	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Biodegradabilidad de las aguas residuales.....	36
Tabla 2.2. Valores típicos de los principales contaminantes de las aguas urbanas.	37
Tabla 2.3. Enfermedades transmitidas por aguas contaminadas.....	39
Tabla 2.4. Instituciones competentes en saneamiento y tratamiento de aguas residuales.	49
Tabla 2.5. Límite de vertidos para aguas residuales	54
Tabla 3.1. Detalle de servicios de alcantarillado sanitarios suministrado por ANDA	57
Tabla 4.1. Resultados de variable “Edad”	65
Tabla 4.2. Resultados variable “Último Estudio”	66
Tabla 4.3. Resultados de variable “Número de miembros por familia”	67
Tabla 4.4. Municipio de residencia.....	69
Tabla 4.5. Disposición final de las aguas residuales.....	74
Tabla 4.6. Principal problema de la contaminación con descargas de aguas residuales.	78
Tabla 4.7. Responsable del tratamiento de aguas residuales.	79
Tabla 4.8. Principales responsables del control de vertidos.	80
Tabla 4.9. Finalidad del estudio.....	82
Tabla 4.10. Tabla de contingencia ingresos y disponibilidad de pago	85
Tabla 4.11. Tabla de contingencia entre municipio y valoración del servicio	85
Tabla 4.12. Tabla de contingencia entre nivel de estudios y nivel de consciencia.....	86
Tabla 4.13. Tabla de contingencia entre edad y disposición al pago.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Esquema de ubicación de ríos y colectores de aguas negras.....	12
Figura 2.1. Perfil de pozo de visita simple de mampostería.....	23
Figura 2.2. Perfil de pozo de visita con caja sostén de mampostería.	24
Figura 2.3. Detalle de caja de registro de mampostería.....	25
Figura 2.4. Modelo perpendicular	27
Figura 2.5. Modelo radial	27
Figura 2.6. Modelo de interceptores	28
Figura 2.7. Modelo abanico	28
Figura 2.8. Componentes de las aguas residuales urbanas	29
Figura 2.9. Evolución diaria de los caudales de las aguas residuales urbanas.	32
Figura 2.10. Composición de las aguas residuales.	33
Figura 2.11. Componentes del tratamiento de las aguas residuales.	40
Figura 2.12. Etapas en la línea de agua en el tratamiento de las aguas residuales.	42
Figura 2.13. Etapas en la línea de lodos en el tratamiento de las aguas residuales	44
Figura 4.1. Ingresos familiares mensuales.....	68
Figura 4.2. Distribución de prestadores de servicio de alcantarillado.....	70
Figura 4.3. Evaluación de servicio de alcantarillado sanitario.	71
Figura 4.4. Posibles tarifas para el servicio de recolección y tratamiento	76

SIGLAS

AMSS	Área Metropolitana de San Salvador
ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
ASTM	American Society for Testing and Materials
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CENTA	Centro de Nuevas Tecnologías del Agua
COMURES	Corporación de Municipalidades de la Republica de El Salvador
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
FIAES	Fondo de la Iniciativa para las Américas El Salvador
FISDL	Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local
FUSADES	Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social
ISO	International Organization for Standardization
MARN	Ministerio de Medios Ambiente y Recursos Naturales
MINEC	Ministerio de Economía
MINSAL	Ministerio de Salud
MOP	Ministerio de Obras Públicas
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
PLAMDARH	Plan Maestro para el Desarrollo de los Recursos Hídricos

Introducción

El tema de tratamiento de aguas residuales se ha convertido en un verdadero reto para la sociedad, existen países con gran avance tecnológico en lo que respecta a este tema, para el caso de El Salvador y otros países de Latinoamérica aún queda mucho camino por recorrer. Debido a los beneficios económicos y sociales que la implementación de este tipo de servicios conlleva, esta investigación se torna de relevante importancia.

Este trabajo se ha estructurado en 5 capítulos, cuyo objetivo y contenido se describe a continuación:

En el primero se hace el planteamiento del problema, se indaga en los antecedentes relacionados con la disposición de las aguas residuales y los problemas de salud que implican, se define el problema, se elabora la hipótesis y las preguntas de investigación, se establecen los beneficios que se espera obtener de la investigación y finalmente se procede a delimitar la investigación debido a la complejidad y amplitud del tema.

El segundo pertenece a la revisión del marco teórico, donde se presentan los conceptos ingenieriles sobre los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, incorporando además la legislación y avances enfocados a la conservación del recurso hídrico salvadoreño.

El tercer presenta la metodología utilizada para desarrollar la investigación, describiendo el modelo mixto como el que mejor se ajusta, a través del análisis de componentes cuantitativos como cualitativos. Se explican los instrumentos utilizados para la recolección de la información, señalando la población y la muestra para desarrollarlos.

En el cuarto se detallan los resultados logrados en la investigación, los cuales son expuestos a través de comparaciones entre las diferentes variables, contrastándolas con la hipótesis del trabajo y con el marco teórico. Se incorpora además un análisis de las principales variables cualitativas y el resumen de las respuestas de las entrevistas.

Las conclusiones y recomendaciones producto de la investigación son presentadas en el quinto capítulo, tomando en cuenta los resultados obtenidos, los hallazgos de la investigación, aspectos técnicos, legales, económicos y sociales que proyectos del tamaño de una planta de tratamiento conllevan, siempre enfocados al bienestar social del país.

Finalmente, se presentan las fuentes bibliográficas y los anexos relacionado con los instrumentos para la recolección de información.

Capítulo 1: Planteamiento del Problema

1.1 Antecedentes

Fue a principios del siglo veinte que en El Salvador se construyó el primer sistema de alcantarillado sanitario y casi medio siglo después con el auspicio y asesoría del Servicio Interamericano de Salud Pública que se inicia la construcción de una planta de tratamiento de aguas negras en el municipio de Santa Tecla, dejando de operar en los años sesenta, debido a que el Gobierno Central continuó construyendo y expandiendo los sistemas de recolección, encausando las aguas residuales hacia otros puntos de descarga. A partir de estas experiencias, existió un período de aproximadamente 25 años durante el cual no se consideró un problema la contaminación del recurso hídrico con las aguas residuales sin tratamiento, en parte porque el grado de contaminación en la época no era significativo [MARN, 2013].

El desarrollo del alcantarillado sanitario en el país está ligado al avance de las instituciones nacionales, desde el establecimiento de la Dirección General de Obras Hidráulicas en el Ministerio de Obras Públicas (MOP) en 1950 y posteriormente en sustitución la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) creada por Decreto Legislativo en 1961, siendo hasta la fecha el ente encargado de administrar el recurso hídrico en El Salvador [COMURES, 2007].

La falta de planificación y el crecimiento desordenado en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) incluyendo Santa Tecla y Antiguo Cuscatlán, ha ocasionado que muchos de los sistemas de alcantarillado sanitario sean obsoletos y no cubran la demanda de la población; ya que la mayor parte de la red de recolección de aguas

residuales datan de los años sesenta, además la infraestructura se ha deteriorado por la frecuente actividad sísmica que causa fisuras, derrames y hundimientos. Existe también el problema de los sistemas combinados de aguas lluvias y aguas residuales, es decir que están adecuados para que evacuen aguas residuales en época seca, pero en invierno se le suma el caudal de aguas lluvias; estos sistemas no son recomendables al momento de diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales que busca optimizar recursos económicos, ya que los caudales a tratar son los que determinan el costo del sistema. De igual forma, la falta de separación de aguas residuales industriales y las generadas por el uso doméstico complica la implementación de los sistemas de tratamiento, debido a la mezcla de aguas con poca materia orgánica, pero con altos contenidos de metales pesados, alta temperatura, acidez entre otras características fisicoquímicas, dan como resultado el colapso al proceso de tratamiento. Actualmente la ANDA enfrenta una situación crítica en lo referente a la cobertura, infraestructura e ingresos relacionados con los sistemas de alcantarillado sanitario, agravado por la falta de tratamiento de las aguas residuales, las cuales descargan directamente a ríos [MARN, 2013].

En El Salvador desde la implementación de los sistemas de alcantarillado, las aguas residuales domésticas han sido evacuadas desde las viviendas por medio de sistemas de tuberías internas, que se conectan a sistemas de tuberías ubicadas en las calles, conduciéndolas hasta los sitios de descarga, por lo general sin tratamiento previo sobre quebradas, ríos o lagos, convirtiéndolos en verdaderas cloacas.

Con las negociaciones del Gobierno Central y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), ANDA inició con un extenso programa de acueductos y alcantarillados en todo el país, con las mejoras del alcantarillado del AMSS; se proyectó la construcción de

colectores primarios para interceptar la mayor parte de las descargas en quebradas y ríos que atravesaban la ciudad. Los colectores fueron diseñados para drenar las aguas residuales de la mayor parte de San Salvador, Ayutuxtepeque, Mejicanos, Cuscatancingo, Santa Tecla, Soyapango e Ilopango [ANDA, 2014].

Aproximadamente el 95% de las aguas residuales domésticas que se generan en El Salvador se descargan sin ningún tipo de tratamiento a los diferentes cuerpos receptores y muchas de las aguas que son tratadas en los escasos sistemas de tratamiento de aguas residuales no cumplen con los límites de contaminación permitidos por las normativas vigentes. Actualmente no existe un dato exacto sobre el volumen total de aguas residuales que se genera diariamente en el AMSS, según el Boletín Estadístico No.36 de la ANDA del año 2014, en los sistemas de agua potable se generó un consumo mensual en San Salvador de 8,061.1 miles de metros cúbicos; teniendo en consideración que se contaba con una cobertura del 88.3% con alcantarillado; y deduciendo que un 80% del agua suministrada en el acueducto llegó a los cuerpos receptores como agua residual, se estima que 5,695 miles de metros cúbicos de aguas residuales se generan al mes. Dicha Institución administra un total de 74 sistemas de alcantarillado sanitario a nivel nacional, con un estimado de más de 606,965 de servicios de aguas negras, únicamente un 3.5% recibe cobertura de tratamiento [ANDA, 2014].

El AMSS se ubica en la parte alta de la cuenca del Río Acelhuate, está compuesta por 10 municipios atravesados por los ríos San Antonio, Urbina, Acelhuate y Las Cañas; donde existen 53 descargas directas sin tratamiento previo y 18 plantas de tratamiento de diferentes urbanizaciones, en general todas las plantas de tratamiento de aguas residuales tienen en común un denominador: operan en condiciones de bajos niveles de

eficiencia y con problemas de sostenibilidad ya que existe una resistencia de los usuarios a asumir incrementos en la factura, dificultando recuperar los costos del servicio de recolección, tratamiento y depuración de las aguas residuales [MARN 2013].

La generación de residuos tanto sólidos como líquidos son parte inherente del desarrollo de las ciudades; la parte líquida es la que se conoce como aguas residuales, la que ha sido contaminada durante diferentes usos para los cuales ha sido empleada. Para establecer la calidad de aguas residuales existen parámetros de medición, siendo los más habituales la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y el número de bacterias Coliformes Fecales; el primero es un indicador que establece la concentración de materia orgánica en el agua, mientras que el segundo es un indicador para determinar si existe contaminación de excreta humana.

Toda descarga de aguas residuales debería de contar con un sistema de tratamiento que remueva o disminuya los contaminantes del agua, a través de procesos físicos, químicos y biológicos desarrollados con el propósito de eliminar del agua residual los elementos que afectan su calidad, hasta niveles que sean tolerables por el cuerpo receptor; por lo que dichos sistemas de tratamiento deben tener niveles de eficiencia controlados, a efectos de asegurar que la calidad del agua a descargar cumple con los límites de contaminación permitidos por las normas respectivas.

1.2 Definición del problema

Es inevitable la generación de aguas residuales en diferentes actividades humanas; siendo las principales relacionadas con las labores domésticas, industriales y agrícolas.

Estas actividades modifican las características del agua, contaminándola e invalidando su posterior aplicación para otros usos. El vertido de aguas residuales sin depurar ocasiona daños al medio ambiente y riesgo para la salud humana, por lo que es preciso el tratamiento de estas aguas antes de su disposición final.

En la actualidad uno de los grandes problemas ambientales de las sociedades es la disposición de las aguas residuales, ya que una inadecuada disposición empeora la incidencia de enfermedades transmitidas por aguas contaminadas, además de devastar considerablemente sistemas ecológicos, eliminando así posibles fuentes de recurso natural para la producción de alimentos, industria y turismo. El daño puede cuantificarse y compararse con los costos de inversión y operación del tratamiento de las aguas residuales y es posible demostrar que las ventajas económicas que pueden lograrse cuando las plantas de tratamiento de aguas residuales son eficientes [Salas, Pidre, Cuenca, 2008].

Con el objeto de reducir la presencia de contaminantes, el tratamiento de las aguas residuales involucra una serie de procesos físicos, químicos y biológicos antes de verterlos en los cuerpos de agua y reducir la degradación del recurso hídrico, cada vez más limitado. En el país a pesar que existen normativas contra la contaminación de cuerpos de agua, no existen avances significativos en lo referente al control de vertidos, convirtiéndose la calidad del agua en uno de los principales desafíos socio ambientales; situación que se ha agudizado en las últimas décadas y se convirtió en un problema generalizado para la población y los ecosistemas, reflejando sus efectos en una tendencia creciente de casos de enfermedades de origen hídrico, tales como la diarrea y el parasitismo intestinal, que afecta principalmente a los niños.

Las insuficientes iniciativas y propuestas para afrontar la contaminación del agua, con frecuencia se ven limitadas por la ausencia de una política y compromisos institucionales capaces de afrontar eficientemente esta realidad.

1.3 Preguntas de investigación e hipótesis de trabajo

1.3.1 Preguntas de investigación

¿Qué opinión tienen los residentes del AMSS sobre la contaminación de los cuerpos naturales de agua con descargas directas de aguas residuales?

¿Cuál es la valoración de los usuarios de alcantarillado sanitario respecto al servicio que reciben?

¿Qué respuesta tienen los usuarios, ante la posibilidad de asumir incrementos en la factura en concepto de recolección y tratamiento de aguas residuales para cubrir los costos de construcción, mantenimiento y operación de los sistemas?

¿Cuáles son los factores que no permiten la implementación de infraestructura para la recolección y tratamiento de aguas residuales?

¿Cómo puede resolverse la problemática de contaminación del medio ambiente ocasionado por las descargas de aguas residuales y a cuánto equivale el daño generado?

1.3.2 Hipótesis de trabajo

La hipótesis sobre la cual se elabora el presente trabajo de investigación es que la ampliación y mejoramiento de la red de alcantarillado sanitario y una disposición adecuada y depurada con infraestructuras de tratamiento de aguas residuales, genera un

mayor beneficio económico y social en comparación con los costos incurridos en la construcción, mantenimiento y operación de los sistemas en el AMSS, limitados principalmente por las escasas fuentes de financiamiento, la poca legislación enfocada a la conservación del medio ambiente y por el impacto social que genera la recuperación de la inversión con tarifas sostenibles.

1.4 Objetivos generales y específicos

1.4.1 Objetivo general:

Identificar las ventajas y desventajas que resultan de invertir en obras para el mejoramiento de los sistemas de alcantarillado y la construcción de infraestructuras para el tratamiento de aguas residuales en el AMSS, a través de un análisis socioeconómico.

1.4.2 Objetivos específicos:

Analizar la disponibilidad económica de los habitantes del AMSS para cubrir costos para el tratamiento de las aguas residuales, también examinar el pliego tarifario y las políticas de cobros vigente por parte de la ANDA para el servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales; además de conocer la perspectiva de los usuarios ante el servicio que reciben.

Cuantificar el daño generado por la contaminación de los principales cuerpos receptores que reciben las descargas de aguas residuales en AMSS.

Evaluar cuáles son las opciones de financiamiento para la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales y el mejoramiento de la red de alcantarillado sanitario de AMSS.

Conocer avances relacionados con la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales y conservación del medio ambiente que las Instituciones competentes han desarrollado.

1.5 Justificación

En El Salvador las cifras hablan por sí solas en lo referente a la cobertura de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, esto genera un retroceso en la economía del país ya que los recursos naturales cada vez se ven más limitados por la contaminación de los ecosistemas, acotando cada vez más potenciales fuentes de alimento, comercio y turismo.

La infraestructura obsoleta de los sistemas de recolección y las descargas de aguas residuales sin previa depuración, generan considerables focos de contaminación y un daño irreversible al medio ambiente. Siendo el AMSS uno de los sectores más poblados de El Salvador con aproximadamente 2 millones de habitantes, requiere de una urgente intervención para frenar la contaminación de ríos, lagos y mares para contribuir al saneamiento de las ciudades.

La finalidad es estimar la magnitud de la inversión necesaria para implementar una planta de tratamiento de aguas residuales e indagar en la respuesta de la población sobre los temas relacionados con la contaminación por aguas negras, imposición de nuevas tarifas y otros aspectos vinculados con el servicio de recolección a través del alcantarillado sanitario; todo ello para servir como antecedente e iniciar con políticas

para la construcción de infraestructuras diseñadas para la recolección y tratamiento de aguas residuales.

1.6 Beneficios esperados

Con la investigación se pretende crear un precedente que sirva a los entes interesados en la inversión de obras que garanticen una adecuada disposición de las aguas residuales en el AMSS, considerando los antecedentes históricos, legislaciones competentes y aspectos técnicos, financieros y sociales.

1.7 Delimitaciones y limitantes de la investigación

1.7.1 Delimitación en aspectos teóricos

Es necesario obtener información de las instituciones competentes, por lo tanto, se solicitará información histórica, estadística, comercial y financiera para los análisis de inversión.

No se presenta una propuesta técnica de factibilidad para las plantas de tratamiento, se describen aspectos generales y no se realiza un diseño específico, lo relevante de las alternativas es conocer las diferentes tecnologías para la depuración de aguas.

1.7.2 Delimitación geográfica

El trabajo se centrará en el análisis socioeconómico para solventar la problemática de descargas de aguas residuales sin tratamiento para el sector poniente del AMSS, es decir tratar las aguas residuales que conduce el Colector Interceptor, el cual tal como su

nombre lo indica, intercepta las aguas que conducen los colectores primarios denominados CP-1, CP-2, CP-3 y CP-5. La figura 1.1., muestra la distribución del Colector Interceptor y los colectores primarios.

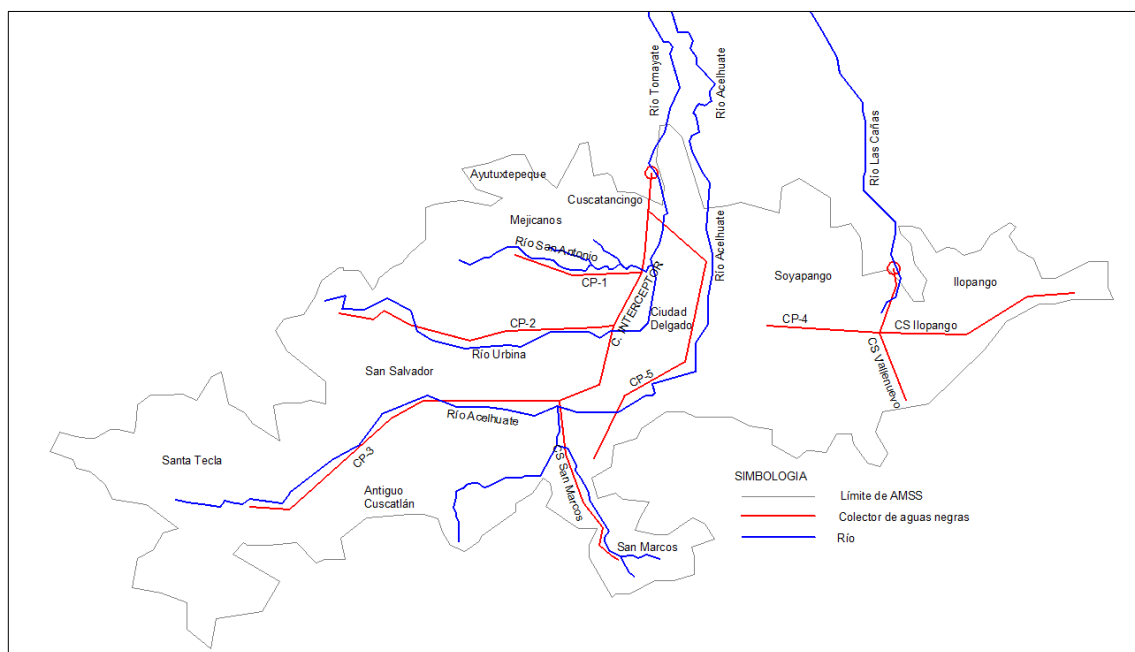


Figura 1.1. Esquema de ubicación de ríos y colectores de aguas negras en el AMSS [Fuente: ANDA].

Los colectores primarios:

- A.** CP-1, recolecta las aguas residuales producidas en los municipios de Ayutuxtepeque, Mejicanos y Cuscatancingo.
- B.** CP-2, recolecta las aguas residuales generadas en parte del municipio de San Salvador.
- C.** CP-3, el cual es el colector con mayor longitud, recolecta las aguas residuales producidas en los municipios de Santa Tecla, Antigua Cuscatlán, San Marcos y el sector sur del municipio de San Salvador.

D. CP-5, drena parte del municipio de San Salvador y el costado oriente del municipio de Ciudad Delgado.

La descarga del Colector Interceptor se ubica al final de la Calle Principal del Reparto Santa Margarita en Ciudad Delgado, cuyas coordenadas geográficas son longitud Oeste 89°10'17.33" y latitud Norte 13°44'02.76".

1.7.3 Delimitación temporal

Se utilizó información financiera, estadística y técnica publicada de los últimos 15 años, por las diferentes instancias públicas y privadas relacionadas con la temática.

1.7.4 Limitantes para realizar la investigación

Debido a la limitada apuesta para sistemas de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales existen pocos documentos relacionados para el AMSS.

Referente a información técnica y comercial está se limita a los datos proporcionados por la ANDA y otras instituciones relacionadas.

Las propuestas técnicas de sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales están basadas en alternativas existentes en la literatura sanitaria y no se propone la implementación de nuevas tecnologías al respecto.

Capítulo 2: Marco Teórico

2.1 Definiciones importantes

Previo a iniciar la exposición del marco teórico, se ha incluido este breve apartado con algunas definiciones importantes que pueden ayudar al lector no familiarizado con los términos técnicos a lograr un mejor entendimiento de todo el documento. Estas definiciones en su mayoría han sido tomadas del glosario incluido en el Manual de Tecnologías no Convencionales para la Depuración de Aguas Residuales realizado por el Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA) de España.

Aceites y grasas: Sustancias que al no mezclarse con el agua permanecen en su superficie dando lugar a natas.

Acuífero: Una o más capas subterráneas de roca o de otros estratos geológicos que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad para permitir, ya sea un flujo significativo de aguas subterráneas, o la extracción de cantidades significativas de aguas subterráneas.

Aerobio: Proceso bioquímico que requiere oxígeno libre.

Agentes patógenos: Organismos (bacterias, protozoos, helmintos y virus), presentes en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que pueden producir o transmitir enfermedades.

Agua: Sustancia líquida, inodora, insípida e incolora, cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y, más o menos puro, forma la

lluvia, los ríos y mares. Es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales.

Aguas de escorrentía pluvial: Aguas que discurren de forma ocasional por el terreno como consecuencia de las lluvias.

Aguas depuradas: Aguas que han sido sometidas a tratamiento para eliminar la mayor parte de los contaminantes que contenían.

Aguas grises: Son las aguas que provienen de los desagües de los aparatos sanitarios de aseo personal y otros de uso doméstico, no siendo aptas para el consumo humano y excluyendo las aguas resultantes del metabolismo humano.

Aguas negras: Aguas residuales domésticas que contienen los residuos resultantes del metabolismo humano, es decir contaminada con sustancia fecal y orina.

Aguas pluviales: Aguas de lluvia.

Aguas residuales domésticas: Las aguas residuales procedentes de zonas de viviendas y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y actividades domésticas.

Aguas residuales industriales: Todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizadas para cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.

Aguas residuales urbanas: Son las aguas residuales domésticas, o la mezcla de éstas con aguas residuales industriales o con aguas de escorrentía pluvial.

Aireación: Adición de aire al agua que produce un incremento de su nivel de oxígeno disuelto.

Alcantarillado sanitario: Sistema que consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir, conducir, ventilar y evacuar las aguas residuales de la población hacia un cuerpo receptor.

Anaerobio: Proceso bioquímico que no requiere de oxígeno libre.

Bioquímica: Parte de la química que trata de los componentes químicos de los seres vivos, sus estructuras y las reacciones en que están implicados.

Caudal: Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo a través de una sección dada de un curso o conducción de agua.

Colector: Conducto, generalmente subterráneo, en el cual vierten sus aguas las alcantarillas.

Coliformes: Grupo de bacterias que se encuentran en el tracto intestinal de los seres humanos y se emplean como indicadores de contaminación fecal cuando son encontradas en el agua.

Contaminación de un cuerpo de agua: Introducción o emisión en el agua, de organismos patógenos o sustancias tóxicas, que demeriten la calidad del cuerpo de agua.

Cuenca hidrográfica: Superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente lago, hacia el mar por una única desembocadura.

Cuerpo receptor: La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces o zonas marinas donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, subsuelo o los acuíferos.

Demanda Bioquímica de Oxígeno: Cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente los componentes de aguas residuales.

Depuración de aguas residuales: Reducción de los contaminantes presentes en las aguas residuales. Los materiales sólidos y las partículas en suspensión pueden separarse por medios mecánicos y sedimentación. La materia orgánica es metabolizada por microorganismos en los tratamientos biológicos, y otras sustancias pueden eliminarse mediante tratamientos fisicoquímicos.

Descarga: Volumen de agua que, por unidad de tiempo, un canal o una corriente vierte de un lago, depósito, corriente u océano. Cualquier vertido, derrame, escape, evacuación, rebose, fuga, etc., de residuos o desechos en un cuerpo receptor.

Deshidratación de lodos: es la fase del tratamiento de aguas residuales que elimina el agua contenida en los lodos, transformándolos en sólidos fácilmente manejables y transportables.

Desinfección: Destrucción por medio de un agente químico o físico de los agentes patógenos que se encuentran en el material a desinfectar. Se diferencia de la esterilización en que ésta destruye todos los microorganismos, patógenos o no.

Efluente: Corriente de salida de cualquier proceso de producción o tratamiento.

Emisor: Es el conducto que recibe las aguas de un colector o un interceptor.

Fisicoquímica: Parte de las ciencias naturales que estudia los fenómenos comunes de la física y la química.

Floculación: Formación de agregados, o flóculos a partir de materia finamente dividida.

Floculante: Sustancia añadida a una dispersión de un sólido en un líquido, favorece el agrupamiento de las partículas pequeñas del sólido en partículas más grandes, que sedimentan con mayor facilidad.

Interceptor: Es una tubería que intercepta las aguas negras de los colectores y terminan en un emisor o en la planta de tratamiento.

Saneamiento: Conjunto de obras, técnicas y dispositivos encaminados a establecer, mejorar o mantener las condiciones sanitarias de una población.

Sedimentación: Asentamiento de las partículas sólidas en un sistema líquido debido a la gravedad.

Tratamiento: Es la remoción en las aguas residuales, por métodos físicos, químicos y biológicos de materiales en suspensión, coloidal y disuelta.

Vida útil: Tiempo en el cual los elementos de un sistema operan económicamente bajo las condiciones originales del proyecto aprobado y de su entorno.

2.2 Sistemas de alcantarillado sanitario

2.2.1. Clasificación

Ampliando la definición que se ha descrito anteriormente, los sistemas de alcantarillado sanitario están constituidos por tuberías de diferentes diámetros, diseñados según el caudal y definidos por la densidad poblacional y el crecimiento del sector, además de integrarse con una serie de obras necesarias para captar, conducir y evacuar las aguas residuales generadas por la población hacia un cuerpo receptor.

Los sistemas de alcantarillado son estructuras hidráulicas que por lo general funcionan a gravedad (presión atmosférica) y raras veces requieren ser presurizados, a menos que la topografía así lo requiera.

Conforme lo demandan las necesidades de las ciudades y los reglamentos existentes para la evacuación de aguas grises y negras, los sistemas de alcantarillado pueden ser clasificados como *Convencionales* y *No Convencionales*. A pesar de categorizarse de esta forma, existen situaciones técnicas comunes; como los principios hidráulicos con los que se formulan y diseñan.

2.2.1.1 Sistemas Convencionales de alcantarillado sanitario

Dentro de los sistemas convencionales de alcantarillado se distinguen dos categorías que se describen a continuación:

- A. *Alcantarillado separado:*** esta categoría se caracteriza por disponer las aguas residuales independientes de las aguas pluviales, requiriendo de infraestructuras separadas para sus funcionamientos.
- Alcantarillado sanitario: sistema diseñado para recoger únicamente las aguas residuales domésticas e industriales
 - Alcantarillado pluvial: sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por precipitaciones pluviales
- B. *Alcantarillado combinado:*** se caracteriza por conducir simultáneamente las aguas residuales y las aguas de pluviales.

2.2.1.2 Sistemas No Convencionales de alcantarillado sanitario

Debido a la importancia que tienen el saneamiento en las últimas décadas, se han estudiado y desarrollado nuevas tecnologías para la recolección y conducción de aguas residuales; es por ello que, según el tipo de tecnología aplicada, los sistemas de alcantarillado no convencionales se pueden clasificar en:

- A. *Alcantarillado simplificado:*** este tipo de sistema de alcantarillado se diseña con los mismos criterios de un alcantarillado convencional, con la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos; su implementación requiere disponer de mejores equipos de mantenimiento.
- B. *Alcantarillado condominiales:*** son los alcantarillados que recogen las aguas residuales de un grupo de viviendas delimitadas por pequeñas áreas, conduciendo los residuos hacia un sistema de alcantarillado convencional.
- C. *Alcantarillado sin arrastre de sólidos:*** se les conoce como alcantarillados presurizados, se caracterizan por eliminar los sólidos de las aguas residuales domésticas por medio de un tanque interceptor. Por lo general el agua es transportada luego a una planta de tratamiento o sistema de alcantarillado convencional a través de tuberías que trabajan a presión en algunos tramos.

2.2.2 Componentes de un sistema de alcantarillado

Los elementos que componen a una red de alcantarillado sanitario son las tuberías, conexiones domiciliarias, pozos de visita, cajas de inspección y otros accesorios que garantizan el buen funcionamiento de la red; todos los componentes deben estar diseñados para asegurar una adecuada conducción, ventilación, hermeticidad y resistencia. Para los casos de sistemas que trabajan a presión, se requiere de estaciones de bombeo para el desalojo de las aguas residuales.

Según las Normas Técnicas de ANDA, las redes de alcantarillado deben diseñarse para una vida útil de 20 años, pero la expectativa de durabilidad de los elementos que conforman una red puede superar 50 años, todo depende del uso, demanda y mantenimiento al que sea sometido.

2.2.2.1 Tuberías de conducción

Las tuberías de alcantarillado se componen de tubos y accesorios, las cuales deben de garantizar y acoplarse herméticamente, permitiendo la conducción de las aguas residuales sin fugas.

Los materiales de las tuberías de alcantarillado se han venido desarrollado en las últimas décadas y hoy en día encontramos una diversidad de tubos con características específicas, las que buscan: resistencia mecánica, resistencia estructural del material, durabilidad, capacidad de conducción, características de los suelos y agua, economía, facilidad de manejo, colocación e instalación, flexibilidad en su diseño y facilidad de mantenimiento y reparación [CONAGUA, 2009].

Las tuberías para alcantarillado sanitario se fabrican de diversos materiales, estandarizados por organismos internacionales como por ejemplo la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales, ASTM por sus siglas en inglés (American Society of Testing and Materials), la Organización Internacional para la Estandarización (ISO, International Organization for Standardization) entre otros; los materiales comúnmente utilizados son:

- Acero
- Concreto simple y concreto reforzado
- Concreto reforzado con revestimiento interior
- Poliéster reforzado con fibra de vidrio
- Policloruro de vinilo (PVC)
- Fibrocemento
- Polietileno de alta densidad (PEAD)

2.2.2.2. Pozos de visita

Se trata de estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado, se utilizan para la unión de dos o más tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente. También funcionan como puntos para aforo, muestreo y análisis de la calidad del agua.

Los pozos son estructuras cilíndricas, cuya unión a la superficie se hace en forma tronco – cónica, y pueden ser prefabricados o construidos en el sitio de la obra, los pozos se clasifican en:

- Pozos de visita tipo común
- Pozos de visita tipo especial
- Pozos con caja sostén
- Pozos con doble caja sostén
- Pozos con caída escalonada

Las partes principales que componen a un pozo son la fundación, media caña que se encarga guiar el flujo, cuerpo cilíndrico cuyo diámetro varía según el diámetro de la tubería de salida, cono de acceso, brocal y tapadera de hierro fundido o concreto. Existen pozos con características específicas según lo demande el sistema.

Las figuras 2.1., y 2.2., muestran el detalle de la estructura de un pozo de mampostería simple y con caja sostén respectivamente, comúnmente utilizados en El Salvador en la red de alcantarillado.

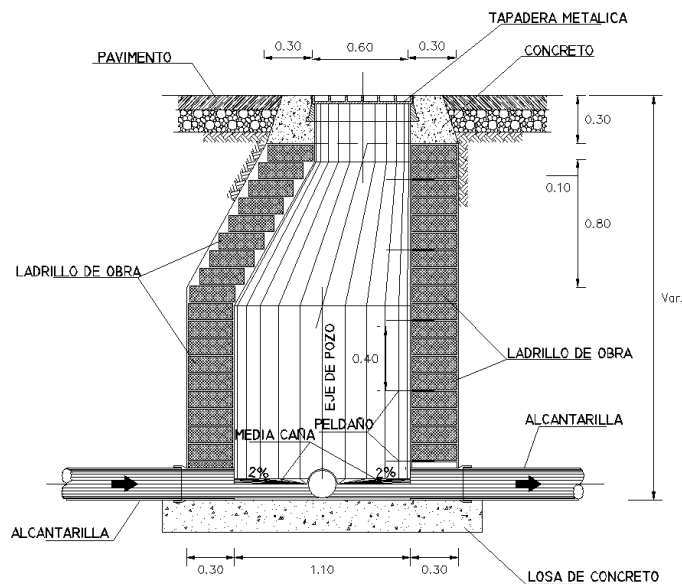


Figura 2.1. Perfil de pozo de visita simple de mampostería [Fuente: Plano tipo de ANDA].

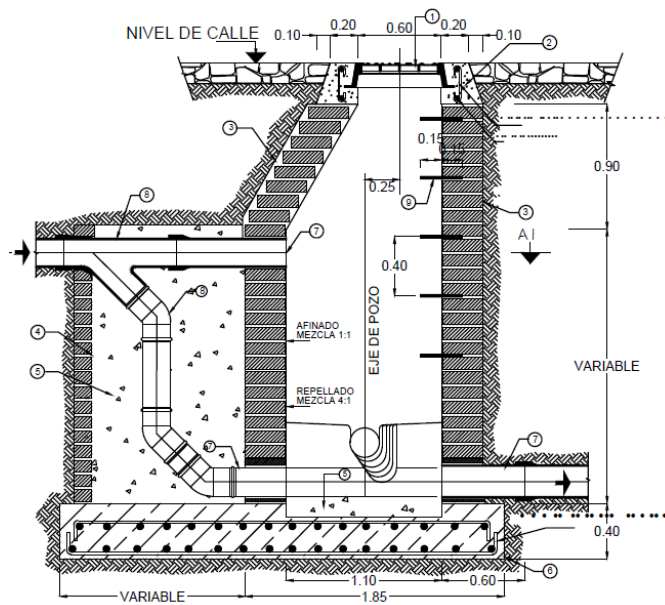


Figura 2.2. Perfil de pozo de visita con caja sostén de mampostería [Fuente: Plano tipo de ANDA].

2.2.2.3 Cajas de inspección

La función de este componente es conectar las tuberías que evacuan las aguas residuales del interior de los edificios a los colectores secundarios o laterales de la red.

Según las Normas Técnicas de ANDA, si la cama hidráulica del pozo se encuentra a una profundidad mayor a 1.40 m debe construirse un pozo, de lo contrario debe construirse una caja con sección de 1.00 x1.00 (m).

La figura 2.3., muestra el detalle de la estructura de una caja de inspección de mampostería, comúnmente utilizados en El Salvador.

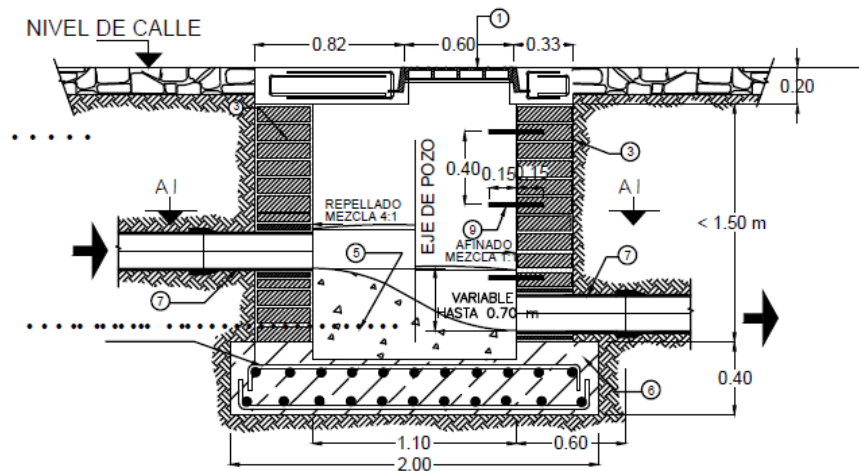


Figura 2.3. Detalle de caja de registro de mampostería [Fuente: Plano tipo de ANDA].

2.2.2.4 Conexiones domiciliarias

La descarga domiciliaria conocida también como acometida, es una tubería que permite el desalojo de las aguas servidas, del registro domiciliario hasta la alcantarilla pública en la calle. El diámetro en la mayoría de los casos es de 4 pulgadas, siendo éste el mínimo recomendable. La conexión debe ser hermética y la tubería de interconexión debe de tener una pendiente mínima del 1%.

2.2.2.5 Estaciones de bombeo

Debido a las condiciones topográficas hay lugares que no permiten evacuar por gravedad las aguas residuales, necesitando de estaciones de bombeo para lograr drenar los residuos. Estas instalaciones están integradas por infraestructura civil y electromecánica, destinadas a transferir volúmenes de aguas residuales crudas o tratadas

de un determinado punto a otro ubicado a mayor elevación, para satisfacer ciertas necesidades.

Una estación de bombeo requiere de instalaciones civiles y electromecánicas básicas como las siguientes:

- Cisterna de bombeo
- Subestación eléctrica
- Controles bomba–motor
- Controles eléctricos
- Árbol de descarga
- Área para maniobras

2.2.3 Configuración para colectores, interceptores y emisores

Con el objetivo de drenar las aguas de la población, es necesario seguir una serie de configuraciones para el trazo de los colectores, interceptores y emisores, condicionado principalmente por la topografía, por la configuración de las calles y los puntos de descarga.

Los planes de ordenamiento territorial deben analizar las diferentes alternativas y proyectar los sitios para plantas de tratamiento, enfocados a que sea económico y técnicamente factible. Los modelos de configuración más usuales se describen a continuación:

- A. *Modelo perpendicular:*** se presentan cuando las aglomeraciones urbanas se encuentran paralelas a una corriente, con terreno de pendiente suave hacia el

cauce, siendo la mejor forma de drenar las aguas residuales generadas, con tuberías colocadas de manera perpendicular, como se muestra en la figura 2.4.

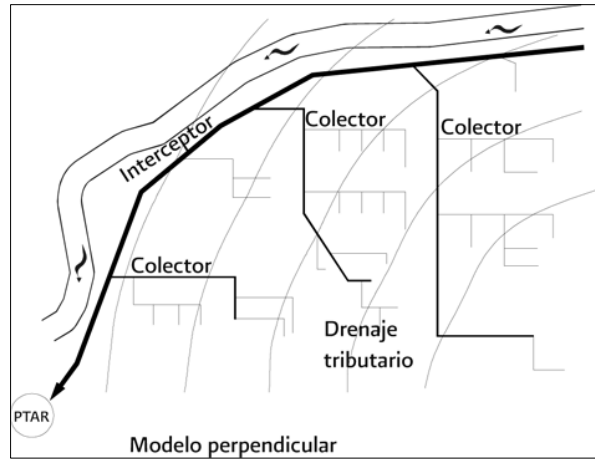


Figura 2.4. Modelo perpendicular [Fuente: CONAGUA, 2009].

B. Modelo radial: en este modelo las aguas fluyen hacia las afueras de la ciudad, en forma radial a través de colectores, como lo se muestra en la figura 2.5.

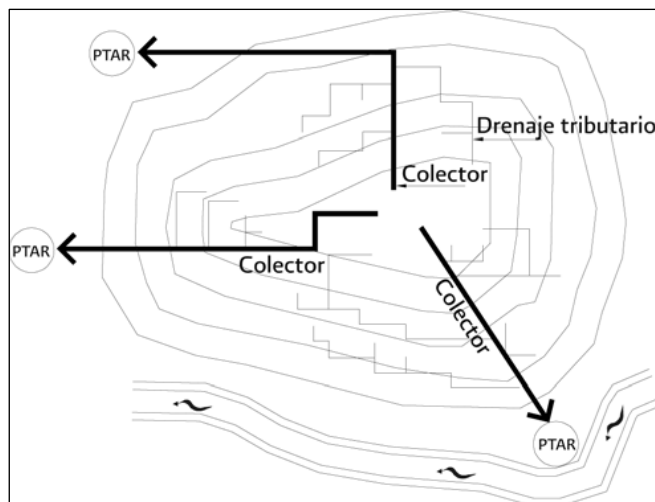


Figura 2.5. Modelo radial [Fuente: CONAGUA, 2009].

C. Modelo de interceptores: esta configuración es utilizada para recolectar las aguas residuales en sectores con diferencias de nivel más o menos paralelas, cuyos colectores se conectan a una tubería mayor, que la transporta hacia la zona de descarga o planta de tratamiento.

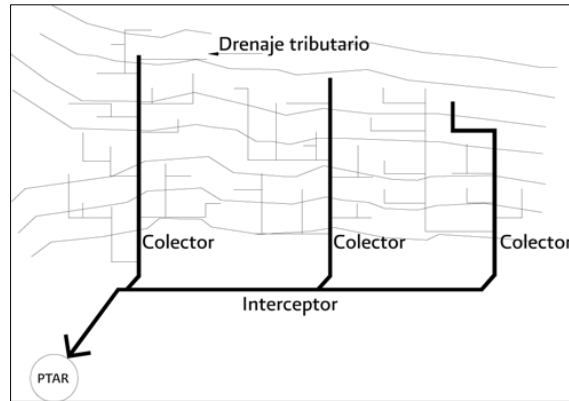


Figura 2.6. Modelo de interceptores [Fuente: CONAGUA, 2009].

D. Modelo de abanico: se presentan cuando la aglomeración urbana se encuentra ubicada en un valle, drenando hacia un colector principal, la figura 2.7., muestra el detalle de esta configuración.

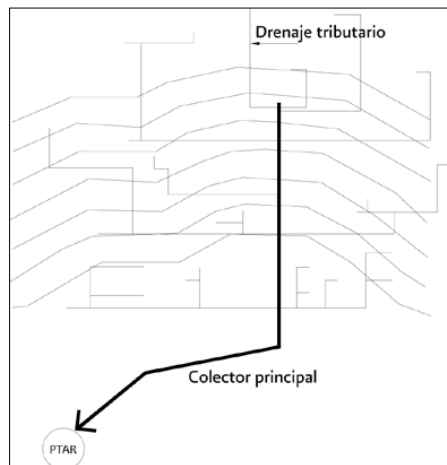


Figura 2.7. Modelo abanico [Fuente: CONAGUA, 2009].

2.3 Aguas residuales urbanas

Las aguas residuales urbanas pueden estar compuestas por tres posibles elementos: aguas residuales domésticas, industriales y pluviométricas.

El componente de agua residual doméstica siempre estará presente, por las actividades cotidianas en viviendas; el volumen presente de las aguas residuales industriales dependerá del grado de industrialización de la ciudad y de la cantidad y características de los vertidos que las industrias realicen a la red de colectores.

Por otra parte, la presencia de escorrentía pluvial tendrá su influencia en las redes de alcantarillado combinados y en época lluviosa.

La figura 2.8., representa de manera gráfica los diferentes componentes de las aguas residuales urbanas.

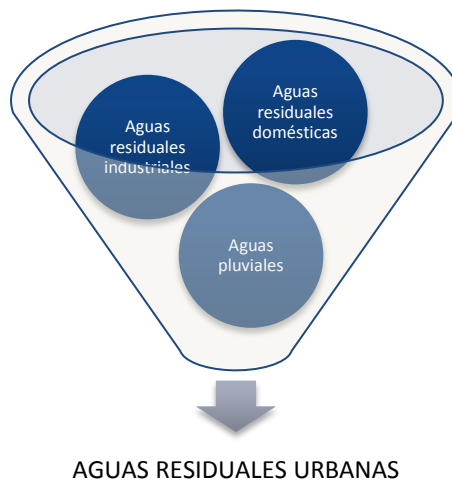


Figura 2.8. Componentes de las aguas residuales urbanas [Fuente: elaboración propia].

Es importante diferenciar la procedencia de los tres posibles componentes de las aguas residuales urbanas y los principales contaminantes que estas aportan:

A. Aguas residuales domésticas:

Aguas de cocina: sólidos, materia orgánica, grasas, sales, etc.

Aguas de lavadoras: sustancias tensioactivas, nutrientes, etc.

Aguas de baño: sustancias tensioactivas, contaminantes prioritarios, etc.

Aguas negras, procedentes del metabolismo humano: sólidos, materia orgánica, nutrientes, sales, organismos patógenos, etc.

B. Aguas residuales industriales: resultantes de actividades industriales que descargan sus vertidos en la red de alcantarillado. Estas aguas representan una composición muy variable dependiendo de cada tipo de industria.

C. Aguas de escorrentía pluvial: las aguas lluvias no son puras, dado que se ven afectadas por la contaminación atmosférica y por los arrastres de suciedad depositada en la infraestructura vial, techos, etc. Se caracterizan por grandes aportaciones intermitentes de caudal y por una importante contaminación en los primeros 15 a 30 minutos del inicio de las lluvias.

2.3.1 Comportamiento de las aguas residuales urbanas

Todas las aguas residuales poseen características únicas, en función de condiciones y parámetros propios del lugar que las genera; como el tamaño de la población, el tipo de sistema de alcantarillado empleado, del grado de industrialización y de la incidencia pluviométrica, estos factores otorgan ciertas características fisicoquímicas a los vertidos. La comprensión de las características y conocer el caudal de las aguas residuales

generadas en los asentamientos urbanos son básicos para el correcto diseño de los sistemas alcantarillado y tratamiento. Es importante que las plantas de tratamientos de aguas residuales, consideren las variaciones diarias de caudal y carga que experimentan estas aguas.

Los volúmenes de agua residual que se generan en una ciudad es directamente proporcional al consumo de agua potable abastecida, al mismo tiempo el consumo se relaciona con el grado de desarrollo económico y social, puesto que un mayor desarrollo trae consigo un mayor y diverso uso del agua en actividades humanas.

Entre los factores que influyen en la cantidad de agua residual que se generan en los asentamientos urbanos se tienen:

- El consumo de agua potable de abastecimiento
- La pluviometría
- Las pérdidas, que pueden deberse a fugas en los colectores, o a que parte de las aguas consumidas no llegan a la red de alcantarillado

Por lo general, aproximadamente el 80% del agua abastecida por el sistema de acueductos de agua potable se convierte en aguas grises y negras, básicamente este porcentaje depende del consumo de agua en actividades particulares como el riego en zonas verdes, de la existencia de fugas, del empleo del agua en procesos productivos, etc.

Como resultado de las características y variaciones en las descargas residuales a la red de alcantarillado, depende del tipo de tecnología usado, las costumbres de los usuarios, del clima, etc., provocando que los caudales de las aguas residuales fluctúen

durante todo el año, cambiando de un día a otro, de una hora a otra; estas variaciones diarias son el reflejo de las actividades de la población; no se generan los mismos volúmenes de descarga durante la noche que durante la mañana o medio día.

Las curvas que representan las oscilaciones diarias del caudal de aguas residuales que llegan a las plantas de tratamiento son similares a las curvas de consumo de abastecimiento de aguas potable, la figura 2.9., muestra la curva de comportamiento típica de aguas residuales. La diferencia con las curvas de abastecimiento de agua potable es que estas presentan cierto retraso, debido al escurrimiento de las aguas hasta el punto de descarga o planta de tratamiento y será mayor entre más lejos se encuentren. Este comportamiento también se relaciona con el consumo de energía eléctrica, todos reflejan las actividades humanas que se desarrollan a lo largo del día.

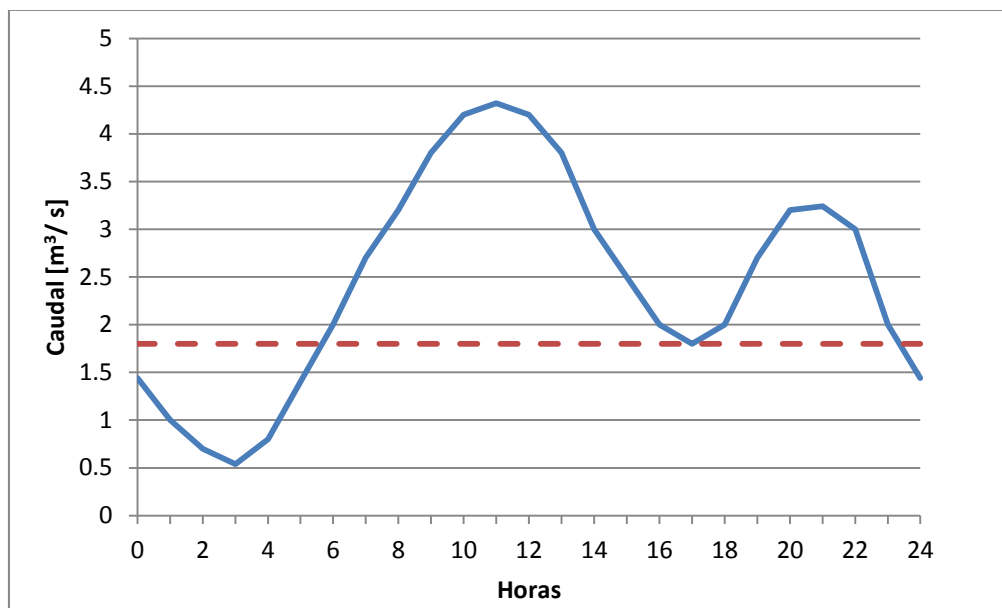


Figura 2.9. Evolución diaria de los caudales de las aguas residuales urbanas [Fuente: Adaptado de CENTA, 2009].

Como anteriormente se ha mencionado, estas variaciones de los caudales de aguas residuales afectan en gran medida al diseño hidráulico de las redes de alcantarillado como el de las propias para el tratamiento, determinando en gran medida el dimensionamiento de la infraestructura componente de la recolección y tratamiento.

2.3.2 Composición de las aguas residuales

Según Chinchilla y Rodríguez (2010) las aguas residuales esta constituidas por un elevado porcentaje de agua, aproximadamente el 99.9%, mientras el que el resto 0.01% lo conforman sólidos suspendidos, coloidales y disueltos, es esta pequeña fracción la que presente mayores problemas durante el tratamiento y disposición.

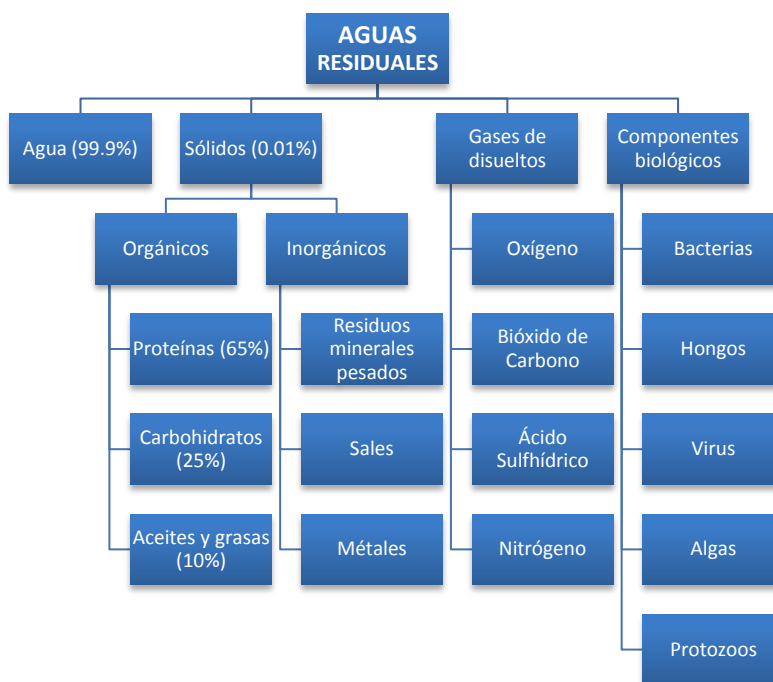


Figura 2.10. Composición de las aguas residuales [Fuente: Adaptado de Chinchilla y Rodríguez, 2010].

Las aguas residuales son una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos; tratándose de elementos físicos, químicos y biológicos. La mayor parte de residuos orgánicos son de origen alimenticio, heces, materia vegetal, sales minerales y residuos de jabones y detergentes. La figura 2.10., muestra un esquema de la composición de las aguas residuales.

A continuación, se enlistan los principales contaminantes que aparecen en las aguas residuales, según lo establece el CENTA en su manual (2009):

- **Objetos gruesos:** pedazos de madera, textiles, plásticos, etc., que son arrojados a la red de alcantarillado.
- **Arenas:** esta categoría abarca las arenas, propiamente dichas, las gravas y las partículas más o menos grandes de origen mineral u orgánico.
- **Grasas y aceites:** sustancias que al no mezclarse con el agua permanecen en su superficie dando lugar a natas. Su procedencia puede ser tanto doméstica como industrial.
- **Sólidos en suspensión:** partículas de pequeño tamaño, naturaleza y procedencia muy variada. Aproximadamente el 60% de los sólidos en suspensión son sedimentables y un 75% son de naturaleza orgánica.
- **Sustancias con requerimiento de oxígeno:** compuestos orgánicos e inorgánicos que se oxidan fácilmente, lo que provoca un consumo de oxígeno presente en el medio al que se vierten.

- **Nutrientes (Nitrógeno y Fósforo):** su presencia en las aguas es debida principalmente a detergentes y fertilizantes. Igualmente, las excretas humanas aportan nitrógeno orgánico.
- **Agentes patógenos:** organismos (bacterias, protozoos, helmintos y virus), presentes en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que pueden producir y transmitir enfermedades.
- **Contaminantes emergentes o prioritarios:** los hábitos de consumo de la sociedad actual generan una serie de contaminantes que no existían anteriormente. Estas sustancias aparecen principalmente añadidas a productos de cuidado personal, productos de limpieza doméstica, productos farmacéuticos, etc. A esta serie de compuestos se les conoce bajo la denominación genérica de contaminantes emergentes o prioritarios, no eliminándose la mayoría de ellos en plantas convencionales de tratamiento de aguas residuales urbanas.

2.3.3 Parámetros para la caracterizar las aguas residuales urbanas

Con el objetivo de cuantificar los contaminantes y caracterizar las aguas residuales, comúnmente se emplea un conjunto de parámetros que se presentan a continuación:

- A. Aceites y grasas:** el contenido de aceites y grasas presentes en un agua residual se determina mediante su extracción previa, con un disolvente apropiado, y la posterior evaporación del disolvente.

B. Sólidos en suspensión: sólidos que no pasan a través de una membrana filtrante de un tamaño determinado (0.45 micras). Dentro de los sólidos en suspensión se encuentran los sólidos sedimentables, es decir los que decantan por su propio peso y los que no sedimentan.

C. Sustancias con requerimiento de oxígeno: para la caracterización de estas sustancias los dos parámetros más usuales son:

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO₅):** cantidad de oxígeno (mg/l), necesarios para oxidar bioquímicamente los componentes de las aguas residuales. En el transcurso de los cinco días de duración del ensayo, se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables.
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** cantidad de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar los componentes del agua recurriendo a reacciones químicas.
- La relación DBO₅/DQO indica la biodegradabilidad de las aguas residuales urbanas:

Tabla 2.1. Biodegradabilidad de las aguas residuales.

Relación DBO₅/DQO	Biodegradabilidad
≥ 0.4	Muy biodegradables
0.2 - 0.4	Biodegradables
≤ 0.2	Poco biodegradables

Fuente: CENTA, 2009.

- D. *Nitrógeno*:** se presenta en las aguas residuales en forma de nitrógeno orgánico, amoníaco, nitratos y nitritos. Para su determinación se recurre generalmente a métodos espectrofotométricos.
- E. *Fósforo*:** en las aguas residuales aparecen principalmente como fosfatos orgánicos y polifosfatos. Para su determinación se emplean normalmente métodos espectrofotométricos.
- F. *Organismos patógenos*:** virus, bacterias, protozoo y helmintos. Al ser muy difícil su aislamiento se emplean habitualmente, los coliformes como organismo indicador.

Los rangos habituales de estos parámetros en las aguas residuales urbanas procedentes de grandes y medianas aglomeraciones se resumen en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Valores típicos de los principales contaminantes de las aguas urbanas.

Parámetro	Rango habitual
Sólidos en suspensión (mg/l)	150 - 300
DBO ₅ (mg/l)	200 - 300
DQO (mg/l)	300 - 600
Nitrógeno (mg N/l)	50 - 75
Fósforo (mg P/l)	15 - 20
Grasas (mg/l)	50 - 100
Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	10 ⁶ - 10 ⁷

Fuente: CENTA, 2009.

Los componentes descritos anteriormente presentan variaciones a lo largo del día, de forma similar a la fluctuación de los caudales; para su correcta caracterización se requiere que la toma de las muestras sea representativa, para ello es necesario realizar muestreos de la calidad del agua en intervalos regulares de tiempo durante el día. En

estas muestras individuales se determinarán los parámetros que deben medirse “in situ”; como pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura.

2.4 Efectos negativos de aguas residuales en cuerpos receptores

Como se ha descrito anteriormente, las aguas residuales contienen una diversidad de elementos; cuando se descargan en cuerpos receptores se generan una serie de efectos negativos que se describen a continuación:

A. *Aportación de lodos y flotantes:* la parte de sólidos que sedimentan en el fondo de los cauces, mientras que la parte flotante generan una acumulación de grandes cantidades de sólidos en la superficie y en la orilla de los cauces receptores. También los depósitos de lodos y flotantes no solo provocan un desagradable impacto visual, sino que, además, al contener materia orgánica pueden llegar a provocar el agotamiento del oxígeno disuelto presente en las aguas y originar el desprendimiento de malos olores.

B. *Agotamiento del contenido de oxígeno presente en las aguas:* los componentes de las aguas residuales fácilmente oxidables se degradan vía aeróbica por la flora bacteriana presentes en las aguas del cauce, con el consumo de parte del oxígeno disuelto en la masa líquida. Si este consumo es excesivo, el contenido en oxígeno disuelto descenderá por debajo de los valores mínimos necesarios para el desarrollo de la vida acuática. Consumiendo el oxígeno disponible, el proceso de degradación vía

anaeróbica generan olores desagradables, al liberarse gases que son los causantes de estos olores.

C. Aportes excesivos de nutrientes: las aguas residuales contienen nutrientes, causantes del crecimiento descontrolado de algas y otras plantas en los cauces receptores. Este crecimiento excesivo de biomasa puede llegar impedir el empleo de estas aguas para usos domésticos e industriales.

D. Daños a la salud pública: los vertidos a cauces públicos de las aguas residuales sin tratar pueden fomentar la propagación de organismos patógenos para el ser humano.

La tabla 2.3., detalla las principales enfermedades transmitidas por el agua contaminada con aguas residuales, se describen además los síntomas y el tipo de organismo las genera.

Tabla 2.3. Enfermedades transmitidas por aguas contaminadas.

TIPO DE ORGANISMOS	ENFERMEDAD	SÍNTOMAS
Bacterias	Cólera	Diarrea, vómitos y deshidratación. Puede ser mortal si no se trata adecuadamente.
Bacterias	Tifus	Fiebre, diarreas, vómitos, inflamación del bazo y del intestino.
Bacterias	Disentería	Diarrea. Raramente es mortal en adultos, pero produce la muerte de muchos niños.
Bacterias	Gastroenteritis	Náuseas, vómitos, dolor en el digestivo. Poco riesgo de muerte
Virus	Hepatitis	Inflamación del hígado. Puede causar daños permanentes en el hígado
Virus	Poliomielitis	Dolores musculares intensos, debilidad, temblores, parálisis. Puede ser mortal
Protozoos	Disentería amebiana	Diarrea severa, escalofríos y fiebre. Puede ser grave si no se trata.
Gusanos	Esquistosomiasis	Anemia y fatiga continuas

Fuente: Chinchilla y Rodriguez, 2010.

La baja disponibilidad de oxígeno disuelto limita la capacidad auto depuradora de los cuerpos de agua y hace necesario el tratamiento de las aguas residuales antes de su vertido a cauce.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales eliminan una elevada proporción de contaminantes presentes en las aguas residuales, vertiendo efluentes depurados, que puedan ser asimilados de forma natural por los cauces receptores.

2.5 Fundamentos básicos del tratamiento de aguas residuales urbanas

Las instalaciones para el tratamiento de aguas residuales se componen de tres elementos principales:

- Recogida y conducción de las aguas residuales hasta la estación de tratamiento
- Depuración de las aguas residuales
- Evacuación de los productos resultantes del tratamiento: efluentes depurados y lodos

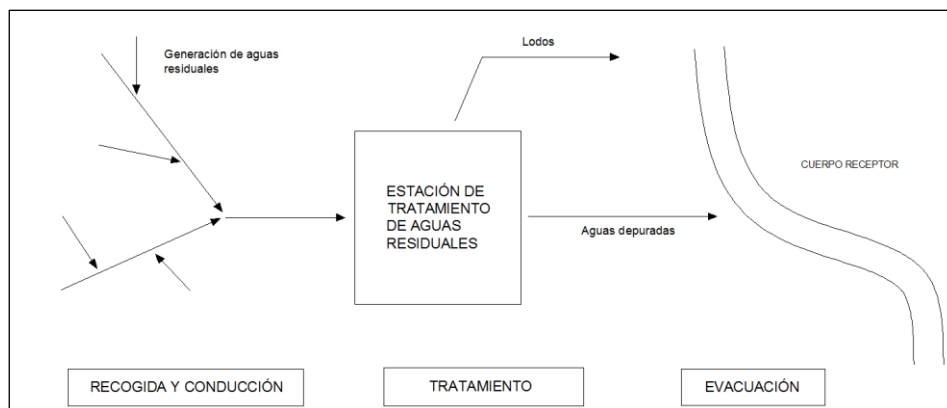


Figura 2.11. Componentes del tratamiento de las aguas residuales [Fuente: Elaboración propia].

2.5.1 Recogida y conducción

La recogida y conducción de las aguas residuales generadas desde las viviendas, comercios e industria hasta una planta de tratamiento se realiza a través de la red de tuberías o alcantarillado sanitario. Según las condiciones del terreno, funcionan a gravedad o con equipamientos electromecánicos para el bombeo de las aguas.

Los colectores que llegan a la planta de tratamiento, por lo general transportan solo aguas residuales, mientras que las aguas lluvias se recogen en colectores independientes, para el caso de El Salvador los colectores de aguas pluviales son responsabilidad de las municipalidades. Con el objetivo de que no llegue más caudal del proyectado, en los colectores y en las obras de llegada a la planta de tratamiento se colocan aliviaderos, que permiten derivar los excesos de caudal, generalmente ocasionados por la escorrentía superficial durante la época lluviosa.

2.5.2 Tratamiento

El tratamiento de las aguas residuales consta de un conjunto de operaciones físicas, biológicas y químicas, que persiguen eliminar mayor cantidad de posibles contaminantes antes de su vertido, de forma que los niveles de contaminación que queden en los efluentes tratados cumplan los límites legales existentes y puedan ser asimilados de forma natural por los cauces receptores.

En las depuradoras convencionales de aguas residuales se distinguen dos líneas de tratamiento, la línea de aguas residuales y la línea de lodos.

5.2.2.1 Línea de agua

Involucra los procesos o tratamientos que permiten reducir los contaminantes presentes en las aguas residuales. Se identifican cuatro diferentes etapas, cada una con objetivos y procesos diferentes para depurar los diferentes componentes de las aguas residuales, la figura 2.12., muestra de manera gráfica las diferentes etapas, describiendo su finalidad, acciones y tipo de procesos.

Pretratamiento	1 Tratamiento	2 Tratamiento	3 Tratamiento
<p>Objeto: eliminación de objetos gruesos, arenas y grasas</p> <p>Separación de grandes sólidos Desbaste Tamizado Desarenado Desengrasado</p> <p>PROCESOS FÍSICOS</p>	<p>Objeto: eliminación de materia sedimentable y flotante</p> <p>Decantación primaria Tratamientos físico-químicos (coagulación - floculación)</p> <p>PROCESOS FÍSICOS Y QUÍMICOS</p>	<p>Objeto: eliminación de materia orgánica disuelta o coloidal</p> <p>Degradación bacteriana Decantación secundaria</p> <p>PROCESOS BIOLÓGICOS</p>	<p>Objeto: eliminación de sólidos en suspensión, materia orgánica residual, nutrientes (N y P), patógenos</p> <p>Floculación Filtración Eliminación N y P Desinfección</p> <p>PROCESOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS</p>

Figura 2.12. Etapas en la línea de agua en el tratamiento de las aguas residuales [Fuente: Adaptado de CENTA, 2009].

Para el caso de El Salvador, se han empleado una diversidad de sistemas y tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales, que incluyen procesos anaeróbicos como aeróbicos; donde se destacan los de filtración biológica o filtro percolador, lagunas de oxidación tipo facultativas y recientemente se han adoptado sistemas de lodos activados, todos estos tratamientos aeróbicos. También son utilizados

los anaeróbicos como las lagunas anaeróbicas, la fosa séptica, el tanque Imhoff, el Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA) y el Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente (FAFA). La mayor parte de los sistemas fueron construidos en los años 80's y en su mayoría drenaban las aguas a colectores existentes.

A continuación, se describe el funcionamiento básico de las tecnologías de tratamiento más utilizadas:

- A. Filtro percolador:** básicamente está constituido por una cama de material pétreo o medio plástico sobre el cual fluyen las aguas residuales pre tratadas; los microorganismos se adhieren al medio filtrante y forman una capa biológica, esta película digiere y eliminan los contaminantes en el agua. Este sistema es de fácil operación y mantenimiento, por lo general trabajan a gravedad y no requieren de equipamiento electromecánico.
- B. Lagunas de oxidación o estabilización:** se trata de un estancamiento superficial, de área relativamente extensa y de poca profundidad de aguas residuales, en la cual se controla, favorece y se intensifican un conjunto de acciones físicas, químicas y biológicas, realizando un proceso natural de depuración con oxidación aerobia y fotosíntesis.
- C. Lodos Activados:** la tecnología de lodos activado ha tenido gran aceptación y difusión en las últimas décadas a nivel mundial. Se trata de un proceso biológico que consiste en la agitación y aireación de una mezcla de agua residual y lodos, cuyos componentes (microorganismos) se encargan de oxidar la materia orgánica presente en el agua.

5.2.2.2 Línea de lodo

Ésta línea presenta la mayor parte de los subproductos que se generan en la línea de agua descrita anteriormente. Se distinguen etapas que dependen generalmente del tipo de residuo que se genere. La figura 2.13., detalla estas etapas, describiendo su finalidad, acciones y procesos que la determinan.

Espesamiento	Estabilización	Acondicionamiento	Deshidratación
<p>Objeto: incrementar la concentración de sólidos</p> <p>Espesado por gravedad Espesado por flotación Centrifugación</p> <p>PROCESOS FÍSICOS</p>	<p>Objeto: reducción de la fracción biodegradable presente en los lodos</p> <p>Estabilización aerobia Estabilización anaerobia Estabilización química</p> <p>PROCESOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS</p>	<p>Objeto: mejora de las características de los lodos para facilitar la deshidratación</p> <p>Adición de floculantes</p> <p>PROCESOS QUÍMICOS</p>	<p>Objeto: reducción del contenido en agua de los lodos</p> <p>Secado mecánico Secado térmico</p> <p>PROCESOS FÍSICOS</p>

Figura 2.13. Etapas en la línea de lodos en el tratamiento de las aguas residuales [Fuente: Adaptado de CENTA, 2009].

La figura 2.14., muestra de maneras gráficas los diferentes procesos involucrados en el tratamiento de las aguas residuales, en el caso particular del tratamiento con lodos activados.

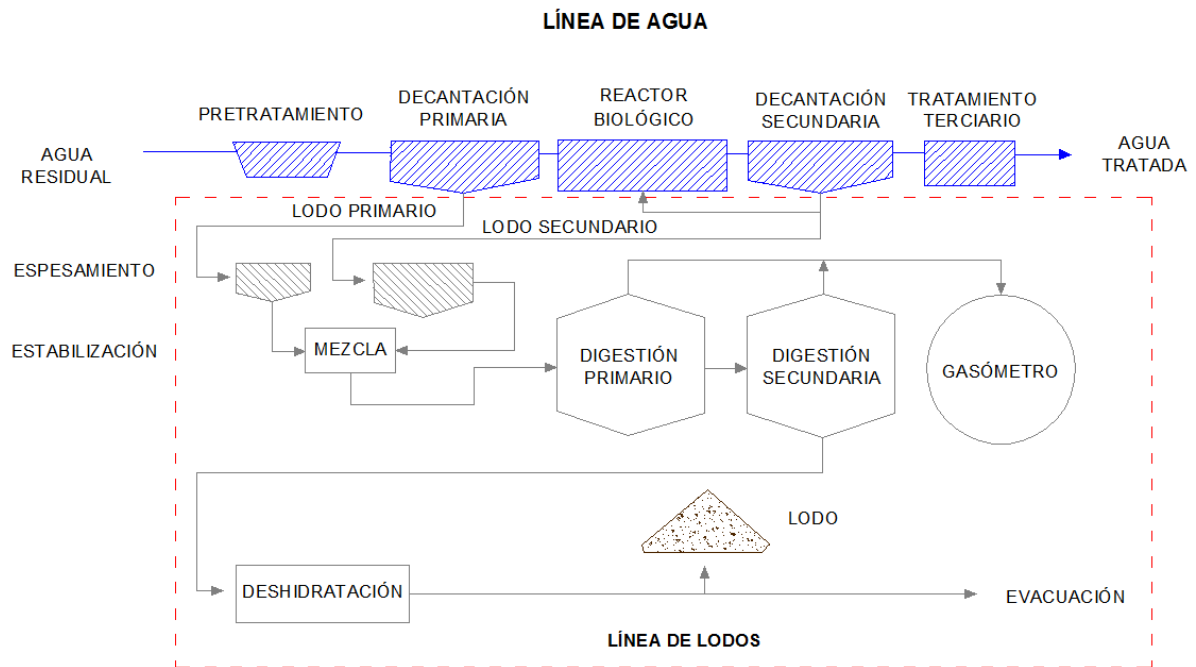


Figura 2.14. Diagrama de flujo de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la tecnología de lodos activados [Fuente: Elaboración propia].

2.5.3 Evacuación

Dentro de los procesos del tratamiento de aguas residuales se genera el efluente de las aguas tratadas y el subproducto constituido por lodos; el proceso de depuración de las aguas finaliza con la evacuación de ambos volúmenes salientes.

Para el caso de las aguas tratadas, si estas han logrado la calidad requerida por las normativas vigentes, pueden ser vertidos en los cauces próximos. Las alternativas que frecuentemente aplicadas, son reutilizar este flujo para riego agrícola, refrigeración industrial, usos recreativos, recarga de acuíferos, etc.

La disposición de los lodos comúnmente es descargarlos en vertederos y su incineración como otro posible destino. El término biosólido se utiliza para denominar los lodos procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas.

Como se ha descrito anteriormente el objetivo básico del tratamiento de las aguas residuales es lograr la eliminación de sólidos en suspensión, materia orgánica, organismos patógenos. Las nuevas tecnologías cada vez toman más importancia a la eliminación de nutrientes de compuestos tóxicos, generados por las exigencias de las nuevas industrias, además considerar los siguientes aspectos:

- Automatizar los diferentes procesos del tratamiento
- Desarrollar y promover la reutilización de los efluentes depurados
- Potenciar el empleo de los lodos generados en el proceso de tratamiento
- Fomentar la recuperación energética
- Controlar el impacto olfativo

2.6 Contaminación del agua en El Salvador

En El Salvador el recurso hídrico cada vez es más escaso, ya que la calidad del agua se ha visto seriamente afectada por la contaminación de los cuerpos superficiales y subterráneos de agua, originada por la ineficiente administración y los usos del recurso. El agua está directamente relacionada con la salud de la población, es por esto que es fundamental garantizar la disponibilidad y la calidad de agua para el desarrollo económico. La contaminación del agua se genera principalmente por las descargas permanentes de residuos residenciales e industriales.

A continuación, se describen los principales estudios relacionados con el monitoreo del agua, desde 1971:

1971 – 1972: ANDA desarrolló análisis de la calidad de aguas superficiales con el objeto de identificar fuentes potenciales de abastecimiento de agua potable. Los resultados indicaron problemas de contaminación en los ríos Acelhuate, Suquiapa, Sucio, Lempa y el Río Grande de San Miguel.

1976 – 1978: el Servicio Hidrológico de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables por medio de la elaboración de una norma para clasificar la calidad físico-química y bacteriológica del agua, determinando que los principales ríos del país presentaban serios problemas de contaminación.

1982: en el marco del Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (PLAMDARH), el Programa de Monitoreo Hidrobiológico para el Estudio Sistemático de la Calidad de Aguas Superficiales, encontró que 20 de 23 estaciones de muestreo presentaban alteraciones biológicas y ecológicas de los ríos analizados y que en todas las regiones hidrográficas del país existían problemas de contaminación.

1991: el estudio sobre la Contaminación de las Aguas Superficiales y Subterráneas en Determinadas Cuencas de la Región Sudoccidental de El Salvador, encontró contaminación con heces fecales en su área de acción.

1996: la Universidad Técnica Latinoamericana, con apoyo financiero del Fondo Ambiental de El Salvador analizó la calidad del agua para fines de riego y de consumo humano de las aguas superficiales en el Valle de Zapotitán. Con 21 puntos de muestreo

sobre los ríos Sucio y Agua Caliente, y sus tributarios, se encontró que los indicadores sobre la calidad del agua sobrepasaban niveles permisibles.

1997: la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”, con el apoyo del Fondo Iniciativa para Las Américas El Salvador (FIAES), en el Proyecto de Investigación Aplicada sobre el Impacto Ambiental de la Contaminación del Agua en las Cuencas de los Ríos Sucio, Acelhuate y Cuaya, encontró que 50% de la población asentada en dichas cuencas consume agua no potable. Tanto en las aguas superficiales como subterráneas de las cuencas fue generalizado encontrar Cadmio y Plomo en cantidades no aceptables según diferentes normas de calidad.

2000: la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), a través del Laboratorio de Calidad Integral, y auspiciado por FIAES analizó el problema de la contaminación del Río Lempa y sus principales afluentes: ríos Suquiapa, Acelhuate y Quezalapa. El estudio muestra que el río posee altos niveles de contaminación fecal, pesticidas, metales pesados, nitrito y nitrato.

2001: FUSADES, a través del Departamento de Estudios Económicos y Sociales y el Laboratorio de Calidad Integral, realizó un estudio sobre la calidad de agua para consumo humano de las familias rurales a nivel nacional. Los resultados indicaron que, en el agua para el consumo, 61% presentaban coliformes fecales y el 52% *Escherichia coli*.

2.7. Marco Legal

Esta sección cubre aspectos relacionados con la construcción de infraestructura de recolección, conducción y tratamiento de aguas residuales, haciendo una revisión del marco legal vigente en El Salvador y la normativa técnica ligada a esas leyes circunscritas al diseño y a la construcción de las obras.

El marco legal define la institucionalidad nacional, la tabla 2.4., muestran las entidades que participan en la gestión del saneamiento y depuración de las aguas residuales, con sus respectivas competencias y la base legal:

Tabla 2.4. Instituciones competentes en saneamiento y tratamiento de aguas residuales.

INSTITUCIÓN	COMPETENCIAS
Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) Base legal art. 19-29, 46 y 49 Ley de Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none">- Velar y hacer cumplir los instrumentos legales, con el propósito de proteger, conserva y recuperar el medio ambiente.- Control y prevención de la contaminación.- Coordinar con otras instituciones competentes.- Otorgar permisos ambientales de sistemas de tratamiento de aguas residuales y re - uso.- Recibe informes operacionales de los sistemas de tratamiento.
Ministerio de Salud (MINSAL) Art. 56 y 59 Código de Salud	<ul style="list-style-type: none">- Aprobar factibilidades de sistemas de aguas negras y grises individuales.- Vigilancia sanitaria y control de cumplimiento de normativa y guía técnica.- Educador y promotor de saneamiento.- Dependencia responsable: Unidad de Salud Ambiental a través de los Programas Institucionales: a) Disposición Sanitaria y b) Tratamiento de aguas negras y grises.

Administrador Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) Ley de ANDA y art. 17 del Decreto 50	<ul style="list-style-type: none"> - Provee servicio de alcantarillado. - Administrar plantas de tratamiento y disposición adecuada de aguas residuales de su alcantarillado. - Emisión de norma técnica para vertidos a su alcantarillado. - Control de vertidos descargados a su alcantarillado sanitario.
Fondos de Inversión Social y Desarrollo Local (FISDL)	<ul style="list-style-type: none"> - Es la institución responsable de ejecutar las inversiones públicas en la zona rural, en las que se incluye agua y saneamiento.
Municipalidades Art. 4 y 7 Código Municipal	<ul style="list-style-type: none"> - Autoridad local facultada para promover y desarrollar programas de saneamiento ambiental. - Prestadoras de servicios públicos. - Emitir ordenanzas municipales.
Ministerio de Economía (MINEC) Art. 19, 25 y 37 Reglamento Interior del Órgano Legislativo.	<ul style="list-style-type: none"> - Aprueba tarifas por servicios de agua y alcantarillado sanitario de ANDA. - Aprueba la normativa técnica propuestas por CONACYT.
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)	<ul style="list-style-type: none"> - Formular y facilitar la elaboración de normas técnicas sobre aguas residuales descargadas en un cuerpo receptor.

2.7.1 Leyes, reglamentos y normas

En lo referente a la recolección y tratamiento de aguas residuales, en El Salvador existen más de once instrumentos jurídicos, los cuales se enlistan a continuación con su respectiva fecha de publicación:

- Ley de Urbanismo y Construcción, 1951
- Ley de Creación de ANDA, 1961
- Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador, 1994
- Ley de Medio Ambiente, 1998
- Código de Salud. Saneamiento del ambiente urbano y rural, 1988

- Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección, 1987
- Reglamento Especial de Aguas Residuales de la Ley de Medio Ambiente, 2000
- Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental, 2000
- Reglamento General de Medio Ambiente, 2000
- Reglamento a la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños. Reformada en enero 2009
- Normas Técnicas de la Ley de ANDA, 1998
- Norma para regular la calidad de aguas residuales de tipo especial descargadas al alcantarillado sanitario de ANDA, 2004.
- Norma salvadoreña Obligatoria NSO 13.49.01:09. Agua. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, 2009
- Ordenanzas Municipales

Los siguientes apartados muestran los artículos más relevantes relacionados con la construcción de alcantarillado sanitario y el tratamiento de aguas residuales, identificando los instrumentos jurídicos de donde se extraen, con la finalidad de referenciar las principales legislaciones.

2.7.1.1 Instalaciones para drenajes de aguas negras.

El literal r) del artículo 3 de la Ley de ANDA dice que es facultad de la Institución el formular y someter al Poder Ejecutivo para su aprobación, el Reglamento de la Ley y los

demás que fueren necesarios, lo mismo que sus reformas, en 1967 entraron en vigencia las primeras Normas de ANDA para el Diseño y Construcción de Alcantarillado Sanitario. Entre 1994 y 1996 se prepararon nuevas normas las cuales fueron aprobadas por la Junta de Gobierno de ANDA el 09 de octubre de 1997, estas únicamente cubrían los sistemas de alcantarillado para zonas urbanas y suburbanas, no aplicables a sistemas en zonas rurales.

En enero de 2015, la Junta de Gobierno de ANDA aprueba la nueva versión de las Normas Técnicas, la que incluye sistema de alcantarillado modalidad condominial y a la fecha se han desarrollado sistemas bajo esta modalidad.

2.7.1.2 Reglamento sobre la calidad del agua y el control de vertidos

Decreto No. 50, Título I; Disposiciones Fundamentales

Art. 1.- *El presente Reglamento tiene por objeto desarrollar los principales contenidos en la Ley Sobre Gestión Integral de los Recursos Hídricos y su Reglamento, así como los Artículos 100 y 101 de la Ley de Riego y Avenamiento, referente a la calidad de agua, el control de vertidos en las zonas de protección con el objeto de evitar, controlar o reducir la contaminación del recurso hídrico.*

Título VI; De las aguas Negras o Aguas Residuales Domésticas

Art. 59.- *El control de la contaminación producida por los residuos líquidos domésticos está sujeta a las disposiciones de la legislación vigente sobre los usos de abastecimiento de agua potable, domésticos, comerciales e industriales, en aquellos núcleos de*

población que cuentan con redes de alcantarillado sanitario administrado por ANDA y organismos afines.

Art. 60.- *Las entidades, personas naturales o jurídicas encargadas de la explotación de una red de alcantarillado sanitario, deben tomar las medidas necesarias para disminuir los riesgos de deterioro de la red o del cuerpo receptor de agua en la que se descargue. La Autoridad Competente de establecer los tratamientos a que se deberán someter las aguas negras provenientes de las redes de alcantarillado sanitario con vistas de lograr determinados niveles de calidad.*

Art. 61.- *Las entidades, personas naturales o jurídicas encargadas de la explotación de una red de alcantarillado sanitario, están obligadas a sujetarse a las normas sobre el control de vertidos a sistemas de alcantarillado sanitario que dicten ANDA y MSPAS.*

Art. 65.- *ANDA debe elaborar planes o estudios de tratamiento de las aguas residuales, industriales o domésticas que provengan de las redes de alcantarillado sanitario y las someterá, para su aprobación al MSPAS, quien velará por el cumplimiento de las normas establecidas por este Reglamento.*

En relación al tratamiento de aguas negras domésticas, particularmente en lo referente a la operación y control de los sistemas de tratamiento, desde mayo de 2000 entró en vigencia el Reglamento Especial de Aguas Residuales, formando parte del grupo de reglamentos de la Ley de Medio Ambiente.

En marzo de 2009 el país adoptó la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.49.01:09. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, la cual define los valores máximos permisibles de parámetros selectos para aguas residuales ordinarias y especiales vertidas a cuerpos receptores como ríos, quebradas, lagos y el mar. La tabla 2.5., muestra los valores permisibles para los principales parámetros que determinan la calidad de los vertidos y se hace una comparación con un nuevo documento que se encuentra en discusión desde marzo 2014 (Anteproyecto de Reglamento Especial de Aguas Residuales y Lodos) que de ser aprobado sustituirá a la norma correspondiente. Como se observa se trata de parámetros más restrictivos que buscan una mejor calidad del efluente.

Tabla 2.5. Límite de vertidos para aguas residuales

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE [2009]	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE [2014]
DBO ₅	60 mg/l	30 mg/l
DQO	150 mg/l	100 mg/l
Sólidos en suspensión	60 mg/l	30 mg/l
Fósforo Total	15 mg/l	15 mg/l
Nitrógeno Total	50 mg/l	50 mg/l
Coliformes Fecales	2,000 NMP/100 ml	2,000 NMP/100 ml
Coliformes Totales	10,000 NMP/100 ml	10,000 NMP/100 ml

NMP: Número Más Probable

Capítulo 3: Metodología

En este capítulo se muestra la metodología empleada en la investigación y se describen las diferentes etapas que la constituyen, los procedimientos utilizados y la aplicación de los instrumentos para alcanzar los objetivos definidos en este estudio.

Además, se detallan los aspectos relevantes relacionados con las fuentes de información, técnicas de recolección de datos, participantes y la estrategia del análisis de los datos.

3.1 Método de investigación

El abordaje de la investigación se realiza a través de un enfoque cualitativo con herramientas cuantitativas, es decir, se aborda un enfoque mixto o multimodal; donde es posible recolectar, analizar y vincular datos cuantitativos y cualitativos en el mismo estudio. La combinación de ambos procesos permite dar respuesta a las preguntas de la investigación e identificar la relación entre las diferentes variables; como la percepción de los usuarios sobre el servicio de alcantarillado sanitario y la disponibilidad financiera ante una nueva tarifa en concepto de tratamiento de aguas residuales, también variables como los costos y las principales fuentes de financiamiento para la implementación de infraestructura destinada a la recolección y tratamiento de aguas residuales, además de otros factores que facilitan la ejecución de este tipo de infraestructura [Sampieri, Collado y Lucio, 2010].

La recolección de datos y el análisis de la información permiten probar la hipótesis que se genera en la investigación, con base a la medición numérica y antecedentes históricos de inversiones similares.

Las principales características del enfoque son las siguientes: se plantea un problema de estudio delimitado y concreto, ya que las preguntas de investigación se concentran en cuestiones específicas; se hace la revisión de estudios anteriores al tema, se elabora el marco teórico del cual se derivan las hipótesis que se pretenden probar y para obtener los resultados se realiza la recolección de datos numéricos y cualitativos que posteriormente se analizan, además permite que el investigador sea deductivo, objetivo, estructurado y los datos obtenidos sean confiables.

Debido a que no pueden aislarse y controlarse las variables relacionadas con los costos y los beneficios de la implementación de un proyecto de recolección y tratamiento de agua residuales, la investigación se aborda por una parte desde una perspectiva cuantitativa no experimental y se utiliza un diseño de investigación ex post facto que es definido como una búsqueda sistemática empírica en la cual el investigador no tiene control directo sobre las variables independientes [Kerlinger, 1999].

La manera para analizar y medir en la investigación parte de un estudio correlacional, que permite relacionar las variables, a través de un enfoque cualitativo con herramienta cuantitativa. Además se incorporan entrevistas semiestructurada en la cual los participantes manifiestan los factores que no permiten la implementación de infraestructura para la recolección y tratamiento de las aguas residuales en San Salvador y otros aspectos relevantes en la investigación.

Población

La población a la cual es dirigida esta investigación son los usuarios del sistema de alcantarillado sanitario que residan en el sector poniente del AMSS. El detalle de los servicios instalados por municipio se describe en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Detalle de servicios de alcantarillado sanitarios suministrado por ANDA

No	Municipio	Número de servicios de alcantarillado	Población
1	San Salvador	107,969	298,988
2	Ayutuxtepeque	7,000	42,133
3	Cuscatancingo	13,473	77,310
4	Ciudad Delgado	16,765	121,139
5	Mejicanos	38,815	149,491
6	San Marcos	12,901	70,189
7	Santa Tecla	34,399	118,971
8	Antiguo Cuscatlán	8,603	39,001
Total		239,925	917,222

Fuente: ANDA, 2014.

Muestra

Como se ha detallado, el universo de usuarios que conforma la población sujeta al estudio es aproximadamente de 917,222 usuarios que descargan al Colector Interceptor que se encuentran en sector poniente del AMSS.

Como se observa, la población es demasiado grande para los recursos con los cuales se cuenta para la realización del estudio, lo cual podría generar inconvenientes no solo en la recolección sino que también en el análisis de la información.

Por la razón se ha decidido por un muestreo no probabilístico, lo que significa que se incluirán dentro de la muestra un número limitado de encuestados, y por otro lado el muestreo es guiado por uno o varios fines y no por técnicas estadísticas que busquen que los datos sean representativos, de esta segunda circunstancia se parte para decir que el muestro no es probabilístico [Sampieri, Collado y Lucio, 2010].

Después de definir el tipo de muestreo con el cual se trabaja, se establece la muestra en 30 sujetos a los cuales se les solicitó que completaran el cuestionario diseñado como instrumento de esta investigación.

También se considera la entrevista semiestructurada como un instrumento para la recolección de datos, se procura obtener respuestas de Instituciones como la ANDA, MARN, Ministerio de Salud, Alcaldías y otros entes relacionados con la recolección y tratamiento de aguas residuales urbanas.

Participantes

Sampieri, Collado y Lucio (2010) plantean que otro elemento importante donde se centra la investigación son los participantes, es trascendental la definición de “qué o quiénes”, es decir los sujetos, objetos, sucesos o comunidades de estudio; la cual depende del planteamiento de la investigación. Para esta investigación los participantes se limitan a un número de la red de alcantarillado sanitario, además de las instituciones y personal administrativo, financiero y técnicos de las diferentes entidades públicas y privadas responsables o relacionadas con la conservación de recurso hídrico a través del tratamiento de las aguas residuales. En este estudio es necesaria la opinión de individuos

expertos en el tema, siendo estas muestras válidas y útiles debido a que los objetivos de la investigación así lo requieren.

La obtención de datos provenientes de documentos, registros y otros materiales, los cuales son necesarios, son considerados como fuentes cualitativas. Estas documentaciones tienen la ventaja que han sido producidos por los participantes del estudio, pero muchas veces se dificulta la obtención.

Instrumentos

Al definirse el diseño apropiado y la muestra, la siguiente etapa es la recolección de datos, para esta investigación se utilizó dos tipos de instrumentos, con la finalidad de dar respuestas a las preguntas de la investigación, así se hace el uso de cuestionario y entrevistas.

En el caso del ***cuestionario***, el primer apartado está dedicado a obtener datos generales de los participantes, como su sexo, edad, formación académica, número de miembros en su familia, ingreso familiar y municipio de residencia.

Por otro lado, el segundo apartado tiene como intención conocer las características del servicio de alcantarillado que posee el usuario y la evaluación que tiene sobre este.

El tercer y último apartado tiene como objeto conocer la capacidad y disponibilidad financiera ante el cobro de una tarifa de tratamiento de aguas residuales, además de indagar la percepción de parte de los usuarios ante la contaminación generada por las descargas sin tratamiento de aguas potables.

Otro instrumento a aplicar es la *entrevista*; esta se define como una reunión para intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado), a través de preguntas y respuestas, se logra una comunicación y la construcción conjunta de significados respecto al tema.

El tipo de entrevista implementada es la semiestructurada, basada en una guía de preguntas, pero con la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener mayor información de sobre temas específicos.

La búsqueda y selección de registros es un instrumento clave para el análisis financiero propuesto en esta investigación, ya que gran parte de información sobre el fenómeno de estudio, solo es posible obtenerla a través de archivos y registros de determinadas instituciones. La selección de los elementos debe ser cuidados, es decir, solo eligiendo aquella información útil para el planteamiento del problema.

Procedimientos

El procedimiento de la investigación, como secuencia que se lleva en la elaboración de un estudio, debe ser planeado de tal forma que se puedan cumplir sus propósitos.

Una vez elaborado el instrumento que sirve para la recolección de la información desde la muestra de la población objetivo, se procedió a la validación del mismo. Para ello, se realiza en primer lugar una prueba preliminar con 3 sujetos, y luego de los ajustes pertinentes se realiza una prueba piloto con una pequeña muestra de 5 sujetos a los cuales se les indica que contesten las 22 preguntas contenidas en el cuestionario.

Posteriormente, se realizan modificaciones al instrumento utilizado en la prueba piloto a fin de corregir ciertas inconsistencias encontradas.

Al tratarse de una herramienta cualitativa, la entrevista es un proceso no lineal y tampoco lleva una secuencia como en los procesos cuantitativos. El procedimiento se constituye de acciones efectuadas para cumplir con los objetivos de la investigación y responder a las preguntas del estudio.

Para alguna de las entrevistas es necesario solicitar a los participantes datos provenientes de registros, documentos y otros materiales necesarios para el análisis financiero.

Planificación.

El presente estudio es de corto plazo dentro de un período de tiempo específico: septiembre de 2015 a febrero 2016. Este plazo representa una ventaja por tratarse de un estudio puntual pero un reto por el acceso a la información y la recolección de datos, sobre todo los obtenidos en entrevistas que requieren de una planeación para ejecutarse.

El personal involucrado en la realización del estudio, por tratarse de personas con responsabilidades que demandan de su tiempo y presencia, representa una complicación a la hora de concertar una cita.

Debido a que los datos son obtenidos por diferentes instrumentos, el análisis se lleva en varias etapas, sin embargo, se analizan de manera alternativa. El análisis se ha desarrollado de acuerdo a los objetivos planteados, así, por ejemplo, las entrevistas proporcionan información relacionada con la toma de decisiones y los criterios principales que determinan las inversiones de infraestructura, sobre toda en instituciones públicas; la investigación documental e histórica revelan información indispensable para

el análisis social y económico. Todo lo anterior tiene la finalidad de recolectar información que permita completar la evaluación financiera para la implementación de infraestructura relacionada con la depuración de aguas residuales y así favorecer la posterior descripción interpretativa que amplía los datos recolectados de los instrumentos.

Estrategia de análisis de datos

El análisis de los datos se lleva a cabo en diferentes etapas puesto que se obtienen a partir de diferentes instrumentos, sin embargo se analizan de manera alternativa, cuidando siempre la congruencia del análisis de acuerdo a los objetivos.

Después de la aplicación de las encuestas, entrevistas, recopilar la información y seleccionar los datos se procede a realizar el análisis a través de herramientas estadísticas, se utilizan hojas de cálculo de Excel.

Finalmente se desarrollan las tablas y gráficos con los resultados del estudio para el análisis de datos.

De igual forma se reúne la información recabada con el instrumento cualitativo de la entrevista, reuniendo y analizando todos los testimonios de los entrevistados.

Capítulo 4: Presentación de los Resultados

4.1 Análisis de los datos

Los resultados obtenidos de los instrumentos descritos en el capítulo anterior, fueron diseñados para desarrollar una metodología mixta, combinando para ello los métodos cuantitativos y cualitativos; en el caso particular del cuestionario para la recolección de los datos se contó con una encuesta de 22 preguntas a la cual se sometieron 30 sujetos.

Debe destacarse que para el análisis de los datos obtenidos de las 22 variables, 2 son numéricas y el resto se trata de variables no expresadas con números; estas variables numéricas no tendría sentido relacionarlas (edad del entrevistado y el número de miembros de su familia) por tal motivo el análisis de variables cuantitativas se ve seriamente limitado y no se ha tomado en cuenta el análisis estadístico, que determina correlaciones numéricas, análisis de regresión, etc.

Por otro lado, al contar con suficiente información de carácter cualitativo el análisis de estas variables es exhaustivo; se analiza de forma descriptiva y presentada en tablas y gráficas; y con la cual se pretenderá identificar la percepción de la población respecto a la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales y la disponibilidad financiera.

Retomando la metodología de la investigación, debe enfatizarse que por el gran tamaño de la población sujeta al estudio y los limitados recursos para la realización de la investigación, se optaba por un muestreo no probabilístico por conveniencia, no optando por técnicas estadísticas que indican representatividad, más bien se procuró únicamente tener una muestra necesaria para cumplir con los fines propios de la investigación; este

motivo imposibilita la realización de un análisis estadístico inferencial; es decir que los resultados y las conclusiones obtenidas para los sujetos de la muestra, no son válidas para toda la población.

4.2 Resultados del análisis de datos del instrumento: cuestionario

A continuación, se presentan en resumen los datos obtenidos en las encuestas utilizadas como instrumento de la presente investigación, las cuales son analizadas por segmentos tal como fueron presentadas a los participantes para lograr una mejor comprensión y descritas en el Capítulo 3.

Los resultados globales obtenidos en cada una de los cuestionarios son detallados en una matriz en los anexos de este trabajo de investigación.

4.2.1 Información base

En esta sección únicamente se recopiló información básica de los individuos encuestados y de las condiciones socioeconómicas de los mismos.

Variable número 1: Sexo

El sexo de la persona encuestada es irrelevante para el presente estudio, y su inclusión en la encuesta se ha dado por aspectos meramente estadísticos. De los 30 individuos encuestados, un total de 20 pertenecen al sexo femenino correspondiente al 66.67% del total de la muestra; mientras que 10 personas pertenecen al sexo masculino representando el 33.33% al muestreo.

Variable número 2: Edad

Se trata de una de las dos variables de carácter numérico que se incorporaron al cuestionario que fue utilizado como instrumento, la cual arrojó datos muy variados que oscilaron entre los 27 y los 60 años de edad. La media aritmética se situó en 47.10 años, la mediana en 43.50 y la moda fue de 43, dato que se repitió en 4 ocasiones.

Por otro lado, en lo que respecta a las medidas de dispersión, la desviación estándar fue de 9.33 y la varianza de 84.29.

Tabla 4.1. Resultados de variable “Edad” divididas por rangos.

Rangos edad	27-33	34-40	41-47	48-54	55-60	TOTAL
Frecuencia	3	3	9	7	8	30
Porcentaje	10.00%	10.00%	30.00%	23.33%	26.67%	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Variable número 3: nivel de estudio finalizado

Con esta variable se pretende establecer en un primer punto los conocimientos que puedan llegar a tener los encuestados y la facilidad de conocimiento sobre la infraestructura de saneamiento y otros conocimientos técnicos.

Cabe aclarar que el último nivel de estudios concluido no puede tomarse como única circunstancia para determinar los conocimientos de los encuestados, razón por la cual tendrá que analizarse a la luz de otras variables para determinar la sensibilidad del encuestado a la problemática de saneamiento que el país presenta.

Tabla 4.2. Resultados variable “Último Estudio”

Nivel de estudios	Frecuencia	Porcentaje
Bachillerato	2	6.66%
Técnico	5	16.67%
Universitario	18	60.00%
Posgrado	5	16.67%
Total	30	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En la variable se incluyeron 6 posibles respuestas para el nivel de estudios concluido por el encuestado: educación básica, bachillerato, técnico, grado universitario, posgrado o doctorado y otros estudios que deberían de especificar. La mayoría de la muestra, con el 60.0% se sitúa con un nivel universitario, por otro lado, todos los entrevistados superaban la educación básica y no se presentó otro tipo de estudios.

Variable número 4: número de miembros en la familia

El objetivo de esta variable es conocer la cantidad de habitantes por familia, ya que de esto depende el volumen de aguas residuales que se generan en una vivienda, con ello se obtiene el promedio de habitantes por viviendas y fácilmente se determina el per cápita para el posible cobro del servicio de recolección y tratamiento de aguas residuales.

Esta es la segunda variable de carácter numérico, la cual arrojó datos muy variados que oscilaron entre 2 y 7 miembros por familia. La media aritmética y la mediana se sitúan en 4 persona, la moda es de 5, dato que se repitió en 10 ocasiones.

Por otro lado, en lo que respecta a las medidas de dispersión, la desviación estándar fue de 1.2726 y la varianza de 1.5656.

Tabla 4.3. Resultados de variable “Número de miembros por familia”.

Número de miembros	2	3	4	5	6	7	TOTAL
Frecuencia	5	4	9	10	1	1	30
Porcentaje	16.67%	13.33%	30.00%	33.33%	3.33%	3.33%	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Variable número 5: Ingreso familiar mensual

Basados en los resultados de la prueba piloto de la encuesta, para esta variable se evitó consignar el número exacto del ingreso familiar y se limitó a establecer 5 rangos descritos a continuación: a) menos de \$500, b) entre \$501 y \$1,000, c) entre \$1,001 y \$2,000, d) entre \$2,001 y \$3,000, y finalmente e) mayor a \$3,001. Esta variable es de relevante importancia debido a la correlación que tiene con la disposición de los usuarios a pagar una mayor tarifa en concepto de recolección de aguas residuales y un nuevo costo en tratamiento. La figura 4.1 muestra la distribución de los diferentes ingresos obtenidos en la muestra.

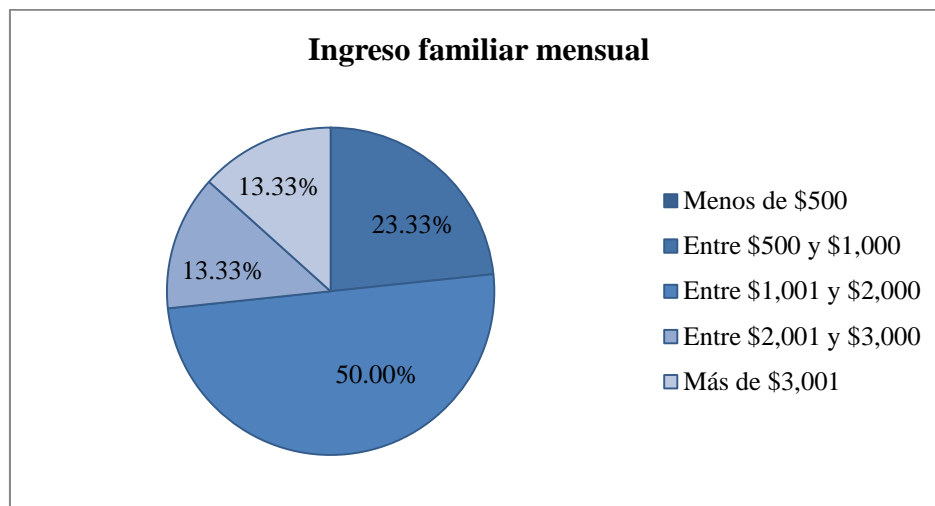


Figura 4.1. Ingresos familiares mensuales [Fuente: Elaboración propia].

Al preguntar cuál era el ingreso mensual del individuo encuestado, las respuestas obtenidas no fueron demasiado variadas, ya que el 50% percibe un ingreso familiar mensual entre \$ 1,001 y \$2,000, seguido del 23.33% que presenta ingresos entre \$501 a \$1,000, el 13.33% se encuentra entre \$2,001 y \$3,000, finalmente el 13.33% percibe ingresos mensuales mayores a \$3,001. Ninguno de los individuos encuestados presenta ingresos mensuales menores a \$500.

Variable número 6: Municipio de residencia

Como se ha descrito anteriormente, la población de estudio es aquella que reside en sector poniente de AMSS; para conocer la localidad de los encuestados, se presentó para esta variable los 8 municipios que descargan en el Colector Interceptor. La tabla 4.4 muestra los diferentes municipios, con la frecuencia de respuestas y el correspondiente porcentaje.

Tabla 4.4. Municipio de residencia

Municipio	Frecuencia	Porcentajes
San Salvador	16	53.33%
Ayutuxtepeque	1	3.33%
Cuscatancingo	0	0.00%
Ciudad Delgado	1	3.33%
Mejicanos	2	6.67%
San Marcos	1	3.33%
Santa Tecla	8	26.67%
Antiguo Cuscatlán	1	3.33%
Total	30	100%

Fuente: Elaboración propia

La mayor parte de los encuestados residen en el municipio de San Salvador con el 53.33% (16 personas), seguidos del 26.67% (8 personas) residiendo en Santa Tecla, Mejicanos con el 6.67% (2 personas), los municipios de Ayutuxtepeque, Ciudad Delgado, San Marcos y Antiguo Cuscatlán son representados por 1 persona es decir 3.33% para cada lugar, finalmente ninguno de los encuestados reside en el municipio de Cuscatancingo.

4.2.2 Datos sobre el servicio de alcantarillado sanitario.

En este apartado se recogió información de la prestación del servicio que reciben los usuarios de alcantarillado sanitario; considerando valoraciones sobre la infraestructura y tarifas. Con la información recopilada en esta sección puede determinarse la percepción de los usuarios de la red de alcantarillas, con respecto al servicio que reciben por las diferentes instituciones que lo administran.

Variable número 7: Responsable de administrar el servicio de alcantarillado sanitario

Como se ha descrito en capítulos anteriores, el servicio de alcantarillado sanitario en el AMSS puede ser administrado por diferentes instituciones, aunque en su mayoría descarguen en un colector administrado por la ANDA. Con el propósito de hacer una comparación del servicio prestado por diferentes entes, esta variable incluye 4 posibles respuestas; a) ANDA, b) Alcaldía, c) Condominio/sistema privado y d) otros administradores que debían especificarse.

Los datos recogidos indicaron, como era de esperar que la mayoría de los encuestados tenían un servicio administrado por ANDA con el 90% equivalente a 27 encuestados, seguido del 6.67% por un sistema privado para 2 encuestados y 3.33% restante, que representa a una persona que posee un servicio administrado por la Alcaldía.



Figura 4.2. Distribución de prestadores de servicio de alcantarillado sanitario [Elaboración propia].

Dentro de los datos, no se registraron otros administradores como respuesta y se confirma los datos presentados en Boletín Estadístico por la ANDA 2014, que detalla que aproximadamente el 95% de los sistemas de alcantarillado de San Salvador son administrados por la Autónoma.

Variable 8: Evaluación del servicio de alcantarillado

Esta variable pretende mostrar la calidad del servicio que los usuarios reciben en lo referente al alcantarillado sanitario. Para esta variable se establecieron 3 posibles calificaciones, siendo: a) eficiente, b) puede mejorar y c) deficiente.

Todo esto supone que la disponibilidad de los usuarios a incurrir en mayores costos en la recolección y tratamiento de las aguas residuales que generan, depende en gran medida de la calidad del servicio que actualmente reciben.

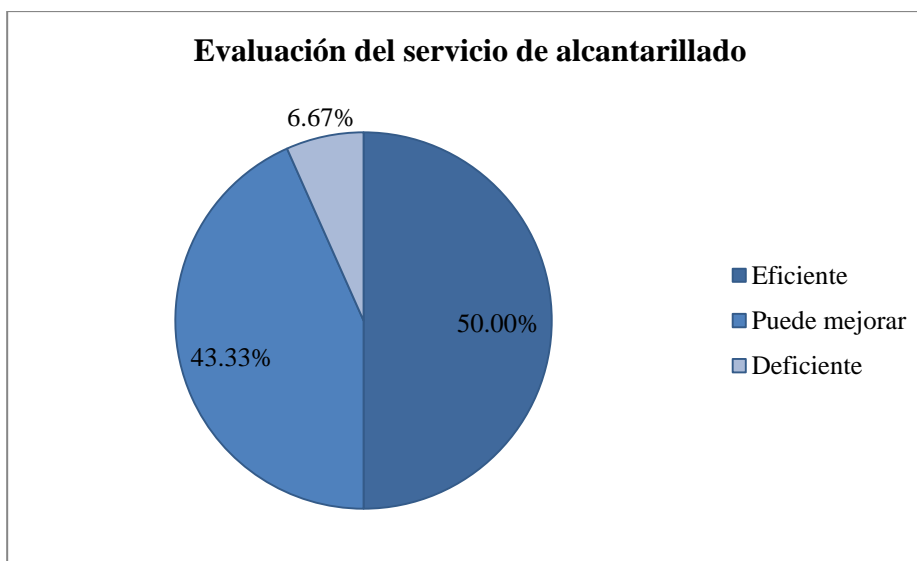


Figura 4.3. Evaluación de servicio de alcantarillado sanitario [Elaboración propia].

Como puede apreciarse en la figura 4.3, la gran mayoría de los usuarios califican su servicio de alcantarillado como eficiente con el 50%, es decir 15 usuarios lo consideran de esta forma. Por otra parte, con el 43.33% consideran que el servicio puede mejorar y finalmente el 6.67% considera que es ineficiente.

Variable 9: Condición de infraestructura que componen las obras de recolección de aguas residuales

Esta variable refleja la evaluación de los usuarios referente a la infraestructura que compone la red de alcantarillado sanitario. Estos componentes son cajas de inspección, pozos de visitas, tuberías y otros tipos de obras necesarios para la evacuación de las aguas residuales. En muchos sectores del AMSS este tipo de obra está seriamente deteriora por la antigüedad de los mismos, generando un colapso de la infraestructura que se convierte por lo general a daños en la red vial, rebases de pozos y cajas, malos olores, etc.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: 2 personas marcaron la opción a) que significa que consideran la infraestructura en excelente estado, esto es equivalente al 6.67% de la muestra; 18 personas o el 60% consideran que la infraestructura es aceptable, como sugería la opción b), 9 personas consideran que la infraestructura está deteriorada, lo que equivale al 30% de la muestra y solo una persona considera que los componentes del sistema de alcantarillado se encuentran en un estado sumamente deteriorado según detallaba la opción d).

Variable 10: Tarifa por el servicio de alcantarillado sanitario

Con esta variable se puede conocer la satisfacción de los usuarios de alcantarillado sanitario, representada con la tarifa que actualmente pagan. Se relaciona con la variable 8 en el sentido que la apreciación de la tarifa justa está directamente relacionada con el servicio recibido. Además con esta variable es posible determinar qué tanto conocimiento tienen los usuarios sobre el cobro por el servicio de alcantarillado de aguas residuales.

De las personas encuestadas, un total de 21 personas, es decir el 70% de la muestra marcaron la opción “sí” cuando se les preguntó sobre si estaban de acuerdo con la tarifa que actualmente pagan en concepto de recolección de aguas residuales, mientras que 6 personas (20%) manifestaron no estar conformes con tarifa que pagan, finalmente 2 personas (10%) no conocen a detalle cuánto pagan por este servicio.

Variable 11: Condición del alcantarillado pluvial

En el marco teórico se ha descrito como puede influir la combinación de los sistemas de alcantarillado pluvial con el alcantarillado de aguas residuales, interviniendo en gran medida en el dimensionamiento de una planta de tratamiento. Para conocer que tan frecuente se implementan este tipo de sistemas, esta variable tiene gran relevancia a la hora de diseñar una alternativa técnicamente viable de tratamiento de aguas residuales.

Un total de 24 participantes que corresponde a la gran mayoría con un 80% manifiestan contar con sistemas de alcantarillado separado, 3 participantes (10%) aseguraron que se tratan de sistemas que están unidos y finalmente el resto, 3 participantes (10%) aseguran no conocer la situación del alcantarillado.

4.2.3 Datos sobre el tratamiento de aguas residuales

Todas las preguntas establecidas en este apartado buscan conocer la percepción de la muestra en lo referente al tema de conservación del medio ambiente.

Variables 12: Disposición final de las aguas residuales

Esta variable establece el conocimiento de los usuarios respecto a la disposición de las aguas residuales que se generan en sus viviendas. Las posibles alternativas en el cuestionario se resumen a en la tabla 4.5.

El objetivo perseguido con esta pregunta es determinar el nivel de conocimiento que los usuarios de alcantarillado sanitario tienen sobre la disposición final de las aguas grises y negras que se generan en sus hogares.

Tabla 4.5. Disposición final de las aguas residuales.

Disposición final de aguas residuales	Frecuencia	Porcentaje
Quebrada, río, lago o mar.	12	40.0%
Planta de tratamiento de aguas residuales.	0	0.0%
No conocer la disposición final.	18	60.0%
Total	30	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

En primer lugar, el 40% de los encuestados, es decir 12 personas manifiestan que la disposición final de sus residuos líquidos termina en una quebrada, río, lago o mar sin tratamiento alguno, por otro lado, la mayor parte de los encuestados con 18 personas (60%) dicen no tener conocimiento de donde concluye el alcantarillado. Ninguna persona de la muestra manifestó contar con tratamiento de aguas residuales antes de ser

vertidas a un cuerpo natural de agua, este escenario podría fácilmente generalizarse para la realidad de la mayoría de habitantes del AMSS.

Variables 13: Necesidad del tratamiento de aguas residuales antes de ser vertidas en los cuerpos receptores de agua

Con esta variable se pretende determinar la importancia que las personas encuestadas le asignan al tratamiento de aguas residuales, es decir, el nivel de conciencia ante la temática de contaminación con descargas en cuerpos receptores como quebradas, ríos, lagos y mares.

Según el resultado obtenido del instrumento, el total de las personas encuestadas consideran que es necesario intervenir las aguas residuales antes de ser vertidas y contaminar las aguas superficiales. Esto indica el nivel de conciencia y la valoración que las personas tienen con el tema de depurar los ríos, lagos y mares en el país.

Variables 14: Disponibilidad para pagar un cobro extra en concepto de recolección y tratamiento de aguas residuales

Esta variable está relacionada con la variable 13, donde se ha determinado la importancia del tratamiento de aguas residuales. El objetivo es identificar hasta cuánto están dispuestos los participantes de la muestra, en incurrir en gastos extras en concepto de recolección y tratamiento de aguas residuales que se generan en su vivienda.

Se evitó consignar el número exacto para la cuota, debido a que en la muestra piloto se detectó que los encuestados no determinan una cantidad realista de cobro. Se establecieron 4 posibles respuestas para esta variable, tomando como referencia las

tarifas para agua potable; dentro de la muestra 2 personas que representan el 6.67% marcaron el literal a) que indicaba que no estaban dispuestos a pagar por tratamiento de aguas residuales; 10 participantes marcaron el literal b) como respuesta, indicando que pagarían la misma tarifa que pagan por agua potable para la recolección y tratamiento de aguas residuales; el literal c) que representa a los usuarios que pagarían una tarifa menor a la que actualmente pagan por agua potable fue seleccionada por 2 personas (6.67%) y finalmente la opción d) fue seleccionada por 16 personas con el 53.33% de la muestra, estarían dispuestos a pagar una cuota menor a la tarifa por agua potable.

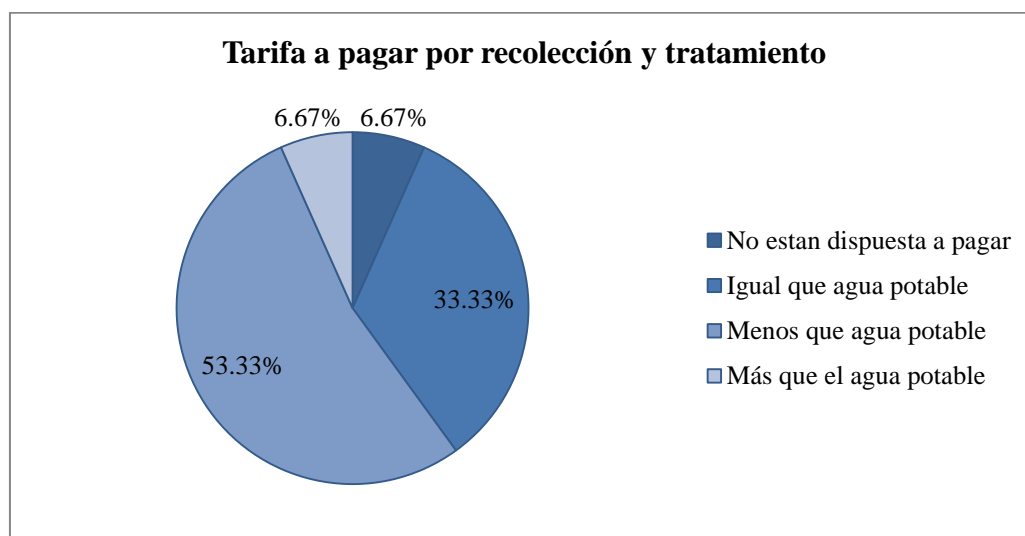


Figura 4.4. Posibles tarifas para el servicio de recolección y tratamiento de aguas residuales [Fuente: Elaboración propia].

Variable 15: Tratamiento domiciliario de las aguas residuales

Para esta variable se solicitó a los encuestados que expresaran si cuentan en sus viviendas con tratamientos previos para las aguas residuales antes de ser vertidos al alcantarillado público. El objetivo de esta variable es para conocer los hábitos que los

usuarios tienen, ya gran parte del colapso de los sistemas se debe al uso inadecuado del sistema.

Los resultados fueron los siguientes: 4 personas equivalentes al 13.33% manifestaron que si cuentan con tratamiento previo como rejillas y trampas de grasas antes de evacuar las aguas residuales, 25 personas equivalentes al 83.33% dijeron no realizan ningún tratamiento, y finalmente 1 persona que significan un 3.33% del muestreo, desconoce si su vivienda cuenta con esta infraestructura.

Variable 16: Focos de contaminación cercanos a la vivienda

La mayoría de los ríos en el AMSS se encuentran seriamente dañados por las descargas directas de aguas residuales, representando una amenaza para la salud de todas las personas, en especial las que residen cerca.

De los 30 encuestados, el 53.33% (16 sujetos) manifestó que cerca de sus viviendas existen quebradas o ríos contaminados, el 30.00% (9 participantes) dijo no residir cerca de lugares con ríos contaminados y finalmente el 16.67% (5 participantes) desconocen si existen cuerpos de agua contaminados en las cercanías de sus viviendas.

Variables 17: Principal problema de la contaminación de ríos, lagos y mares con descargas de aguas residuales

Esta variable está directamente relacionada con la variable 13, donde el resultado indicó que el 100% de la muestra identifica al tratamiento de aguas residuales como un procedimiento necesario antes de descargar a cualquier cuerpo natural de agua. Esta variable cuenta con 4 alternativas de respuesta, aunque todas son de relevante

importancia se delimitó para conocer la opinión de la muestra, los resultados son resumidos en la tabla 4.6.

La personas encuestadas claramente definen como principal problema ocasionado por la descarga sin tratamiento de aguas residuales a las quebradas, ríos, lagos y mares la opción a), el 80% de la muestra (25 personas) consideran que es una amenaza a la salud pública, la opción b) fue seleccionada por una persona que representa el 3.33% de la muestra y considera que el turismo se ve limitado, la degradación de la flora y fauna estaba representada en la opción c) y fue seleccionada por el 16.67% de la muestra (5 personas), finalmente nadie indicó otros posibles problemas.

Tabla 4.6. Principal problema de la contaminación con descargas de aguas residuales.

Problema	Frecuencia	Porcentaje
Amenaza a la salud pública	24	80.0%
Limita el turismo	1	3.33%
Degradación de la flora y fauna	5	16.67%
Otros	0	0.00%
Total	30	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Variable 18: Responsable de tratar las aguas residuales.

A pesar que la legislación salvadoreña establece a los responsable del tratamiento de aguas residuales, esta variable pretende conocer la percepción de los usuarios sobre quien debería ser el responsable, independientemente lo dispuesto en la ley. La tabla 4.7., resume lo resultados en esta variable.

Tabla 4.7. Responsable del tratamiento de aguas residuales.

Institución	Frecuencia	Porcentaje
Gobierno Central	5	16.67%
ANDA	15	50.00%
MARN	6	20.00%
Urbanizadores	0	0.00%
Otros	4	13.33%
Total	30	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Se presentaron 5 posibles respuestas, donde un total de 5 sujetos (16.67%) identifica el Gobierno Central como responsable del tratamiento, 15 personas (50%) dijeron que ANDA, 6 personas (20%) creen que debería ser MARN y 4 sujetos (13.33%) seleccionaron la opción de “otros”, especificando en las 4 respuestas que debería ser una labor entre ANDA y MARN.

Variable 19: Responsable de garantizar que no se contaminen ríos, lagos y mares

Al igual que la variable 18, la legislación salvadoreña determina quien tiene que garantizar que no se contaminen los cuerpos naturales de agua con aguas residuales, el objetivo de esta variable es conocer la percepción de los usuarios de la muestra, sobre quien debe garantizar la conservación del medio ambiente. La variable contaba con 8 posibles respuestas, que se detallan el cuadro 4.8.

Tabla 4.8. Principales responsables del control de vertidos.

Responsable	Frecuencia	Porcentaje
MARN	16	53.33%
Ministerio de Salud	1	3.33%
ANDA	3	10.00%
Urbanizadores	0	0.00%
Gobierno Central	3	10.00%
Alcaldías	1	3.33%
Todos	6	20.00%
Otros	0	0.00%
Total	30	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

El 53.33% de la muestra que hace un total de 16 personas manifiesta que es responsabilidad del MARN, seguido de 20% con 6 personas que creen que todos deberían de garantizar que no se contaminan los ríos, el 10% dijo que ANDA, otro 10% (3 personas) consideran que el Gobierno Central debería de canalizar esta problemática, 3.33% (1 persona) el Ministerio de Salud y el resto 3.33% que las Alcaldías.

Variable 20: Motivo de la limitada inversión en proyectos de tratamiento de aguas residuales

Esta variable muestra la apreciación que los usuarios de alcantarillado sanitario tienen de los pocos proyectos relacionados con el tratamiento de aguas residuales. La variable cuenta con 3 posibles respuestas; a) No es prioridad ante otras necesidades, b) Limitado recurso de las instituciones públicas y c) Falta de cumplimiento de leyes. Los resultados se detallan en el gráfico 4.4.

Las personas encuestadas identifican como principal limitante la opción a), 23 personas que equivale al 76.67% de muestra seleccionaron este literal, la opción b),

cuenta con el 16.67% representado por 5 personas y finalmente la el 6.67% equivalente a 2 personas seleccionaron la opción c).

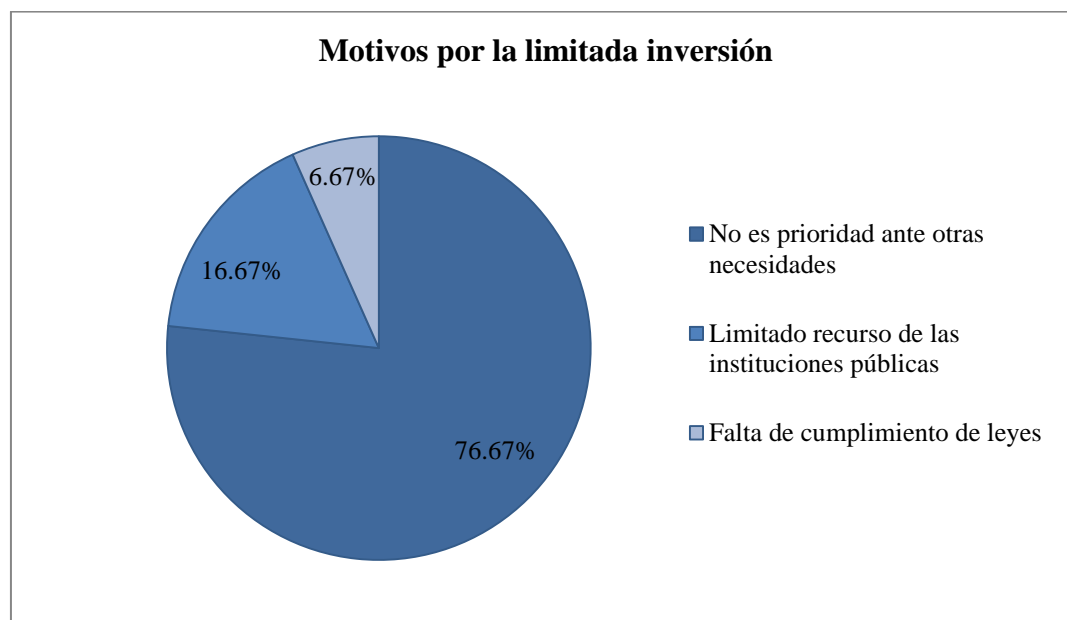


Figura 4.4. Motivos de la limitada inversión en proyectos de tratamiento de aguas residuales [Fuente: Elaboración propia].

Variable 21: Necesidad de estudios sobre el tratamiento de aguas residuales.

Se le preguntó a los encuestados si consideran necesarios este tipo de trabajos de investigación, el 100% de la muestra indica que si es necesario.

Variables 22: Finalidad de los estudios sobre el tratamiento de aguas residuales

Relacionado con la variable 21, con esta variable se pretende conocer la percepción de los encuestados respecto al objetivo que deberían de abordar este tipo de investigación. Los resultados indican que el 20% de la muestra (6 personas) consideran

que la finalidad debería ser mostrar la realidad del país en lo referente al saneamiento, la mayoría indican que deben hacer conciencia sobre la importancia del tratamiento de aguas residuales, está repuesta es representada por el 43.33% de la muestra y finalmente el 36.67% restante consideran que sirven de herramienta para instituciones encargadas de este tema. Ninguna de las personas encuestadas, manifestó que este tipo de investigaciones no tienen relevancia. La tabla 4.9., resume los resultados obtenidos.

Tabla 4.9. Finalidad del estudio

Finalidad	Frecuencia	Porcentaje
No tienen relevancia	0	0.00%
Mostrar la realidad del país	6	20.0%
Hacer conciencia	13	43.33%
Herramientas para otras instituciones	11	36.67%
Total	30	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4 Evaluación de la confiabilidad y validez

Para un trabajo de investigación es crucial la confiabilidad y validez de los datos que los diferentes instrumentos puedan arrojar. La confiabilidad se define como el grado en el que un instrumento proyecta resultados coherentes, mientras que la validez es el grado de precisión con el que se mide lo que se quiere medir; para determinar si un instrumento es válido se requiere información sobre los criterios que se han antepuesto a su construcción, tal como define Camilloni (2003).

Debido a que la metodología en la investigación es desde un enfoque mixto, con el 91.91% de las variables de carácter cualitativo, se dificulta a través de resultados aritméticos determinar la confiabilidad y validez del instrumento; a continuación se

describen una serie de fases utilizadas para asegurar la comprensión de las variables a los encuestados y obtener así un mayor grado de validez.

La fase inicial consistió en elaborar las 22 preguntas para realizar una primer prueba piloto con 3 individuos, indicándoles que deberían de completar y manifestar que pregunta les generaba mayor dificultad para completarlas, además de las que consideraban repetitivas. En la primera prueba piloto se detectaron deficiencias en la formulación del cuestionario, las cuales fueron ajustadas para facilitar la comprensión y llenado.

Con el cuestionario ajustado, se procedió con la fase 2 que consistió en realizar una nueva prueba piloto con 5 individuos que cumplieran con las características propias de la muestra. En esta etapa no se identificaron deficiencias en la redacción y formulación de cuestionario, las personas lo completaron siguiendo las indicaciones y limitaciones que antecedían a la lista de preguntas.

Finalmente tras concluir de las pruebas pilotos que el instrumento cumplía con las características apropiadas, se sometió a la aprobación del asesor, quien lo aprobó para que fuese aplicado porque cumplía con los objetivos buscados en la investigación.

4.2.5 Análisis de contingencia

Para la presente investigación se dificulta aplicar los tradicionales métodos estadísticos para relacionar variables, debido a las limitaciones con las variables cuantitativas presentes en el instrumento, ya que en su mayoría fueron incluidas las de carácter cualitativo.

El instrumento contaba únicamente con 2 de un total de 22 variables, que arrojan resultados numéricos susceptibles de analizar con procedimientos estadísticos; la edad del encuestado y el número de miembros en su familia: al no contar con una relevante relación entre estas variables, no se consideran estas valoraciones para este estudio.

Por otro lado, se han desarrollado una serie de correlaciones cualitativas de las diferentes variables, a través de tablas contingencias descritas a continuación:

Salario y disposición a pagar una tarifa por tratamiento

La tabla 4.10., muestra la asociación entre la variable del ingreso mensual y la disposición de pago en concepto de tratamiento de aguas residuales; como se puede observar la mayor parte de la muestra con el 23.3%, son representados personas que perciben ingresos entre \$1,001 y \$2,000 y aceptarían pagar una cuota menor que la actual de agua potable en concepto de tratamiento de aguas negras. Las variables presentan un coeficiente de contingencia de 0.482, lo que indica que existe una buena asociación entre estas variables.

Tabla 4.10. Tabla de contingencia ingresos y disponibilidad de pago

			DISPOSICION				Total
			No pagaría	Igual que AP	Más que AP	Menos que AP	
INGRESO	Entre \$501 y \$1000	Count	1	0	0	6	7
		% of Total	3,3%	,0%	,0%	20,0%	23,3%
	Entre \$1001 y \$2000	Count	1	6	1	7	15
		% of Total	3,3%	20,0%	3,3%	23,3%	50,0%
	Entre \$2001 y \$3000	Count	0	3	0	1	4
		% of Total	,0%	10,0%	,0%	3,3%	13,3%
	Más de \$3001	Count	0	1	0	3	4
		% of Total	,0%	3,3%	,0%	10,0%	13,3%
Total	Count	2	10	1	17	30	
	% of Total	6,7%	33,3%	3,3%	56,7%	100,0%	

Fuente: Elaboración propia con software PSPP

Localidad y valoración del servicio

Tabla 4.11. Tabla de contingencia entre municipio y valoración del servicio

			SERVICIO			Total
			Eficiente	Puede Mejorar	Deficiente	
MUNICIPIO	San Salvador	Count	9	7	0	16
		% of Total	30,0%	23,3%	,0%	53,3%
	Ayutuxtepeque	Count	1	0	0	1
		% of Total	3,3%	,0%	,0%	3,3%
	Ciudad Delgado	Count	0	1	0	1
		% of Total	,0%	3,3%	,0%	3,3%
	Mejicanos	Count	0	2	0	2
		% of Total	,0%	6,7%	,0%	6,7%
	San Marcos	Count	0	1	0	1
		% of Total	,0%	3,3%	,0%	3,3%
	Santa Tecla	Count	4	2	2	8
		% of Total	13,3%	6,7%	6,7%	26,7%
	Antiguo Cuscatlán	Count	1	0	0	1
		% of Total	3,3%	,0%	,0%	3,3%
	Total	Count	15	13	2	30
		% of Total	50,0%	43,3%	6,7%	100,0%

Fuente: Elaboración propia con software PSPP

Como se observa en la tabla 4.11., solo un 6.7% de la muestra, evalúan que en Santa Tecla el servicio de alcantarillado es deficiente, la mayoría de los encuestado consideran

que cuentan con un servicio eficiente. El coeficiente de contingencia para estas variables arroja el valor de 0.551, lo que significa que las variables presentan una buena asociación.

Nivel académico con nivel de consciencia ante la contaminación con vertidos

Tabla 4.12. Tabla de contingencia entre nivel de estudios y nivel de consciencia

			NECESIDADPTAR	
			Si	Total
ESTUDIOS	Bachillerato	Count	2	2
		% of Total	6,7%	6,7%
	Técnico	Count	5	5
		% of Total	16,7%	16,7%
	Universitario	Count	18	18
		% of Total	60,0%	60,0%
	Posgrado	Count	5	5
		% of Total	16,7%	16,7%
Total	Count	30	30	
	% of Total	100,0%	100,0%	

Fuente: Elaboración propia con software PSPP

De esta asociación se puede observar que el 100% de la muestra considera necesario el tratamiento de aguas residuales, coincidiendo en su respuesta independientemente del grado académico con el que cuentan los encuestados.

Edad y disposición al pago

Como se muestra en la tabla 4.13., independiente de la edad la mayoría de los encuestados aceptarían una tarifa en concepto en de tratamiento de aguas residuales

menor a la que pagan por el suministro de aguas potable, la cual como se ha mencionado en capítulos anteriores, actualmente no cubren los costos de operación y mantenimiento.

Tabla 4.13. Tabla de contingencia entre edad y disposición al pago

			DISPOSICION				Total
			No pagaría	Igual que AP	Más que AP	Menos que AP	
EDAD	27-33 años	Count	0	1	0	2	3
		% of Total	,0%	3,3%	,0%	6,7%	10,0%
	24-40 años	Count	0	2	0	1	3
		% of Total	,0%	6,7%	,0%	3,3%	10,0%
	41-47 años	Count	1	4	1	3	9
		% of Total	3,3%	13,3%	3,3%	10,0%	30,0%
	48-54 años	Count	1	0	0	6	7
		% of Total	3,3%	,0%	,0%	20,0%	23,3%
	55-60 años	Count	0	3	0	5	8
		% of Total	,0%	10,0%	,0%	16,7%	26,7%
Total		Count	2	10	1	17	30
		% of Total	6,7%	33,3%	3,3%	56,7%	100,0%

Fuente: Elaboración propia con software PSPP

4.3 Resultados del análisis de datos del instrumento: entrevista

Esta sección presenta en resumen la información obtenida de las entrevistas realizada a funcionarios de instituciones relacionadas con la implementación de proyectos de inversión pública, orientados con el tratamiento de aguas residuales y la conservación del medio ambiente; información que ha sido analizada según lo descrito en la metodología. Los detalles de las entrevistas se presentan en los anexos de este trabajo.

Situación actual del servicio de alcantarillado

La respuesta a esta pregunta va orientada a un servicio aceptable desde el punto de vista de infraestructura para la recolección, pero con deficiencias en la cobertura y tratamiento. Con respecto a la tarifa los entrevistados coinciden que es simbólica y que evidentemente no logra cubrir los costos de operación de los sistemas.

Importancia del tratamiento de las aguas residuales

En resumen, los entrevistados consideran que es importante la depuración de las aguas residuales ya que pretenden conservar el medio ambiente, pero primordialmente garantiza la salud de las personas. Además, genera beneficios económicos difíciles de cuantificar, pero con la certeza que trae consigo una serie de beneficios sociales.

Limitada inversión en proyectos de recolección y tratamiento de aguas residuales

En las instituciones que les compete invertir en el tema de saneamiento, no se considera prioridad el tema del tratamiento de las aguas residuales ya que por lo general se trata de alternativas de alto costo.

Inversión para el tratamiento de aguas residuales

Los entrevistados manifiestan no conocer planes que aborden el tema del tratamiento de las aguas residuales, manifiestan que debería formularse un Plan Nacional de

Saneamiento, que diagnostique la situación actual, que describa la problemática y evalúe escenarios económicos, ambientales, sociales, entre otros.

Futuro de El Salvador en lo referente al tratamiento de aguas residuales

El futuro del país depende de la voluntad política y de las propuestas nacionales para el saneamiento, la problemática puede mejorar únicamente si se implementa y se hace cumplir disposiciones como las de un Plan Nacional para el saneamiento.

Respuesta de los salvadoreños ante la implementación de tratamientos de aguas residuales

La imposición de una tarifa a la población, con seguridad sería rechazada. Es importante que se difundan los beneficios con el tratamiento de las aguas y generar conciencia en los usuarios de las mejoras ambientales.

Legislación salvadoreña para la conservación del recurso hídrico

Los entrevistados coinciden que la legislación es insuficiente y solo aborda aspectos puntuales para el control de vertidos. No existe un riguroso control de la descarga y no se sanciona a los involucrados, además manifiestan que debe manejarse una estrategia ambiental para mejorar en este aspecto.

Potenciales fuentes de financiamiento

La respuesta se resume a donaciones a través de organismos internacionales de cooperación y préstamos a instituciones bancarias, como el BID y el Banco Mundial.

4.4 Prueba de Hipótesis

La hipótesis de este trabajo de investigación, establece que la ampliación y mejoramiento de la red de alcantarillado y la disposición adecuada y depurada de las aguas residuales genera beneficios económicos y sociales en comparación con los costos de construcción, además de reconocer como principal obstáculo las limitadas fuentes de financiamiento y legislación.

El análisis de datos muestra información relevante sobre la percepción de los usuarios del sistema actual de alcantarillado en el AMSS, indicando que existe un rechazo y desconocimiento de las implicaciones técnicas y financieras de la recolección y tratamiento de las aguas residuales. Por otro lado los participantes en las entrevistas no profundizan en el tema de la poca inversión para este tipo de obras, considerando este aspecto subjetivo.

A pesar que a los participantes no se les solicitó valores puntuales de una tarifa para la disposición adecuada de las aguas que generan, existe un alto porcentaje de la muestra que rechaza o están dispuestos a incurrir en un bajo costo para ello, contrastando con la manifestación de importancia para el tratamiento.

Por otro lado, también se verificó en el análisis que no existe un control de los vertidos y que la legislación es insuficiente en los aspectos de saneamiento. La recolección y análisis de información confirma lo planteado en la hipótesis del presente trabajo.

4.5 Principales Hallazgos

Uno de los hallazgos más interesante es la alta valoración de la población al tema del tratamiento de aguas residuales, manifestando las ventajas que traerían a la salud pública, a la conservación del medio ambiente y el potencial turístico que conlleva. A pesar de este nivel de consciencia aún existe una resistencia a pagar el costo de las obras, operación y mantenimiento.

Otro hallazgo relevante; se ha identificado que para lograr beneficios económicos y sociales, el Estado debe implementar Planes Nacionales que garanticen la conservación del medio ambiente, en especial proteger el recurso hídrico, que cada vez es más limitado y que está directamente relacionado con la salud de las personas.

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

La inversión para desarrollar un proyecto de la magnitud de una planta de tratamiento que atienda al AMSS no es económicamente viable, excepto que se implemente una tarifa adecuada. Evidentemente para la sociedad salvadoreña no es deseable, ya que causa un incremento considerable en la economía familiar.

La evaluación social que se ha desarrollado en este trabajo permite concluir que no es rentable la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en El Salvador, específicamente para el sector poniente del AMSS, ya que difícilmente podrían recuperarse los costos de inversión. Debe evaluarse los efectos positivos y evitar la externalidad negativa de la contaminación.

Actualmente las descargas sin tratamiento de aguas residuales a cuerpos receptores de agua, representan un elevado costo ambiental y social; la ejecución del proyecto representa un beneficio para la sociedad salvadoreña al reducir focos de contaminación que amenaza con la salud pública.

Conforme a los resultados de la encuesta y entrevistas, existe un nivel de consciencia sobre la importancia del tratamiento de las aguas residuales, pero muchos usuarios de las redes de alcantarillado en AMSS muestran resistencia a aceptar la imposición de tarifas en concepto de tratamiento. Se presentan inconformidad con las tarifas actuales para la

recolección, las cuales está muy por debajo del costo de construcción, operación y mantenimiento.

En el caso de desarrollar proyectos de la magnitud y servicio de una planta de tratamiento, debe considerarse dentro de los costos de inversión, campañas publicitarias que muestren a la población los verdaderos costos que las instituciones que administran y operan la recolección y tratamiento de aguas residuales incurren periódicamente, con el objetivos de hacer conciencia sobre una tarifa adecuada, desarrollando así proyectos sostenibles, que al ser económicamente viables representan avances significativos en la inversión del país.

La ANDA debe reformular su pliego tarifario, y lograr ingresos eficientes y equitativos, actualmente el subsidio no permite recuperar sus costos y realizar inversiones, imposibilitando ampliar la cobertura de los servicios y mejorar la infraestructura. Los subsidios siempre deben estar focalizados hacia las personas más necesitadas, actualmente la política de cobro absorbe a un gran número de salvadoreños con capacidad económica para pagar costos reales de construcción, operación y mantenimiento.

La legislación e institucionalidad es un tema decisivo para la implementación de infraestructuras enfocadas a combatir los procesos de contaminación con vertidos de aguas residuales, que además de eliminar la disponibilidad del recurso, representan un alto costo socioeconómico al país, frenando los avances de desarrollo.

5.2 Recomendaciones

Si se ejecutaran proyectos de la magnitud de una planta de tratamiento de aguas residuales para AMSS, debería implementarse un sistema de cálculo y financiamiento por parte de la entidad ejecutora y administradora, que actualmente es competencia de la ANDA, con la finalidad que la construcción y operación del sistema no represente pérdidas económicas.

Debe evaluarse estos proyectos desde el punto de vista ambiental y reconocerse la degradación ambiental como un retroceso económico; las Instituciones encargadas del saneamiento y conservación del medio ambiente en el país, deben adoptar una estrategia que garantice inversiones técnica, financiera y ambientalmente factibles.

Las Instituciones competentes requieren de campañas para concienciar a los usuarios de los servicios de alcantarillado sanitario, sobre la importancia que tiene el tratamiento de las aguas residuales y animarlos a pagar estos servicios.

Como seguimiento a este trabajo de investigación, se recomienda realizar el análisis financiero para la construcción, operación y mantenimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales para el AMSS y determinar la tarifa que los usuarios de alcantarillado deberían de pagar, sin considerar subsidios; con el objetivo de hacer conciencia a los usuarios sobre el verdadero costo del tratamiento de las aguas residuales. Se recomienda a la ANDA proporcionar información de carácter financiero y comercial para desarrollar esta posible investigación.

Referencias

- Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados – ANDA. (2015). *Boletín Estadístico 2014 No. 36*. El Salvador.
- Alianza por el Agua (2009). *Manual de Depuración de Aguas Residuales: Monográficos Agua en Centroamérica*. España.
- Camilloni, A. R. (2003). *Corrientes didácticas contemporáneas.*: Editorial Paidós. Buenos Aires, Argentina.
- Chinchilla, E., y Rodríguez, E., (2010). *Diseño de Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Ciudad de San José Guayabal, Municipio de San José Guayabal, Departamento de Cuscatlán*. Universidad de El Salvador, UES, El Salvador.
- Comisión Nacional del Agua – CONAGUA. (2009). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado Sanitario*. México.
- Corporación de Municipalidades de La Republica de El Salvador – COMURES. (2007). *Agua Potable Municipal; Experiencias exitosas en El Salvador*. El Salvador.
- Dimas, L. (2005). *Contaminación del agua en El Salvador*. Boletín 237, 2005. FUSADES, El Salvador.
- Gutiérrez, C., (1978). *Conceptos Básicos sobre Lagunas de Oxidación*. Nicaragua.
- Hernández, S., Fernández-Collado, C. y Baptista, P (2006). *Metodología de la Investigación*. Cuarta Edicion, McGraw-Hill. Mexico.
- Kerlinger, F.N., (1999). *Investigación del Comportamiento. Técnicas y Metodología*. Mc Graw Hill. México.

- Lesikar, B., y Enciso, J., (2000). *Sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras. Cámara de percolación*. Servicio de extensión Agrícola de Texas, Estados Unidos.
- Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Area Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños*. Diario oficial de la República de El Salvador, Tomo N° 18, 26 de enero de 1994.
- Ley de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados*. Diario oficial de la República de El Salvador, Tomo N° 191, 17 de octubre de 1961.
- Ley de Medio Ambiente*. Diario oficial de la República de El Salvador, Tomo N° 79, 4 de mayo de 1998.
- López, G., y Rodríguez, F. (2012). *Rediseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario, Alcantarillado Pluvial y Propuesta de de Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Ciudad de Armenia*. Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Metcalf y Eddy, (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertidos y reutilización*. Tercera Edición. Mc Graw Hill Interamericano de España. Estados Unidos.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales – MARN. (2013). *Estrategia Nacional de Saneamiento Ambiental*. El Salvador.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales – MARN. (2015). *Plan Nacional de Cambio Climático (PNCC)*. El Salvador.
- Norma salvadoreña Obligatoria NSO 13.49.01:09. Agua. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor*. Diario oficial de la República de El Salvador, Tomo N° 382, 11 de marzo de 2009.
- Oakley, S. y Salguero, L., (2011). *Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Centroamérica: Un Manual de Experiencias, Diseño, Operación y*

Sostenibilidad. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, USAID y la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.

Programa Salvadoreño de Investigación Sobre Desarrollo y Medio Ambiente – PRISMA. (2001). *La Contaminación del agua en El Salvador: Desafíos y respuestas institucionales*. El Salvador.

Proteccion. Diario oficial de la República de El Salvador, Tomo N° 221, 23 de marzo de 1982.

Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Salas, J., Pidre, J. y Cuenca I. (2008). *Manual de Tecnologías no Convencionales para la Depuración de Aguas Residuales*. Instituto del Agua de Andalucía y Centro de Nuevas Tecnologías del Agua - CENTA . España.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F.: Mc Graw-Hill/ Interamericana editores, S.A. de C.V.

Varila, J. y Díaz, F (2008). *Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio – Sewage treatment by activated sludge at laboratory scale*. Universidad del Bosque, Bogotá D.C., Colombia.

Anexo A. Instrumento de investigación: cuestionario

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Instrumento de investigación de trabajo de graduación para maestría en Administración Financiera titulado “Evaluación Socioeconómica de la implementación de Sistemas de Recolección y Tratamiento de Aguas Residuales”

SUJETOS: Dirigido a usuarios de los sistemas de alcantarillado sanitario que residen en el Área Metropolitana de San Salvador, específicamente personas que residan en los municipios de Ayutuxtepeque, Mejicanos, Cuscatancingo, San Salvador, Santa Tecla, Antiguo Cuscatlán, San Marcos y Ciudad Delgado.

Por favor contestar únicamente si su lugar de domicilio se encuentra dentro de los municipios enlistados.

Objetivo: Recolectar información relacionada con la prestación del servicio de recolección y tratamiento de aguas residuales urbanas, con la finalidad de conocer los factores que inciden en la implementación de este tipo de infraestructura sanitaria.

Nota: Entiéndase por aguas residuales domésticas, aquellas compuestas por las aguas jabonosas generadas en duchas, lavamanos, cocina y las descargas de inodoros.

INSTRUCCIONES: Por favor lea cuidadosamente las siguientes preguntas antes de responderlas. En las preguntas que tengan múltiples respuestas, por favor límitese a marcar un solo literal y contestar todas las preguntas que se le presentan a continuación:

I) Información base

1. Sexo: ____Femenino ____Masculino
2. Edad: ____ años
3. Último nivel de estudios concluido:
 - a) Educación básica
 - b) Bachillerato
 - c) Técnico
 - d) Universitario
 - e) Posgrado/doctorado
 - f) Otros: _____
4. Número de miembros en su familia (personas que residen con Usted): ____personas
5. Ingreso familiar mensual:
 - a) Menos de \$500
 - b) Entre \$501 a \$1,000
 - c) Entre \$1,001 a \$2,000
 - d) Entre \$2,001 a \$3,000
 - e) Más de \$3,001
6. Municipio en el que reside:
 - a) San Salvador
 - b) Ayutuxtepeque
 - c) Cuscatancingo
 - d) Ciudad Delgado
 - e) Mejicanos
 - f) San Marcos
 - g) Santa Tecla
 - h) Antiguo Cuscatlán

II) Datos sobre el servicio de alcantarillado sanitario

7. ¿Quién es el responsable de administrar el sistema de alcantarillado sanitario que Ud. utiliza?
 - a) ANDA
 - b) Alcaldía
 - c) Sistema privado
 - d) Otro: _____

8. ¿Cómo evalúa el servicio de alcantarillado sanitario?
 - a) Eficiente
 - b) Puede mejorar
 - c) Deficiente

9. ¿Cómo evalúa la infraestructura para la recolección de aguas residuales? (pozos, cajas y tuberías)
 - a) Excelente estado
 - b) Aceptable
 - c) Deteriorad
 - d) Sumamente deteriorado

10. ¿Está de acuerdo con la tarifa que actual paga por el servicio de alcantarillado sanitario?
 - a) Si
 - b) No
 - c) No conozco el detalle del cobro del servicio de alcantarillado

11. ¿Cuenta con alcantarillado para aguas lluvias separadas del sistema para aguas residuales?
 - a) Si
 - b) No
 - c) No sé

III) Datos sobre el tratamiento de aguas residuales

12. ¿Dónde finaliza el alcantarillado sanitario que recoge las aguas residuales de su vivienda?
- a) Quebrada, río, lago o mar
 - b) Planta de tratamiento de aguas residuales
 - c) No conozco la disposición final de las aguas residuales de mi vivienda
13. ¿Considera necesario el tratamiento de aguas residuales antes de ser vertidas en quebradas, ríos, lagos o mares? ____SI ____NO
14. ¿Qué tarifa estaría dispuesto a pagar mensualmente en concepto de recolección y tratamiento de aguas residuales generadas en su vivienda?
- a) No estoy dispuesto a pagar por tratamiento de aguas residuales
 - b) Igual que la tarifa de agua potable
 - c) Más que la tarifa de agua potable
 - d) Menos que la tarifa de agua potable
15. ¿Realiza algún tratamiento a las aguas residuales generadas en su vivienda antes de descargarlas en el alcantarillado público? (trampa de grasa, rejillas, etc.)
- a) Si
 - b) No
 - c) No sé
16. ¿Existen quebradas o ríos contaminados cercanos a su vivienda?
- a) Si
 - b) No
 - c) No sé

17. ¿Cuál es el principal problema de la contaminación de ríos, lagos y mares con descargas de aguas residuales sin tratamiento?
- a) Amenaza a la salud pública
 - b) Limita el turismo
 - c) Degradación de la flora y fauna
 - d) Otro
18. ¿Quién debería ser el responsable de tratar las aguas residuales?
- a) El Estado
 - b) ANDA
 - c) Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
 - d) Urbanizadores
 - e) Otro
19. ¿Quién debería de ser el responsable de garantizar que no se contaminen los ríos, lagos y mares con descargas de aguas residuales?
- a) Ministerios de Medio Ambiente y Recursos Naturales
 - b) Ministerios de Salud
 - c) ANDA
 - d) Urbanizadores
 - e) El Estado
 - f) Alcaldías
 - g) Todos
 - h) Otro:
20. ¿A qué se debe la limitada inversión en proyectos para el tratamiento de aguas residuales?
- a) No es prioridad antes otras necesidades
 - b) Limitado recursos de las Instituciones Públicas
 - c) Falta de cumplimiento de leyes

21. ¿Considera necesarias este tipo de investigaciones? ____SI____NO

22. ¿Cuál debería de ser la principal finalidad de los estudios sobre el tratamiento de aguas residuales?

- a) No considero relevantes este tipo de estudios
- b) Mostrar la realidad del aspecto de saneamiento en el país
- c) Hacer conciencia sobre la importancia del tratamiento de aguas residuales
- d) Sirven de herramientas para las instituciones encargadas de este tema

Anexo B. Matriz de resultados de cuestionario

No.	Pregunta / Encuestado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Sexo:	b	a	b	b	a	a	a	a	b	a
2	Edad:	28	37	58	43	34	57	32	45	58	49
3	Nivel de estudios finalizado:	d	d	d	d	e	b	d	c	e	d
4	Número de miembros en su familia:	5	5	4	4	5	4	2	4	2	5
5	Ingreso familiar mensual:	c	b	c	c	d	b	c	c	d	c
6	¿En cuál municipio reside?	g	a	g	a	a	a	a	a	a	a
7	¿Quién es el responsable de administrar el sistema de alcantarillado sanitario que Ud. utiliza?	a	a	a	a	a	a	a	a	a	c
8	¿Cómo evalúa el servicio de alcantarillado sanitario?	a	b	a	b	a	a	a	b	a	a
9	¿Cómo evalúa la infraestructura para la recolección de aguas residuales? (pozos, cajas y tuberías)	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
10	¿Está de acuerdo con la tarifa que actual paga por el servicio de alcantarillado sanitario?	a	a	a	a	a	b	a	a	a	c
11	¿Cuenta con alcantarillado para aguas lluvias separado del sistema para aguas residuales?	c	b	a	a	a	a	a	a	a	a
12	¿Dónde finaliza el alcantarillado sanitario que recoge las aguas residuales de su vivienda?	c	c	c	a	c	c	a	c	c	c
13	¿Considera necesario el tratamiento de aguas residuales antes de ser vertidas en quebradas, ríos, lagos o mares?	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
14	¿Qué tarifa estaría dispuesto a pagar mensualmente en concepto de recolección y tratamiento de aguas residuales generadas en su vivienda?	b	d	b	d	b	d	d	a	b	d
15	¿Realiza algún tratamiento a las aguas residuales generadas en su vivienda antes de descargarlas en el alcantarillado público? (trampa de grasa, rejillas, etc.)	c	b	b	b	b	b	a	b	b	b
16	¿Existen quebradas o ríos contaminados cercanos a su vivienda?	a	a	b	b	b	c	a	c	c	b
17	¿Cuál es el principal problema de la contaminación de ríos, lagos y mares con descargas de aguas residuales sin tratamiento?	a	a	a	a	c	a	a	a	c	a
18	¿Quién debería ser el responsable de tratar las aguas residuales?	e	e	b	b	b	a	b	c	b	c
19	¿Quién debería de ser el responsable de garantizar que no se contaminen los ríos, lagos y mares con descargas de aguas residuales?	e	a	a	a	a	e	a	g	b	a
20	¿A qué se debe la limitada inversión en proyectos para el tratamiento de aguas residuales?	a	a	a	a	b	a	a	c	a	a
21	¿Considera necesarias este tipo de investigaciones?	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
22	¿Cuál debería de ser la principal finalidad de los estudios sobre el tratamiento de aguas residuales?	b	c	c	d	b	b	c	b	c	c

No.	Pregunta / Encuestado	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Sexo:	b	a	a	a	a	a	b	a	a	b
2	Edad:	49	37	59	43	52	54	53	43	43	60
3	Nivel de estudios finalizado:	d	e	d	b	d	c	c	c	c	e
4	Número de miembros en su familia:	3	3	4	7	2	5	4	4	2	4
5	Ingreso familiar mensual:	c	c	c	c	b	b	c	b	e	e
6	¿En cuál municipio reside?	a	g	f	a	h	a	e	a	g	e
7	¿Quién es el responsable de administrar el sistema de alcantarillado sanitario que Ud. utiliza?	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
8	¿Cómo evalúa el servicio de alcantarillado sanitario?	a	b	b	b	a	b	b	b	a	b
9	¿Cómo evalúa la infraestructura para la recolección de aguas residuales? (pozos, cajas y tuberías)	b	c	b	d	b	c	b	c	a	c
10	¿Está de acuerdo con la tarifa que actual paga por el servicio de alcantarillado sanitario?	a	a	b	a	a	b	a	b	a	a
11	¿Cuenta con alcantarillado para aguas lluvias separado del sistema para aguas residuales?	a	a	a	b	a	a	a	a	a	a
12	¿Dónde finaliza el alcantarillado sanitario que recoge las aguas residuales de su vivienda?	a	c	a	c	c	c	c	c	a	a
13	¿Considera necesario el tratamiento de aguas residuales antes de ser vertidas en quebradas, ríos, lagos o mares?	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
14	¿Qué tarifa estaría dispuesto a pagar mensualmente en concepto de recolección y tratamiento de aguas residuales generadas en su vivienda?	d	b	d	b	d	a	d	d	b	d
15	¿Realiza algún tratamiento a las aguas residuales generadas en su vivienda antes de descargarlas en el alcantarillado público? (trampa de grasa, rejillas, etc.)	b	b	b	b	b	b	b	a	b	b
16	¿Existen quebradas o ríos contaminados cercanos a su vivienda?	a	a	b	a	b	c	a	a	b	a
17	¿Cuál es el principal problema de la contaminación de ríos, lagos y mares con descargas de aguas residuales sin tratamiento?	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
18	¿Quién debería ser el responsable de tratar las aguas residuales?	b	b	b	e	b	c	a	b	c	b
19	¿Quién debería de ser el responsable de garantizar que no se contaminen los ríos, lagos y mares con descargas de aguas residuales?	a	c	c	g	a	a	e	a	f	a
20	¿A qué se debe la limitada inversión en proyectos para el tratamiento de aguas residuales?	a	a	a	a	a	a	b	b	a	a
21	¿Considera necesarias este tipo de investigaciones?	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
22	¿Cuál debería de ser la principal finalidad de los estudios sobre el tratamiento de aguas residuales?	d	c	c	c	d	d	d	d	c	c

No.	Pregunta / Encuestado	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Sexo:	a	b	b	a	a	a	a	a	a	b
2	Edad:	46	55	59	44	44	47	51	27	56	50
3	Nivel de estudios finalizado:	d	d	d	d	d	d	d	e	d	d
4	Número de miembros en su familia:	6	5	5	2	3	5	5	4	5	3
5	Ingreso familiar mensual:	c	b	e	c	c	c	d	e	d	b
6	¿En cuál municipio reside?	d	g	a	g	a	g	b	a	g	a
7	¿Quién es el responsable de administrar el sistema de alcantarillado sanitario que Ud. utiliza?	a	b	a	a	a	a	a	a	a	c
8	¿Cómo evalúa el servicio de alcantarillado sanitario?	b	c	a	a	a	b	a	b	c	a
9	¿Cómo evalúa la infraestructura para la recolección de aguas residuales? (pozos, cajas y tuberías)	b	c	b	c	b	c	b	c	c	a
10	¿Está de acuerdo con la tarifa que actual paga por el servicio de alcantarillado sanitario?	a	b	c	b	a	a	a	b	a	a
11	¿Cuenta con alcantarillado para aguas lluvias separado del sistema para aguas residuales?	c	a	a	a	a	b	c	a	a	a
12	¿Dónde finaliza el alcantarillado sanitario que recoge las aguas residuales de su vivienda?	c	a	a	a	c	a	c	c	a	a
13	¿Considera necesario el tratamiento de aguas residuales antes de ser vertidas en quebradas, ríos, lagos o mares?	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
14	¿Qué tarifa estaría dispuesto a pagar mensualmente en concepto de recolección y tratamiento de aguas residuales generadas en su vivienda?	b	d	d	b	d	c	d	c	b	d
15	¿Realiza algún tratamiento a las aguas residuales generadas en su vivienda antes de descargarlas en el alcantarillado público? (trampa de grasa, rejillas, etc.)	a	b	a	b	b	b	b	b	b	b
16	¿Existen quebradas o ríos contaminados cercanos a su vivienda?	a	a	c	a	b	a	a	b	a	a
17	¿Cuál es el principal problema de la contaminación de ríos, lagos y mares con descargas de aguas residuales sin tratamiento?	a	a	a	a	a	c	c	c	a	b
18	¿Quién debería ser el responsable de tratar las aguas residuales?	b	b	a	b	a	c	c	a	e	b
19	¿Quién debería de ser el responsable de garantizar que no se contaminen los ríos, lagos y mares con descargas de aguas residuales?	a	c	g	a	a	g	g	g	a	a
20	¿A qué se debe la limitada inversión en proyectos para el tratamiento de aguas residuales?	b	a	a	a	a	c	a	b	a	a
21	¿Considera necesarias este tipo de investigaciones?	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
22	¿Cuál debería de ser la principal finalidad de los estudios sobre el tratamiento de aguas residuales?	b	d	c	b	c	d	d	c	d	d

Anexo C. Instrumento de investigación: entrevista

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Instrumento de investigación de trabajo de graduación para maestría en Administración Financiera titulado “Evaluación Socioeconómica de la implementación de Sistemas de Recolección y Tratamiento de Aguas Residuales”

SUJETOS: Dirigido a funcionarios de instituciones públicas y privadas relacionados con saneamiento público, conservación de medio ambiente e inversión pública.

Objetivo: Recolectar información relacionada con la prestación del servicio de recolección y tratamiento de aguas residuales urbanas, con la finalidad de conocer los factores que inciden en la implementación de este tipo de infraestructura sanitaria.

Información personal

1. Nombre
2. Institución
3. Cargo:
4. Experiencia:

Interrogantes de entrevista

1. ¿Cómo evalúa la situación actual del servicio de alcantarillado sanitario en el país? ¿Qué opinión tiene sobre la tarifa?
2. ¿Qué importancia tiene el tratamiento de las aguas residuales?

3. ¿Por qué existe poca inversión para la recolección y tratamiento de aguas residuales?
4. ¿Conoce sobre algún plan de inversión para el tema de tratamiento de aguas residuales? Comente (puede ser información del pasado)
5. ¿Cómo visualiza al país en una década en el aspecto de tratamiento de aguas residuales y recolección de aguas negras?
6. ¿Cuál cree que sería la respuesta del pueblo salvadoreño si se implementara una tarifa en concepto de tratamiento de aguas residuales? (Para recuperar la inversión)
7. ¿Qué opina de la legislación salvadoreña para la conservación de cuerpos naturales de agua con descargas de aguas residual? ¿Son eficientes y se hacen cumplir?
8. Según su experiencia ¿Cuáles son las potenciales fuentes de financiamiento para proyectos de la magnitud de una planta de tratamiento para el AMSS?

NOTA: LAS RESPUESTAS PRODUCTO DE ESTA ENTREVISTA SON DE
CARÁCTER PERSONAL Y NO INSTITUCIONAL.

Anexo D. Resultados de entrevista

ENTREVISTA NO. 1:

Nombre: Joseph Xavier López

Institución: Agencia Española de Cooperación Española para El Desarrollo (AECID) El Salvador – Grupo Tragsa

Cargo: Coordinador

Respuestas de entrevista

- 1. ¿Cómo evalúa la situación actual del servicio de alcantarillado sanitario en el país?, ¿Qué opinión tiene sobre la tarifa?**

El servicio de alcantarillado es deficiente y obsoleto en la mayoría de los casos. La tarifa es simbólica y no refleja los gastos de uso y mantenimiento del alcantarillado y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, cuando estas existen.

- 2. ¿Qué importancia tiene el tratamiento de las aguas residuales?**

Proteger el medio ambiente, fauna y flora; con lo cual se tendría potenciales lugares para turismo. Además de garantizar la salud, ya que menos contaminación se traduce a menos diarreas; menos tratamiento de las aguas superficiales cuando se utilizan para potabilizarlas, es una economía para el país.

3. ¿Por qué existe poca inversión para la recolección y tratamiento de aguas residuales?

No se prioriza, siempre se piensa solo en el agua potable, lo que más se plantea es que el saneamiento es caro, lo que es falso la inversión se recupera en salud y en medio ambiente sano.

4. ¿Conoce sobre algún plan de inversión para el tema de tratamiento de aguas residuales?, Comente (puede ser información del pasado)

No conozco planes para el tratamiento de aguas residuales.

5. ¿Cómo visualiza al país en una década en el aspecto de tratamiento de aguas residuales y recolección de aguas negras?

Si no hay voluntad política de mejorar los temas de saneamiento, el tratamiento de aguas residuales empeorará el impacto sobre el medio ambiente y la salud de la población.

6. ¿Cuál cree que sería la respuesta del pueblo salvadoreño si se implementara una tarifa en concepto de tratamiento de aguas residuales? (Para recuperar la inversión)

Seguramente un rechazo en el estado actual, hay que iniciar la construcción de las plantas de tratamiento y promocionar las mejoras en el medio ambiente y la salud para poder justificar la tarifa.

- 7. ¿Qué opina de la legislación salvadoreña para la conservación de cuerpos naturales de agua con descargas de aguas residual?, ¿Son eficientes y se hacen cumplir?**

Considero que las normas son adaptadas, aunque un poco extremas para poder cumplir la calidad requerida eficientemente. En la mayoría de los casos no hay control de los vertidos por el MARN. No hay ley de agua y no se multa los contaminadores, no se los incita técnicamente y económicamente para mejorar la calidad sus efluentes a las normas vigentes.

- 8. Según su experiencia ¿Cuáles son las potenciales fuentes de financiamiento para proyectos de la magnitud de una planta de tratamiento para el AMSS?**

Cooperación Internacional, BID, BCIE, BM etc.

ENTREVISTA NO. 2:

Nombre: José Alberto Gómez Valenzuela

Institución: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Cargo: Coordinador Técnico – Unidad Ejecutora de Programas

Respuestas de entrevista

- 1. ¿Cómo evalúa la situación actual del servicio de alcantarillado sanitario en el país? ¿Qué opinión tiene sobre la tarifa?**

Valorando el servicio de alcantarillado como tal, es extremadamente insuficiente si consideramos que se compone de procesos de recolección, conducción, tratamiento y disposición final; donde cada uno no alcanza una máxima cobertura, la calidad del servicio no es adecuada, y el vertido no es más que una concentración de carga contaminante sobre el cuerpo receptor que genera grandes impactos sobre a los recursos naturales.

Respecto a la tarifa, es importante valorar si es aplicable para la calidad del servicio recibido ya que la tarifa debe ser valorada considerando el costo del servicio respecto a la eficiencia dada a quien paga por él.

- 2. ¿Qué importancia tiene el tratamiento de las aguas residuales?**

Dada la poca experiencia en el país con la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales resulta difícil emitir una opinión al respecto. Determinar los beneficios económicos que resultan de tratamiento de aguas

residuales en una población será el resultado de un análisis permanente una vez se cuente con las plantas de tratamiento de aguas residuales. De acuerdo a lo descrito en la literatura hay beneficios a la salud de la población, a la conservación del medio ambiente, a la mejora de la calidad de vida de la población, entre otros; beneficios que varían para cada población por lo que no me atrevería a dar un número.

3. ¿Por qué existe poca inversión para la recolección y tratamiento de aguas residuales?

Con certeza no hay respuesta a la pregunta, solo hay supuestos que alrededor del tema se comentan y subjetivos.

4. ¿Conoce sobre algún plan de inversión para el tema de tratamiento de aguas residuales? Comente (puede ser información del pasado)

No conozco ningún plan respecto al tema, lo recomendable sería que se formule un Plan Nacional de Saneamiento, que diagnostique la situación actual, que describa la problemática y evalúe escenarios económicos, ambientales, sociales, entre otros, y que proponga medidas a tomar incluyendo posibles costos de implementación y sus implementadores.

5. ¿Cómo visualiza al país en una década en el aspecto de tratamiento de aguas residuales y recolección de aguas negras?

En una década las cosas podrán mejorar si hoy se contara con un plan de saneamiento, del contrario la situación será peor por no haber hecho nada al respecto.

6. ¿Cuál cree que sería la respuesta del pueblo salvadoreño si se implementara una tarifa en concepto de tratamiento de aguas residuales? (Para recuperar la inversión)

La tarifa por sí sola no resuelve, es necesario definir una hoja de ruta para atender este problema, siendo la tarifa un medio y no un fin.

7. ¿Qué opina de la legislación salvadoreña para la conservación de cuerpos naturales de agua con descargas de aguas residual? ¿Son eficientes y se hacen cumplir?

La legislación nacional insuficiente ya que solo aborda aspectos puntuales que demanda acciones de todas las partes, incluyendo las instituciones reguladoras que no cumplen su rol

Respecto a que si ¿Son eficientes y se hacen cumplir?, Las leyes serán eficientes cuando formen parte integrante de una estrategia y se complementen con una definición de objetivos ambientales y ambos aspectos se integren a un enfoque de gestión integrada del recurso recuso hídrico.

8. Según su experiencia ¿Cuáles son las potenciales fuentes de financiamiento para proyectos de la magnitud de una planta de tratamiento para el AMSS?

Supongo que se puede contar con la cooperación internacional con carácter de donación, también en calidad de préstamo a través de organismos multilaterales complementado con aportes del sector privado y una tarifa adecuada a una visión sostenible.

Anexo E. Pliego Tarifario Vigente de ANDA

Pliego tarifario residencial

A partir de Octubre 2015

Factura mensual = (m³ x tarifa de acueducto) + tarifa de alcantarillado

Rango de consumo (M ³)	Tarifa de Acueducto (US\$)	Tarifa Mensual de Alcantarillado
De 0 a 10 m ³	2.29 Tarifa mínima	\$0.10
De 11 m ³ hasta 20 m ³	0.210 / m ³	\$0.10
21 m ³	0.250 / m ³	\$1.80
22 m ³	0.280 / m ³	\$1.80
23 m ³	0.310 / m ³	\$1.80
24 m ³	0.340 / m ³	\$1.80
De 25 m ³ hasta 30 m ³	0.370 / m ³	\$1.80
31 m ³	0.420 / m ³	\$3.00
32 m ³	0.480 / m ³	\$3.00
33 m ³	0.540 / m ³	\$3.00
34 m ³	0.640 / m ³	\$3.00
De 35 m ³ hasta 40 m ³	0.760 / m ³	\$3.00
41 m ³	0.900 / m ³	\$4.00
42 m ³	1.050 / m ³	\$4.00
43 m ³	1.200 / m ³	\$4.00
44 m ³	1.400 / m ³	\$4.00
De 45 m ³ hasta 50 m ³	1.650 / m ³	\$4.00
De 51 m ³ hasta 60 m ³	1.900 / m ³	\$7.50
De 61 m ³ hasta 70 m ³	2.200 / m ³	\$7.50
De 71 m ³ hasta 90 m ³	2.500 / m ³	\$7.50
De 91 m ³ hasta 100 m ³	2.900 / m ³	\$7.50
De 101 m ³ hasta 500 m ³	3.400 / m ³	\$10.00
De 501 m ³ en adelante	3.900 / m ³	\$20.00