



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LAS CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN Y  
ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE DOMICILIARES Y  
COMERCIALES DEL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA  
VERAPAZ, GUATEMALA**

**Mildred Alejandra Martínez Zepeda**

Asesorado por el MSc. Ing. Héctor Eduardo Tomás Martínez Guzmán

Guatemala, septiembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LAS CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN Y  
ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE DOMICILIARES Y  
COMERCIALES DEL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA  
VERAPAZ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MILDRED ALEJANDRA MARTÍNEZ ZEPEDA**

ASESORADO POR EL MSC. ING. HÉCTOR EDUARDO TOMÁS MARTÍNEZ GUZMÁN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Inga. Mercedes García
EXAMINADOR	Ing. Jack D. Ibarra Solorzano
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LAS CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN Y  
ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE DOMICILIARES Y  
COMERCIALES DEL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA  
VERAPAZ, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Postgrado con fecha 5 de febrero de 2020.

**Mildred Alejandra Martínez Zepeda**

Ref. EEPFI-156-2020  
Guatemala, 05 de febrero de 2020

Director  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Escuela de Ingeniería Civil  
Presente.

Estimado Ing. Aguilar:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación de la estudiante **Mildred Alejandra Martínez Zepeda** carné número **8812132**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Ingeniería para el Desarrollo Municipal.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular,

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. Héctor Eduardo Tomás Martínez Guzmán  
Asesor

Héctor Eduardo Tomás Martínez Guzmán  
MSc. Ing. Sanitaria Ing. Civil e Ing. Electricista  
Colegiado 1328

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador de Área  
Desarrollo Socio-Ambiental y Energético

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Coti  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



EEP-EIC-001-2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE DOMICILIARES Y COMERCIALES DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria Mildred Alejandra Martínez Zepeda, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Pedro Antonio Aguilar Bolanco  
 Director  
 Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, febrero de 2020





DTG. 224.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LAS CONSIDERACIONES PARA LA MEDICIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE DOMICILIARES Y COMERCIALES DEL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria: **Mildred Alejandra Martínez Zepeda**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, septiembre de 2020

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Mi Padre Celestial, quien con su bendición llena siempre mi vida me dio la fuerza para continuar en este proceso y de obtener uno de los anhelos más deseados.
- Mis padres** Héctor Eduardo Martínez Guzmán e Irma Yolanda Zepeda Florián, por ser los principales promotores de mis sueños y por los valores y principios que siempre me inculcaron.
- Mi esposo** Carlos Raúl López Villalobos, por su apoyo incondicional, por extender su mano en los momentos difíciles y por el amor que me brinda cada día, de verdad mil gracias, siempre estás en mi corazón.
- Mis hijos** Por ser siempre esa gran fuente motivacional y querer ser siempre un buen ejemplo para ellos.
- Mi familia** Por estar siempre presentes.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

En especial a la Facultad de Ingeniería por la formación brindada y por darme el orgullo de ser San Carlista.

**Mis amigos de la Facultad**

Por brindarme su apoyo y amistad durante la carrera universitaria.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
2.1. Presentación.....	5
2.1.1. Análisis y discusión de investigaciones previas.....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
3.1. Descripción general .....	9
3.2. Definición del problema .....	11
3.2.1. Delimitación del problema.....	11
3.2.2. Pregunta principal de investigación .....	11
3.2.3. Preguntas complementarias de investigación.....	11
3.3. Necesidades a cubrir .....	12
3.4. Ubicación del área o lugar en estudio.....	12
3.5. Localización del área o lugar en estudio.....	14
4. JUSTIFICACIÓN .....	17
5. OBJETIVOS .....	19
5.1. Objetivo general.....	19

5.2.	Objetivos específicos .....	19
6.	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
7.	MARCO TEÓRICO .....	23
7.1.	Consideraciones para la medición de los servicios de agua domiciliars y comerciales.....	23
7.1.1.	Servicio público .....	23
7.1.2.	Servicio público municipal .....	24
7.1.3.	Servicio público de agua potable.....	24
7.1.4.	Sistema de agua potable.....	25
7.1.4.1.	Captación .....	26
7.1.4.2.	Línea de conducción .....	28
7.1.4.3.	Tanque de almacenamiento.....	29
7.1.4.4.	Red de distribución.....	30
7.1.4.5.	Tipos de servicio de distribución .....	30
7.1.4.6.	Conexión domiciliar y comercial/industrial.....	31
7.1.4.7.	Calidad del agua potable.....	32
7.1.4.8.	Muestreo de agua .....	32
7.1.4.9.	Análisis de laboratorio bacteriológico ...	33
7.1.4.10.	Análisis de laboratorio fisicoquímico ....	34
7.1.5.	Métodos de desinfección.....	34
7.1.5.1.	Cloro y sus derivados.....	35
7.1.5.2.	Dosis de cloro.....	36
7.1.5.3.	Cloración cloro gaseoso .....	36
7.1.6.	Cobertura de agua potable .....	37
7.1.6.1.	Disponibilidad del agua .....	37
7.1.6.2.	Dotación de agua potable.....	38

	7.1.6.3.	Continuidad del servicio de agua.....	38
	7.1.7.	Medición de caudales (hidrometría).....	38
	7.1.7.1.	Macromedición .....	39
	7.1.7.2.	Micromedición.....	39
	7.1.7.3.	Medidores de agua .....	40
	7.1.7.4.	Tipos de medidores de agua .....	40
7.2.		Eficiencia de un sistema de agua potable .....	41
	7.2.1.	Escenarios para evaluar la eficiencia total del sistema .....	42
	7.2.2.	Ingeniería de producción y distribución.....	42
	7.2.2.1.	Eficiencia física .....	42
	7.2.2.2.	Eficiencia Hidráulica .....	43
	7.2.2.3.	Eficiencia en la calidad del agua.....	43
	7.2.3.	Comercialización del servicio.....	44
	7.2.4.	Desarrollo institucional.....	44
	7.2.4.1.	Eficiencia administrativa .....	44
7.3.		Consideraciones para la administración de los servicios.....	45
	7.3.1.	Operación y mantenimiento del sistema .....	45
7.4.		Gastos de operación y mantenimiento .....	46
	7.4.1.	Tarifa.....	47
	7.4.2.	Propuesta de tarifa.....	47
8.		PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	49
9.		METODOLOGÍA.....	53
	9.1.	Universo .....	53
	9.2.	Variables.....	53
	9.3.	Muestra.....	55
	9.4.	Tipo de investigación .....	57

9.5.	Diseño de la investigación.....	58
9.6.	Enfoque de la investigación.....	59
9.7.	Hipótesis.....	60
9.8.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	61
9.8.1.	Técnicas de recolección de datos .....	61
9.8.2.	Procesamiento y análisis de información .....	62
9.8.2.1.	Entrevista .....	62
9.8.2.2.	Encuesta .....	63
9.8.2.3.	Cuestionario .....	63
9.8.2.4.	Observación .....	63
9.8.3.	Instrumentos de recolección de datos .....	64
10.	CRONOGRAMA .....	65
11.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	69
12.	REFERENCIAS .....	73

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación de área de estudio.....	13
2.	Localización de área de estudio.....	14
3.	Croquis del sistema de agua potable .....	15

### TABLAS

I.	Operacionalización de variables .....	54
II.	Nivel de confianza y sus valores de K.....	56
III.	Cronograma de actividades .....	65
IV.	Descripción de fases del cronograma .....	66
V.	Costo de estudio .....	67



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Q</b>	Caudal
<b>CMD</b>	Consumo máximo diario
<b>CMH</b>	Consumo máximo horario
<b>km/h</b>	Kilómetros por hora
<b>Lts/hab/día</b>	Litros por habitante al día
<b>mca</b>	Metro columna de agua
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cúbicos



## GLOSARIO

<b>Agua</b>	Compuesto de hidrógeno y oxígeno. La obtenida de la naturaleza no puede hallarse libre de sustancias en suspensión o en solución.
<b>Agua potable</b>	Agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
<b>Caudal máximo diario (CMD)</b>	El máximo consumo de agua durante 24 horas observado durante un año.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua que pasa en un segundo por un punto de una corriente de agua (m <sup>3</sup> /seg ó Lts/seg).
<b>Cloro residual</b>	Es la cantidad de cloro que queda en el agua después de un periodo de contacto definido.
<b>COGUANOR</b>	Comisión Guatemalteca de Normas.
<b>Consumo máximo horario (CMH)</b>	El máximo consumo en una hora del día en un periodo de un año.
<b>Eficiencia</b>	Grado en que se cumplen los objetivos planificados con el mínimo de insumos y tiempo.

<b>GIZ</b>	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística.
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal.
<b>Metros columna unidades, de agua</b>	Unidad de presión del sistema técnico de y equivale a la presión ejercida por una columna de agua pura de un metro de altura.
<b>SEGEPLAN</b>	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.
<b>Sistema</b>	Obra total para proveer agua potable a una o varias comunidades, compuesto por otros elementos o subsistemas (conducción, distribución, conexiones domiciliarias, entre otros.)
<b>UNEPAR</b>	Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales.
<b>USAID</b>	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

## RESUMEN

La escasez del agua es uno de los problemas más preocupantes en la mayoría de los municipios de Guatemala y aunque esta pueda deberse a causas naturales, las actividades humanas también son las causantes de esta crisis. La preocupación aumenta con el crecimiento acelerado y desordenado de la población, que interrumpen el ciclo de recarga hídrica, sumado a los efectos del cambio climático, y que luego se manifiesta con sequías.

El municipio de Santa Cruz Verapaz es uno de los municipios que conforman el departamento de Alta Verapaz. Está ubicado a 203 Km. de la capital y a 15 km. de la cabecera departamental, cuenta con una extensión territorial de 48Km<sup>2</sup>. Según el INE la proyección de la población al 2017, llega a 47, 808 habitantes, de los cuales el 26 % viven en el área urbana.

Santa Cruz Verapaz, también atraviesa por esos mismos problemas de escases en especial en épocas de verano, el servicio de agua potable en el área urbana del municipio es prestado por la municipalidad a sus habitantes. Este servicio es cobrado mediante la lectura de contadores únicamente a los comercios y el cobro por consumo por vivienda es a través de una tarifa estándar debido a que estas no cuentan con estos medidores por lo que no es posible contabilizar los caudales reales consumidos, lo que contribuye a que hagan uso desmedido e irracional del agua.

Se necesita tomar las medidas necesarias para que la población haga uso racional del agua. Esta deberá ser equivalente a usar solo la que sea estrictamente necesaria, con la calidad y las características adecuadas para el consumo humano.

Por lo anteriormente expuesto, la finalidad de este proyecto de investigación es en esencia, estimar la eficiencia del sistema definiendo con ello su situación actual, proponer la colocación de contadores de agua en todas las conexiones domiciliarias y no únicamente a los comercios, calcular una tarifa conforme al volumen real que se consuma que contribuya a la recaudación de recursos económicos para una mejor administración, operación y mantenimiento del sistema.

Otro tema importante es promover el uso racional del agua. La falta de orientación del uso adecuado de este recurso lleva a plantear los lineamientos necesarios, que contribuyan a la preservación de los recursos hídricos.

# 1. INTRODUCCIÓN

El problema del desperdicio, la contaminación y la escasez de agua ha sido siempre ignorado o subestimado, sin embargo, en los últimos años se ha convertido en un tema de gran interés, ante la serie de problemas que se padecen en torno a este recurso a nivel mundial.

El agua es primordial en la vida de cualquier ser viviente, por lo tanto, es un recurso que por su demanda tiende a escasearse. Aunque la escasez de agua también puede deberse a causas naturales, las actividades de la humanidad son la que están causando una crisis hídrica por la contaminación ambiental, el desperdicio, su mala distribución y su uso irracional.

Los seres humanos gastan más agua de lo necesario, arrojan sin querer agua limpia a las cañerías, gastando agua indiscriminadamente sin mirar las consecuencias, además de esto en el baño o en el consumo diario para el aseo personal no se tienen en cuenta los momentos claves para cerrar el grifo, por lo cual se genera un desperdicio mayor, dejan los grifos abiertos más del tiempo necesario, permiten que los diferentes grifos goteen y sin querer se generen malos hábitos de manera constante o continua. Por estos problemas mencionados y muchos más se ocasiona que el agua limpia disminuya día a día.

En Guatemala existen muchos lugares donde todavía el agua es abundante, sin embargo, las acciones que se mencionan dificultan la cultura del uso eficiente de este valioso recurso, lo que en el futuro generará problemas graves al no poder cubrir la demanda. Esto provocará posibles situaciones donde sin agua potable lista para el consumo diario se tendría que desplazar hacia otros sitios, propiciando el origen de enfermedades, escasez de alimentos y otros conflictos. En el municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, se está atravesando por los mismos problemas de escases de agua, en especial en época de verano.

La demanda creciente de agua va indisolublemente unida al crecimiento poblacional e implica la sobreexplotación de los recursos hídricos, con el consiguiente deterioro del medio ambiente. Por lo que en la actualidad se debe establecer ciertas bases normativas que incentiven el uso correcto y el ahorro de este recurso.

La falta de conciencia en el uso racional del agua y su consumo inadecuado, son factores que hacen imprescindible su contabilización como una medida de ahorro y consumo eficiente. La Municipalidad de Santa Cruz Verapaz, que es la prestadora del servicio, solo tiene control del volumen consumido de los usuarios de tipo comercial, por medio de contadores de agua. Los usuarios de tipo domiciliar no cuentan con contadores de agua y pagan una cuota fija mínima por consumo de Q13.00 situación que contribuye al uso desmedido de este recurso.

Debido a lo anterior, la medición de caudales tanto domiciliarios como comerciales y de otros tipos se hace necesaria, no solamente para la administración del servicio sino también para mostrar y registrar la calidad con que se presta a los usuarios en cuanto a cantidad, continuidad y presiones de suministro.

Es necesario e importante que la municipalidad logre que la distribución de los costos derivados del abastecimiento de agua a todos los usuarios sea equitativa, implementando como parte del sistema estos equipos de medida que permitan repartir los costos en función del volumen real consumido por usuario. Estos no solo serán una herramienta que proporcione más información sobre el consumo de agua, sino también servirán para dar un mejor servicio, contribuyendo a mejorar la eficiencia del sistema de agua potable y la administración y gestión del servicio.

El control del consumo de agua y la implementación de tarifas de acuerdo con el volumen de consumo van a permitir la eficiencia del servicio, su buena administración haciéndolo factible y autosostenible.

Este proyecto de investigación está compuesto de 7 capítulos:

En el capítulo 1, se presenta, analiza y se discute brevemente, sobre temas de investigaciones previas relacionadas con sistemas de agua potable y la medición de caudales domiciliarios y comerciales.

El capítulo 2, plantea las razones por las cuales es necesario la colocación de contadores de agua domiciliarios y comerciales en el municipio de Santa Cruz Verapaz. Así como la necesidad de hacer conciencia de no hacer uso desmedido e irracional del agua si se quiere contar con el vital líquido en el futuro.

En el capítulo 3, se presenta todo el fundamento teórico relacionado con el tema de agua potable, la medición de caudales y tarifas y el cual dará sustento a la presente investigación.

En el capítulo 4, se presenta la metodología, con la cual se llevará a cabo la investigación. Se plantean las técnicas que se utilizarán para la recolección de datos, así como las técnicas que se utilizarán para su análisis.

En el capítulo 5, se presenta el cronograma, donde se establece el orden en que se llevará a cabo cada una de las actividades del proyecto de investigación, así como el tiempo estimado para cada una de ellas.

El capítulo 6, se refiere a la factibilidad del proyecto de investigación, siendo este un proyecto para los habitantes del municipio y para finalizar en el capítulo 7, se hace una propuesta del índice de contenidos, con el cual se dará una idea clara sobre el contenido del proyecto final.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. Presentación**

Con el objetivo de tener una visión mucho más amplia sobre el tema de investigación, se consideran, analizan y discuten algunos antecedentes, los cuales también servirán como guía, para el desarrollo de este.

#### **2.1.1. Análisis y discusión de investigaciones previas**

El agua es un elemento imprescindible para el hombre y el resto de los seres vivos en el planeta. Existen diversos factores que afectan la calidad y cantidad de agua tales como: contaminación, cambio climático, crecimiento de la población e infraestructura de mala calidad, que pueden afectar al ser humano si no se toman en cuenta.

El agua puede ser utilizada con fines productivos, alimenticios, de energía y otros proyectos de desarrollo, por lo que el cuidado respectivo es primordial para mantener una buena calidad que no afecte directamente a la humanidad por su alto consumo y contaminación. En la actualidad el agua recibe por parte de las personas un mal uso, lo que se está convirtiendo en la principal fuente de agotamiento y perjudica directamente a la vida de todos los seres vivos y del mismo planeta tierra.

Según se refiere en Blue Medical (2019), “El derecho humano al agua es fundamental, pero no todos tienen acceso a ella, el crecimiento de la población a nivel mundial incrementa cada vez más y como consecuencia la demanda de

agua es mayor y la oferta no es suficiente para abastecer y satisfacer las necesidades básicas” (párr.3) por lo que se puede deducir que todos como seres humanos tenemos un derecho inalienable, que se debe cumplir permitiendo el acceso al agua de manera racional y consciente, en que las necesidades puedan ser satisfechas y que el recurso hídrico permanezca surgiendo.

La Municipalidad de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz; Segeplan (2017), indican que el municipio de Santa Cruz Verapaz es el municipio más pequeño en términos de extensión geográfica del departamento de Alta Verapaz. Cuenta a nivel de municipio con 42,335 habitantes según censo del INE 2016, donde el 93 % de la población vive en el área urbana y el 5 % vive en el área rural. El 83.70 % de la población cuenta con sistemas de abastecimiento de agua potable.

La Municipalidad de Santa Cruz Verapaz presta por medio de la oficina pública, el servicio de agua potable a sus habitantes. No cuentan con un reglamento para la administración y funcionamiento del servicio de agua potable y alcantarillado.

En la actualidad solo los servicios comerciales cuentan con contadores. El resto de los servicios son prestados bajo una cuota estándar baja por servicio. No contar con contadores de agua domiciliarios es un factor que no permite la concientización de la población sobre sus obligaciones y sus responsabilidades en torno al uso adecuado del agua. Los servicios se prestan, facturándose mediante cuotas fijas independientes del consumo realizado. Evidentemente esto supone una falta de equidad en el reparto del costo entre los usuarios y una pérdida de eficiencia en la gestión hidráulica del abastecimiento, por lo que se ha estado considerando la colocación de medidores de agua.

La colocación de contadores domiciliarios contribuirá a que la cuota por el servicio público de suministro de agua se realice de manera justa, mediante el cobro por volumen consumido por cada usuario, con el fin de que los ingresos obtenidos soporten los costos del servicio.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2013), describe que:

Existe un método para medir el consumo de agua potable, llamado micromedición. Este tiene como función principal la distribución adecuada de este recurso hacia todas las direcciones necesarias para poder aportar este derecho de agua potable a distintas regiones en las que su consumo pueda ser equitativo. Esto se realiza para tener un registro y control adecuado del consumo y de la población que la utiliza de forma periódica y generar un cobro mensual de acuerdo al uso que se le dé. (p.59)

CONAGUA (2009) señala lo siguiente:

Medir el servicio de agua potable, permite a los consumidores controlar el recurso, aprovechándolo de forma eficiente y a los operadores poder administrar con eficiencia la distribución y la cobranza del servicio según el uso que empleen; tomando en cuenta para ello la infraestructura hidráulica y la capacidad que se tiene de proporcionar este servicio a las comunidades y regiones del país, y la distribución per cápita de agua potable para satisfacer las necesidades de cada individuo que viva en dichas regiones o comunidades. (p. 169)

Esto con lleva a realizar un estimado de la eficiencia del sistema.

CONAGUA (2009) afirma:

La eficiencia para abastecer el agua potable, es la capacidad con la que cuentan los operadores de este servicio para poder distribuirla a todas las regiones de forma organizada, controlada y dosificada para mantener un servicio continuo, que no se vea interrumpido por malos manejos y sea utilizado correcta y eficientemente por los consumidores para crear las tarifas periódicas que serán cobradas por la prestación y uso de este servicio brindando a toda persona que lo necesite y tenga la capacidad de pagar por él. (p.51)

Se cuenta con documentación relacionada a estos temas, además de los que serán aportados por la Municipalidad de Santa Cruz Verapaz, y que enriquecerán la investigación que conllevará al alcance de los objetivos planteados.

D. E. Véliz (comunicación personal, 8 de mayo, 2019) menciona que entre los objetivos como servidores públicos, se encuentra el de proveer un servicio elevado de agua potable a los habitantes del municipio, brindando sobre todo, un servicio de calidad, continuo, sin interrupciones y que sea asequible económicamente para que sus habitantes hagan uso de él sin restricción alguna; manteniendo la conciencia mediante el pago tarifario que realizarán y el cual estará en función del uso que se le dé al recurso hídrico.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Descripción general**

En todos los países del mundo el agua es un recurso natural y de primera necesidad para la vida, aun así, no todos pueden poseer esta riqueza en abundancia. El mal uso y consumo irracional del vital líquido es uno de los problemas principales en los entornos urbanos. En un planeta donde la escasez de agua afecta a más del 40 % de la población mundial, es indispensable reducir el gasto para cumplir con el sexto de los objetivos de Desarrollo Sostenible. La gestión del agua se está convirtiendo en uno de los principales problemas a nivel mundial, y para los gobiernos locales, uno de los desafíos primordiales, es el aprovechamiento responsable de los recursos hídricos.

En los países latinoamericanos hablar de escasez suena un tanto incoherente, si se toma en consideración que la región cuenta con una tercera parte del agua dulce, no obstante, la región también registra marcadas desigualdades con respecto a este elemento, aunque estas no son creadas directamente por el hombre, sino por la naturaleza.

Las causas del desperdicio del agua son muchas y muy ligadas al sector del que se hable. Por lo general en las ciudades, una de las causas principales por la que se desperdicia el agua, es debido a las infraestructuras deficientes, los sistemas obsoletos compuestos por tuberías antiguas o dañadas que presentan fugas visibles y en su mayoría, estas no se observan, sin instrumentos adecuados para el control de consumo lo cual nos refiere a la mala administración pública del servicio.

Muchos son los lugares de Guatemala donde todavía el agua es abundante, sin embargo, la cultura del uso ineficiente de la misma está provocando uno de los problemas más temidos por la humanidad, su escasez, por lo que es urgente cuidar de ella y pensar en el futuro de las nuevas generaciones.

El municipio de Santa Cruz Verapaz, ubicado en el departamento de Alta Verapaz, atraviesa por los mismos problemas de escasez de agua, principalmente en época de verano. La falta de conciencia por parte de la población y el uso irracional del mismo ha provocado la racionalización de este servicio. Actualmente la municipalidad presta el servicio de agua potable a la población del área urbana y a algunas comunidades cercanas, cobrando una tarifa fija por el servicio de Q13.00 mensuales y ninguna vivienda tiene medidor domiciliar. Los comercios, que representan únicamente el 3 % del total de usuarios a quienes la municipalidad les presta el servicio, son los únicos que cuentan con el sistema de medición y pagan una cuota de Q30.00 mensuales más cuota por exceso.

En la actualidad la municipalidad no puede controlar el consumo real por vivienda por la razón anteriormente expuesta, por lo que la población hace uso de esta de forma desmedida e irracional desperdiciándola de manera irresponsable. Esto a la vez no permite que la tarifa por el servicio sea cobrada de acuerdo con el consumo y el uso excesivo de la misma. Los ingresos recaudados por la prestación del servicio no son suficientes para hacer mejoras al sistema, mucho menos pensar en una ampliación a corto y mediano plazo.

### **3.2. Definición del problema**

El sistema de agua potable del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, no cuenta con medidores de agua domiciliar, elementos fundamentales para efectuar el registro de consumo de agua suministrada a los usuarios del servicio. No contar con la micromedición correspondiente dentro del sistema tiene como consecuencia el uso irracional del agua, poniendo en riesgo la fuente de abastecimiento y por ende el servicio de agua potable.

#### **3.2.1. Delimitación del problema**

El estudio se pretende realizar en el área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, departamento de Alta Verapaz, durante los primeros 8 meses del año dos mil veinte, por medio de observación de campo, cuestionarios a las personas encargadas del servicio de agua potable, y encuestas a los usuarios del servicio domiciliare y comercial.

#### **3.2.2. Pregunta principal de investigación**

¿Cuáles son las consideraciones para la medición y administración de los servicios de agua domiciliare y comerciales en el área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala?

#### **3.2.3. Preguntas complementarias de investigación**

- ¿Qué justifica la instalación de contadores de agua domiciliare en cada una de las viviendas y comercios que actualmente cuentan con el servicio

de agua potable en el área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala?

- ¿Cuál es el diseño de la tarifa de agua de acuerdo con el consumo real por vivienda y comercio en el área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala?
- ¿Cuál es la eficiencia de conducción y distribución del sistema de agua potable del área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala?
- ¿Qué lineamientos deberían plantearse para orientar al uso racional y sostenible del agua en el área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala?

### **3.3. Necesidades a cubrir**

Las necesidades que el siguiente trabajo pretende cubrir son la de contabilizar el agua consumida por los usuarios tanto domiciliarios como comerciales, diseñar y establecer una tarifa de cobro agua que esté acorde al volumen consumido por metro cúbico y que contribuya al autofinanciamiento del sistema, estimar la eficiencia de conducción y distribución del sistema y proporcionar algunos lineamientos para el uso racional y sostenible del agua para consumo humano.

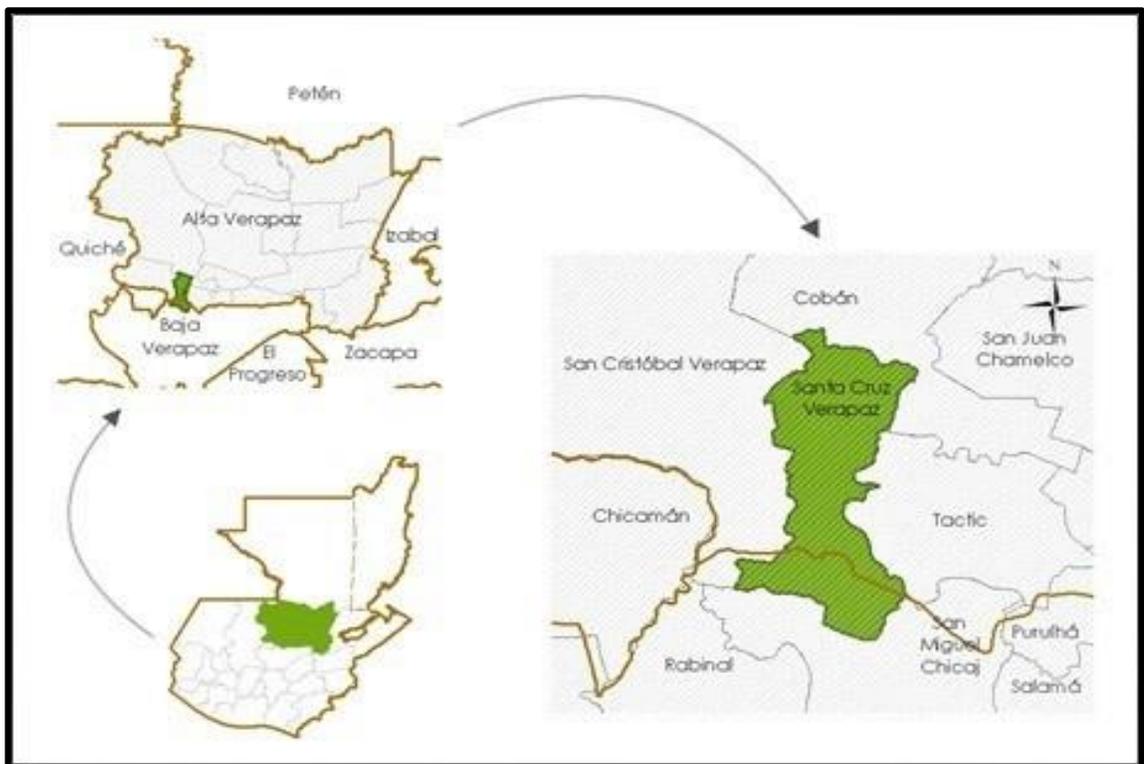
### **3.4. Ubicación del área o lugar en estudio**

El municipio de Santa Cruz Verapaz es el más pequeño en términos de extensión territorial comparado con los 17 municipios que conforman el

departamento de Alta Verapaz. Cuenta con una extensión territorial de 48Km<sup>2</sup>. Según el INE la proyección de la población al 2017, llega a 47, 808 habitantes, de los cuales el 26 % viven en el área urbana.

Ubicado en latitud Norte 15°22'25" y longitud Oeste en 90°25'50", a 1,406 m.s.n.m., oficialmente tiene una extensión territorial de 48 Km<sup>2</sup>, aunque según el Registro de Información Catastral RIC, es de 78km<sup>2</sup>.

Figura 1. **Ubicación de área de estudio**

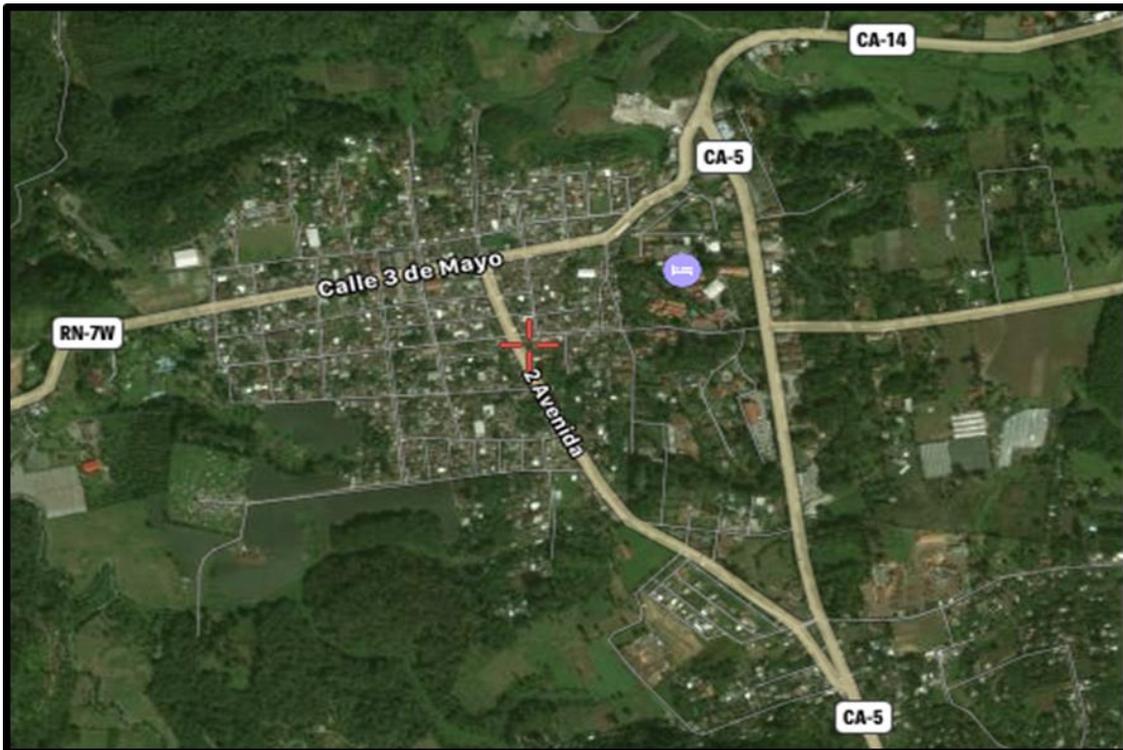


Fuente: Municipalidad de Santa Cruz Verapaz, A.V. (2018). *Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz. 2018-2032.*

### 3.5. Localización del área o lugar en estudio

El municipio de Santa Cruz Verapaz se conecta con el resto del país por medio de la ruta CA-14 que lo une con la ciudad capital y la cabecera departamental. También por medio de la carretera 7RW se une con la cabecera municipal de San Cristóbal Verapaz y otros departamentos del occidente del País. Se encuentra a 203 km de la ciudad capital y 15 km de la cabecera departamental. Según la división administrativa de Guatemala que establece ocho regiones, está dentro de la Región II, llamada Norte.

Figura 2. Localización de área de estudio



Fuente: Google Earth. (s.f). *Mapa de Santa Cruz Verapaz, A.V.* Recuperado de:  
<https://www.google.com/intl/es-419/earth/>

Figura 3. Croquis del sistema de agua potable



Fuente: Google Earth. (s/f). *Mapa de Santa Cruz Verapaz, A.V.* Recuperado de <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>



## 4. JUSTIFICACIÓN

Atendiendo al problema de escases de agua, al gasto desmedido y al uso irracional de la misma, la Municipalidad de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, debe resolver a través de la utilización racional del agua y su gestión con criterios de eficiencia y ahorro garantizando el suministro a sus habitantes en cantidad y calidad. Por lo anteriormente expuesto, el presente anteproyecto de investigación tiene como finalidad, estimar la eficiencia de la línea de conducción como la de la línea y red distribución del sistema de agua potable para poder verificar su eficiencia desde el punto de vista hidráulico y sanitario; como proponer la colocación de contadores de agua domiciliarios, para medir el consumo real de agua individual por vivienda, comercio, industria o de cualquier lugar que se observe tienen mayor uso de agua potable.

El diseño e implementación de una tarifa en base a la valoración económica del sistema es esencial, esta tarifa servirá no solo como un medio para fomentar la utilización racional del agua por parte de los usuarios, sino además pretende que el servicio sea autofinanciable, es decir que pueda cubrir todos los costos que faciliten la operación y el mantenimiento adecuado del sistema de agua potable.

Con la propuesta de colocación de medidores domiciliarios de agua se espera también, facilitar la detección de las incidencias en las instalaciones, como averías en las tuberías y accesorios al registrarse gastos desproporcionados de consumo de agua potable y que contribuyen al desperdicio del vital líquido.

El agua tiene un valor ilimitado, y sabiendo que es un recurso no renovable, vital para la vida humana, es necesario que los habitantes del municipio de Santa Cruz Verapaz comprendan que el consumo debe hacerse de forma racional y consciente, por lo cual este anteproyecto de investigación también busca sensibilizar y concientizar a los usuarios a través de la implementación de lineamientos de manejo orientados para el uso racional y sostenible del agua potable.

La escasez del agua en la actualidad pone de relieve la necesidad de gestionar la demanda en el municipio de Santa Cruz Verapaz, por lo que es necesario tomar en cuenta una serie de elementos que garanticen el abastecimiento del vital líquido de manera efectiva y sustentable, proporcionándolo de forma ininterrumpida en cantidad y en calidad. De aquí la importancia de hacer las consideraciones necesarias para la medición y administración de los caudales de los servicios domiciliarios y comerciales de agua potable.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo general**

Plantear las consideraciones para la medición y administración de los servicios de agua potable domiciliarios y comerciales en el área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala

### **5.2. Objetivos específicos**

- Justificar la instalación de contadores de agua domiciliarios en cada una de las viviendas y comercios que actualmente cuentan con el servicio de agua potable en el área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala
- Diseñar la tarifa de agua de acuerdo con el consumo real por vivienda y comercio en el área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala
- Estimar la eficiencia de conducción y distribución del sistema de agua potable en el área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala
- Plantear los lineamientos de manejo orientados al uso racional y sostenible del agua para consumo humano para el área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala.

- Determinar las acciones para dar solución a los problemas detectados en cada uno de los elementos que conforman el sistema de agua potable del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, con el objetivo de mejorar su funcionamiento.

## **6. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación tendrá un enfoque cuantitativo, ya que pretende estimar la eficiencia física, hidráulica y de calidad del agua del sistema de agua potable, como la necesidad de disponer con contadores de agua para la medición del volumen consumido por usuario del servicio, en el municipio de Santa Cruz Verapaz, A. V.

Para la estimación del sistema se realizará una investigación de campo por medio de encuestas, entrevistas, y la obtención de los parámetros e indicadores que permitan evaluar cada uno de los componentes del sistema incluyendo las instalaciones domiciliarias, comerciales o industriales.

Con la implementación del sistema de medición de caudales, se podrá por medio del buen control del parque de contadores de los usuarios, discriminar de manera acertada a través del consumo de los usuarios, todas las pérdidas que existan por fugas y otras problemáticas. También se podrán establecer las medidas necesarias para la optimización del sistema de conducción y de distribución de agua potable del municipio

Los beneficiarios de esta investigación serán la municipalidad como ente que presta el servicio y los usuarios del mismo, ya que la implementación de contadores de agua no solo contribuirá al uso racional del agua para su preservación, sino además permitirá que el municipio cuente con un sistema de abastecimiento de agua con mejor presión y mayor caudal que brinde un servicio continuo y equitativo.



## **7. MARCO TEÓRICO**

El marco teórico de cualquier trabajo de investigación que se pretenda realizar necesita estar basado en antecedentes que permitan al lector tener una idea clara sobre el tema que se está abordando. Para ello se proponen los siguientes títulos y subtítulos a desarrollar.

### **7.1. Consideraciones para la medición de los servicios de agua domiciliarios y comerciales**

Se refiere a todos los aspectos que se deben tomar en cuenta para la medición de los caudales de los servicios prestados. La medición de caudales se refiere a una actividad que se realiza en donde se calcula aproximadamente cual es la cantidad del consumo de agua que se realiza en determinados periodos de tiempo para posterior a ello recibir una retribución monetaria como lo sería en el caso del agua potable.

#### **7.1.1. Servicio público**

Según indica Izaro Manufacturing Technology (2012):

Se puede definir como un servicio público, a las diferentes actividades u órganos públicos o privados que cuentan con personalidad jurídica que son creados por Constitución o Ley en busca de la satisfacción de las necesidades en general ya sea mediante concesionario o a través de cualquier otro medio legal con sujeción a un régimen de Derecho Público o Privado, según corresponda. (párr.1)

Los servicios públicos de agua son los que prestan las municipalidades a través de una serie de actividades en las que otorgan un acceso particular de agua potable a los ciudadanos para que hagan uso de ella.

### **7.1.2. Servicio público municipal**

Son servicios que tienen como finalidad primordial, la satisfacción de las necesidades en general de todos los habitantes del municipio. Estos servicios son ejecutados por individuos que laboran prestando servicios a las municipalidades o a instituciones del Estado siendo éste el responsable de proveer a los ciudadanos los recursos necesarios e indispensables para desarrollar una vida digna.

### **7.1.3. Servicio público de agua potable**

Con relación al servicio de agua potable Chan (2017) lo define como: “Actividad técnica, destinada a satisfacer la necesidad de carácter general, de disponer de agua apta para consumo humano y doméstico, cuyo cumplimiento, uniforme y continuo, debe ser permanentemente asegurado, regulado y controlado por el poder público, para aprovechamiento indiscriminado de toda persona” (párr.1). Este servicio es prestado por entidades públicas que son encargadas de velar por su distribución y alcance a todo el país, brindando agua que previamente haya pasado por un proceso de higiene y desinfección y que pueda ser empleada o consumida de diferentes maneras sin ser dañina para la salud de los individuos que la utilicen. El servicio público de agua potable es entonces el que se presta en los hogares para la satisfacción y el cumplimiento de las necesidades básicas de higiene y los usos domésticos que se requiera emplear para convivir en un ambiente armonioso y agradable, este servicio es indispensable para la vida humana.

#### **7.1.4. Sistema de agua potable**

Según Molía (2016), “El sistema de agua potable es un conjunto de instalaciones que sirven para transportar desde el punto o puntos de captación y tratamiento el suministro de agua al cliente en condiciones que satisfagan sus necesidades” (p.3). Este suministro es el que se utiliza para llevar un control y registro del uso que se le da en los distintos sectores al agua potable y mediante el cual se pueden realizar las distintas conexiones para poder llegar a más lugares y brindar este derecho y servicio hídrico.

Así mismo Moliá (2016) indica que: “este grado de satisfacción tiene un elevado número de componentes, unos medibles y otros no. Entre los que se pueden destacar están: la calidad, el caudal, la presión, la continuidad del suministro y el precio” (p. 3). Mediante el sistema de agua potable es posible cuantificar el uso y el costo de consumo del agua potable, por lo que, sin un sistema como este, no podría ser posible que las municipalidades pudieran brindar el recurso hídrico para la satisfacción de necesidades domésticas, o productivas.

Entre las partes más importantes de un sistema de distribución de agua potable están: captación, la línea de conducción, tanque de almacenamiento o regularización, línea y red de distribución, conexiones domiciliarias y medidores de caudales.

#### **7.1.4.1. Captación**

La captación es uno de los elementos del sistema de agua potable, por lo que la Unidad Ejecutora Programa Acueductos Rurales, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social Guatemala, C.A. (2014), la define como:

Una estructura grande, caja de cemento y hierro que capta el agua de la fuente o nacimiento y evita que el agua se contamine. En su parte superior tiene una pequeña puerta que sirve para observar obstrucciones y rebalses y limpiar internamente a la captación. Este tanque en el costado superior tiene también un agujero que sirve para que el agua se escape cuando el tanque esté lleno. (p.8)

Dentro de los sistemas de agua potable el uso de la captación es imprescindible, ya que gracias a ello se puede mantener un rango de higiene y de control del agua potable, evitando así su contaminación. Esta estructura debe estar diseñada de manera que se facilite su limpieza de forma exigente para que pueda así ser distribuida a los diferentes puntos de servicio.

- Aforo

Se conoce como aforo a la determinación del caudal de una fuente. Aforar según lo indica Castellón (2014), “se denomina aforo a la medición del volumen de agua que lleva un caudal que se dirija al área de estudio” (p. 5).

Aforar es la actividad de medición que se realiza para determinar la cantidad de agua que contiene una corriente específica, esta puede dirigirse a distintas áreas, se puede hacer una medición extensa. Cuando se hace referencia a la distribución del agua potable el aforo no es más que el estudio que se realiza de la corriente que se dirige a algún eje para ser captada en los hogares o caseríos para saber qué tanta agua fue distribuida por ese canal, observando la rapidez con la que lo recorrió y el volumen que tuvo durante su recorrido.

Castellón (2014) indica que:

La medición de la cantidad de agua que contiene un caudal es importante para saber la cantidad de población que puede utilizarla. El valor del caudal mínimo debe ser mayor que el consumo máximo diario con la finalidad de cubrir la demanda de agua de la población futura. Lo ideal sería que los aforos se efectúen en las temporadas críticas de los meses de estiaje (los meses secos) y de lluvias, para conocer caudales mínimos y máximos. (p. 5)

Los aforos se realizan con la intención de poder realizar un cálculo, en el que se estime un dato aproximado de personas que puedan hacer uso del agua y para las que pueda ser suficiente, calculando su volumen y extensión para posterior a ello buscar alternativas de conservación y uso adecuado del recurso hídrico para evitar su agotamiento y la pérdida permanente o temporal de este, ya que constituye el líquido vital para los seres vivos.

- Análisis de calidad de agua

Cuando se utiliza el término calidad de agua se hace referencia a una serie de características mediante las cuales se llega a determinar que el agua puede ser utilizada con distintos fines y no se encuentra contaminada y que gracias a las medidas de calidad utilizadas se realiza la extracción de microorganismos dañinos. El tratamiento más utilizado para desinfectar el agua y hacerla apta para el consumo humano es a través de los diferentes procesos de cloración ya que suele ser el medio más sencillo y eficaz.

La calidad del agua se puede medir a través de diversas características, como lo serían las físicas, químicas, y biológicas, ya que por medio de ellas se puede determinar si el agua puede ser consumida por los humanos o si contiene demasiadas bacterias o microorganismos dañinos que no son recomendables para el consumo humano.

#### **7.1.4.2. Línea de conducción**

La línea de conducción es la encargada del transporte de las corrientes hídricas desde su momento captación, hasta la zona en la que se realiza el almacenamiento y la distribución del agua según sea necesario.

Jiménez (2015) indica en relación con la línea de conducción que:

Esta línea constituye un sistema de agua potable que permite el transporte del agua potable desde el inicio que es la captación hasta un tanque en donde se regulariza y potabiliza el agua, está compuesta por distintos canales que permiten su bombeo a las diferentes zonas. La capacidad es calculada mediante el gasto mayor diario o el que se tome como una fuente de constante referencia que sea accesible para su análisis, todo esto con el fin primordial de vigilar y darle mantenimiento al servicio de agua potable. (p.89)

#### **7.1.4.3. Tanque de almacenamiento**

El tanque de almacenamiento es un instrumento que permite el almacenamiento de aguas durante el tiempo de consumo menos elevado, permitiendo su albergue para evitar que sea contaminado, su función principal es mantener resguardada el agua para posibles emergencias que puedan surgir y calcula de acuerdo con la demanda de consumo que se realice en las distintas zonas.

Los tanques de distribución pueden ser elaborados de diferentes materiales, pero el que principalmente se utiliza es de concreto y si son elevados el más utilizado es el de acero. Estos tanques pueden ser utilizados en superficies elevadas, superficiales, enterradas o semienterrados, pero esto será determinado según la capacidad del suelo y la capacidad que tendrá según su ubicación.

La utilización de estos tanques permite que el agua sea resguardada durante periodos largos de tiempo sin contaminarse, ya que son creados exclusivamente para el almacenamiento del agua que fue previamente saneada, conserva dentro de él, cantidades extensas de agua que en ocasiones de emergencia pueden ser distribuidas para no permanecer sin este recurso que es fundamental para la satisfacción de necesidades de distinta índole.

#### **7.1.4.4. Red de distribución**

La red de distribución es integrada por una serie de instrumentos mediante los cuales es posible que el agua potable llegue a sus puntos de servicio, está constituida por tubos, canales, cuencas, entre otros.

Según Jiménez (2015), la red de distribución es: “Un conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que trasladan el agua desde el tanque de distribución hasta la entrada de los predios de los usuarios y está formada por dos partes, siendo estas: la línea de alimentación y la red de distribución propiamente dicha” (p. 3).

#### **7.1.4.5. Tipos de servicio de distribución**

Los servicios de distribución de agua potable pueden realizarse con distintos fines, ya sean estos comerciales o domiciliarios, la característica primordial de ambos es la búsqueda de satisfacer necesidades básicas en los seres humanos.

- Servicio domiciliario

Se le denomina así al servicio donde el agua que es distribuida es para usos del hogar y el inmueble es para vivienda. Por lo general la dotación es hasta 30 metros cúbicos de agua.

- Servicio comercial

Se le denomina así al servicio donde el agua que es distribuida es para consumo humano y el inmueble es para fines comerciales. La dotación es hasta 30 metros cúbicos de agua.

#### **7.1.4.6. Conexión domiciliar y comercial/industrial**

Se utiliza para poder tener el alcance necesario, ya sea en localidades ubicadas en el área urbana o rural de las regiones, integrando también varios elementos para darle mantenimiento y vigilancia al consumo de agua potable en las localidades específicas.

Pinchí (2019) define la conexión domiciliar o comercial como:

La conexión que determina la calle y ruta por la cual los canales de distribución deben guiarse para llegar a su destino, sea este del área urbana o rural, siendo esto supervisado por personas que tengan conocimiento acerca de este proceso y puedan contabilizar de forma adecuada el volumen de agua que es distribuido a cada localidad. (p. 25)

#### **7.1.4.7. Calidad del agua potable**

Este aspecto es primordial para la utilización del agua potable, la calidad que contenga es determinante para saber que usos son admitidos por higiene y cuidado. La calidad del agua es un aspecto fundamental que debe tomarse en cuenta, esta se mide a través del cumplimiento de distintas normas de salubridad para extinguir microorganismos dañinos para la salud.

Senasa (2011) indica en contraste con lo anterior que: “El agua potable es aquella empleada para el consumo humano, siempre y cuando cumpla con las condiciones de salubridad y pueda ser utilizada para distintos fines, incluyendo el consumo humano sin volverse un riesgo para la salud, sino que estado adecuada para el uso que cualquier individuo le quiera dar” (p. 2).

#### **7.1.4.8. Muestreo de agua**

El muestreo del agua se refiere a la extracción de una pequeña cantidad del total de agua, para utilizarla en distintos estudios químico, biológicos con el fin de saber si su contenido muestra presencia de microbios o micropartículas que a la vista pueden parecer invisibles, pero al visualizar su contenido de forma exhaustiva se puede determinar si el agua puede ser utilizada para el consumo o únicamente para actividades en las que no perjudiquen sus componentes.

Este tipo de estudios únicamente requiere una porción de agua menor, para determinar si el agua que está en esas zonas en general está contaminada o si los procesos de limpieza y saneamiento que han tenido han sido suficientes. Cuando ya se ha realizado un saneamiento y el resultado de este estudio arroja que aún no está limpia, es necesario estudiar cuales componentes bacteriológicos aún están contaminando el agua para buscar otro método de

saneamiento que pueda extinguir el total de bacterias y que no ocasione problemas en la salud de quienes lo consumen.

El muestreo de agua según Ramírez (2007) consiste en determinar una masa de agua como objeto de estudio y extraer de ella una pequeña porción que pueda representar a la totalidad para estudiar diversas características que la componen. Los estudios que se realizan son revisando el aspecto físico y bacteriológico para determinar mediante su aspecto si la composición del agua es adecuada o si no se puede utilizar para el consumo humano.

#### **7.1.4.9. Análisis de laboratorio bacteriológico**

El lugar a donde se llevan las muestras del agua para su posterior análisis, son los laboratorios bacteriológicos en donde se encargan de realizar un estudio a dicha sustancia líquida para observar mediante sus instrumentos si el líquido contiene bacterias y microorganismos que puedan ser dañinos para la salud y posterior a ello brindar la información respectiva para que se tome en cuenta y se dé el aviso a las personas que llegar a consumirla. Al mismo tiempo se encargan de determinar mediante su análisis si el agua es potable o no.

Argueta (2014) indica en relación al análisis bacteriológico que es de suma importancia llevar el agua recogida mediante el muestreo a los laboratorios bacteriológicos, para determinar si está siendo contaminada con bacterias provenientes de distintos lugares que pueden ocasionar problemas y enfermedades gastrointestinales en las personas que ingieren este tipo de aguas y son parte de su consumo diario. Este estudio bacteriológico debe demostrar si el agua es potable y puede ser consumida por los seres humanos o si no es potable debe procederse a la desinfección a base de hipoclorito de calcio para

potabilizarla. La mayor parte de la contaminación del agua es demostrada que se ocasiona debido al contacto que tiene en muchas ocasiones con heces fecales.

#### **7.1.4.10. Análisis de laboratorio fisicoquímico**

El laboratorio fisicoquímico es el encargado de evaluar los aspectos que pueden ser determinados a través de la primera impresión, evaluando su aspecto físico y cada una de las características captadas por los sentidos, para determinar si es correcto el aspecto y las características notorias al momento del análisis y decidir si es agua potable o hay que proceder a su desinfección de otra manera.

Argueta (2014) opina que el análisis fisicoquímico es el que estudia los aspectos evidentes ante los sentidos, por medio de los cuales se puede determinar si el agua está limpia o si se encuentra contaminada con gérmenes o bacterias que cambian el aspecto del agua y le proporcionan una vista desagradable, en este estudio se evalúa, color, olor, textura, sabor, entre otros.

#### **7.1.5. Métodos de desinfección**

Existen diversos métodos y técnicas para desinfectar el agua para brindar un servicio adecuado de agua potable, puede ser mediante cloro, clarificación, y rayos ultravioleta. Lo importante es que al momento de realizar los análisis correspondientes se logre determinar que método se debe emplear para la desinfección de forma eficiente y eficaz.

Organización Panamericana de la Salud OPS (2013), indica que la desinfección del agua es un proceso importante para determinar si esta puede ser utilizada para el consumo humano sin contraer algún riesgo por los componentes que contenga, este es un método importante que se utiliza siempre que se pretenda distribuir agua para el consumo y que no dañen la salud de las personas.

La desinfección del agua es la intervención sanitaria más eficaz y eficiente que debe emplearse por parte de las personas e instituciones encargadas de proveer este recurso a cualquier parte del mundo, puede realizarse en función de su costo y de la cantidad, de distintas maneras y con diferentes tratamientos que sirven para lo mismo, pero algunos son más efectivos que otros.

#### **7.1.5.1. Cloro y sus derivados**

El cloro es uno de los desinfectantes que mayormente se usan para descontaminar el agua y poder ser distribuida por medio de las tuberías a los distintos hogares y destinos con el fin de ser utilizado para el consumo humano a un bajo costo y para su fácil acceso.

Este es un método de descontaminación utilizado mayormente debido a su bajo costo y a su facilidad para utilizarlo, es eficiente en la eliminación de bacterias y microorganismos para prevenir y evitar enfermedades de tipo intestinal a causa del consumo de agua.

Con respecto a la cloración del agua Zayas (2018) refiere lo siguiente: La cloración es un método eficiente y sencillo de utilizar, se trata de introducir productos clorados, que sean medidos según la cantidad de agua contenida en los tanques, para tener el alcance suficiente de descontaminación durante un

periodo de reposo y resguarde, bajo un cuidado extensivo para no contaminarse y matar los microorganismos que estén contenidos en ella. Luego del tiempo de actuación del cloro en contacto con el agua, se vuelve potable y está lista para ser consumida dentro del tiempo establecido y dependiendo del cuidado que le den para no contaminarse nuevamente.

#### **7.1.5.2. Dosis de cloro**

El cloro debido a su estado líquido permite que su distribución y dosificación para desinfectar las aguas sea mucho menos complicada, este proceso se lleva a cabo para preparar el agua para el consumo de los seres humanos, se tiene que disolver dependiendo de la cantidad y claridad que tenga el agua.

Como lo refiere Dosing Pumps (2017) el hipoclorito sódico o cloro como comúnmente se le llama, es una especie de desinfectante utilizado desde hace varios años ya que elimina de forma eficiente los aspectos y el contenido bacteriológico que ante la vista es invisible, pero que se encuentra dentro del agua destinada para el consumo humano, para ser desinfectada y cambiar la imagen amarillosa o verdosa que tenga por medio de su combinación adecuada y dosis por litro correcta según sea la cantidad de agua.

#### **7.1.5.3. Cloración cloro gaseoso**

Es el tipo de desinfección consiste en inyectar el cloro como gas directamente en el agua, fuente o tanque de distribución en la dosis calculada para que sea adecuada. Si es un pozo puede inyectarse en el tanque de distribución o en la tubería fuera del pozo (dentro de una caseta). El cloro gaseoso es bastante económico para desinfectar el agua, por lo que las municipalidades y particulares lo utilizan cuando necesitan desinfectar grandes

cantidades de agua. Su desventaja es su grado de toxicidad por lo que es recomendable utilizar equipo especial para su manejo.

Su densidad es mayor que la del aire y su color es verde amarillento. En ambientes húmedos, sus características corrosivas son muy altas, por lo que los contenedores de dicho gas deben ser fabricados en aleaciones especiales que soporten la corrosión.

#### **7.1.6. Cobertura de agua potable**

Se refiere a un análisis que determina a cuantas personas puede ser distribuida el agua potable según sus capacidades, alcances y cantidad de personas que les es distribuida brindándoles un servicio de calidad

De igual forma así lo determina Delgado (2007) quien indica que: “La cobertura de agua potable es el factor que determina el número de la población que utiliza este servicio para el consumo, tomando en cuenta, región, cantidad y población total” (p.17).

##### **7.1.6.1. Disponibilidad del agua**

En relación al tema Petschen (2008) indica que: “el agua potable debe estar disponible para los distintos usos que las personas empleen de ella, por ejemplo, los usos personales y domésticos: el consumo directo; la preparación de alimentos; la higiene personal, el aseo doméstico y el saneamiento de manera continua, para evitar la interrupción de sus labores por la falta de acceso al recurso” (p. 59).

### **7.1.6.2. Dotación de agua potable**

Según Argueta (2014) la dotación de agua potable se define como:

La cantidad de agua de la cual dispone un individuo por día, por lo que los estudios que se realizan para saber cuánta agua distribuir a diferentes zonas, toma en cuenta cuanta población hay y cuál es el consumo máximo y mínimo por persona, para que el recurso hídrico esté disponible para cada uno, tomando en cuenta factores importantes como el clima, el uso doméstico que se le dé y la administración del sistema entre otros. (p.10)

En áreas urbanas de clima frío, se utiliza un promedio de 120 a 150 Lts./Hab./día y un promedio de 150 a 200 Lts./Hab./día en clima cálido.

### **7.1.6.3. Continuidad del servicio de agua**

En su tesis Delgado (2007) la define como: “La determinación del tiempo promedio diario en horas que las personas tienen acceso al servicio de agua durante el año” (p.17).

### **7.1.7. Medición de caudales (hidrometría)**

La medición de caudales es necesaria para cuantificar con datos reales la extensión de los ríos o de las tuberías a lo largo del tiempo. Por lo que Alvarado (2017) afirma que: “La hidrometría es la encargada de medir y calcular el volumen de las corrientes de agua, destinadas a cada uno de los destinos a los que se distribuye el agua, comprende un registro detallado del consumo de agua a su destino para proveer dosificadamente” (p.2).

#### **7.1.7.1. Macromedición**

Conagua (2016) afirma que: “La macromedición es el elemento fundamental para medir y registrar los volúmenes de agua que se extraen u obtienen de una fuente de abastecimiento, ya sea subterránea (acuífero-pozo profundo) o superficial (río, presa, lago, etc.)” (p.149).

#### **7.1.7.2. Micromedición**

Conagua (2016) afirma que: “La micromedición es la actividad que se desarrolla para controlar y medir la actividad que desarrollan los caudales, en relación a su diámetro y extensión. Los micromedidores están adecuados para poder instalarse en los distintos domicilios conteniendo un registro único” (p.170).

Para poder emplear un sistema de micromedición es necesario contar con la ubicación específica del lugar en el que se presta el servicio de agua potable, en donde tiene que haber un contador el cual registra el bombeo de agua que fue distribuido durante un período específico y determinar así, mediante el dato que proporcione, la tarifa que debe ser cobrada por el uso del agua y del servicio que fue proporcionado por ese tiempo.

### **7.1.7.3. Medidores de agua**

Giraldo (2007) afirma que:

Un medidor de agua es una herramienta que permite que el registro del consumo de agua a los diferentes puntos de servicio quedando indicado dentro de sus datos, a qué período corresponde y el consumo total durante ese período. Es un elemento fundamental para efectuar el registro de consumo de agua que nos permite determinar el consumo y la tarifa a pagar por la prestación y el consumo de ese servicio (párr.1).

### **7.1.7.4. Tipos de medidores de agua**

De acuerdo con las fuentes consultadas los medidores pueden ser de varios tipos entre los que se encuentran:

- Medidores tipo volumétrico

Instituto Aragonés del agua (2013) afirma que este tipo de contadores se dedican al conteo de llenados y vaciados de volumen conocido. Existen dos tecnologías, los de pistón rotativo, que suelen ser más comunes, y los de disco oscilante. La diferencia entre ellos se encuentra en el elemento móvil, los primeros poseen un pistón rotativo que gira excéntricamente mientras que el movimiento en los segundos lo realiza un disco giratorio.

- Medidores tipo inferencial o de velocidad

EcuRed (2017) afirma que:

Los contadores de este tipo disponen de una hélice suspendida en la corriente, cuya velocidad de rotación (revoluciones por minuto) registra el contador. A cada número de revoluciones corresponde un valor determinado del caudal de agua consumido ( $m^3/s$ ), pues dicho caudal solo depende de la sección de la tubería y la velocidad de la corriente. Así pues el tacómetro pues el tacómetro de la hélice puede graduarse directamente en  $m^3/s$ . Contando las vueltas descritas por la hélice durante un cierto periodo de tiempo, se obtiene la cantidad total de agua consumida en este tiempo. (párr.2)

## **7.2. Eficiencia de un sistema de agua potable**

Conagua (2012) afirma que en la actualidad la eficiencia de un sistema de abastecimiento de agua potable se destaca por las capacidades de extracción, regularización, potabilización y distribución de agua, manteniendo un servicio de calidad que brinda a los clientes la atención necesaria.

La eficiencia del servicio de agua potable se demuestra al mantener un servicio continuo y de calidad, en la que el agua proporcionada pase por todas las medidas de calidad con el fin de proteger la salud de los consumidores. De igual manera la eficiencia del servicio es medida a través del registro adecuado del consumo de agua potable por parte de los usuarios.

### **7.2.1. Escenarios para evaluar la eficiencia total del sistema**

Son los distintos parámetros de estudio que permiten determinar si el agua está siendo distribuida con calidad en cuanto a aspecto, salud y continuidad sin interrupciones, tomando en cuenta todo esto para evaluar globalmente el sistema que proporciona el agua potable de forma general.

Conagua (2016) afirma que bajo este contexto se puede determinar que es eficiente la municipalidad que mantenga un sistema de abastecimiento y desarrollo del agua de forma correcta.

### **7.2.2. Ingeniería de producción y distribución**

Es la que se relaciona con la eficiencia de los aspectos físicos, hidráulicos y de calidad del agua.

#### **7.2.2.1. Eficiencia física**

Conagua (2019) califica que:

La eficiencia física refleja en una mayoría la capacidad del sistema de abastecimiento para la cobertura correcta sin que haya ningún tipo de fuga. Sin embargo, el valor de la eficiencia física no manifiesta de manera exacta el nivel de deterioro de las tuberías, toma domiciliaria y otros elementos del sistema. Esta eficiencia se calcula en porcentaje, con:  $\eta_{\text{física}} = (\text{Vol. Consumido} / \text{Vol. Suministrado}) \times 100$  (Ecuación No.1). (p.34)

### **7.2.2.2. Eficiencia Hidráulica**

Según Conagua (2019) la eficiencia hidráulica se define como:

La que surge al mantener diversos términos en concordancia durante el proceso que se lleva a cabo por un sistema de agua potable, involucrando la capacidad de captación del agua, la conducción y la distribución de la misma a cada uno de los puntos necesarios para hacer uso de ella. (p.64)

Existen varios indicadores por medio de los cuales se puede determinar si existe o no eficiencia hidráulica al llevar a cabo el proceso del suministro de agua potable, para ello es necesario contar con un sistema eficiente desde la captación, conducción y distribución valorándolo a través de algunos parámetros necesarios y dejarla lista para ser distribuida por medio de los conductos y canales de distribución de forma continua y precisa.

### **7.2.2.3. Eficiencia en la calidad del agua**

La eficiencia en la calidad del agua es la que determina al final, si el agua cuenta con la salubridad necesaria y es un elemento de consumo humano apto para la salud.

La calidad del agua es un factor indispensable que permite determinar si no es dañina o si es potable, ya que al ingerir este tipo de líquido se está propenso a cualquier tipo de infección gastrointestinal si no ha pasado por un tratamiento adecuado que elimine todo tipo de microorganismos provenientes de áreas contaminadas y que pueda contaminar la totalidad del agua que será distribuida.

### **7.2.3. Comercialización del servicio**

La comercialización del servicio de agua potable se refiere al cobro por consumo que se realiza en las distintas zonas y regiones del país, para lo cual es necesario contar con contadores individuales que puedan llevar un registro mensual del uso de agua que se le da en los puntos de distribución.

Este es el caso de las municipalidades, ya que actúan como prestadoras del servicio mediante la retribución de un pago por concepto de agua potable que es descrito por medio de las facturas de cobranza que se les hace llegar a los consumidores en sus distintos domicilios.

Esta eficiencia se calcula en porcentaje, con la siguiente ecuación:

$$\eta_{\text{comercial}} = (\text{Importe agua recaudado} / \text{importe de agua facturado}) \times 100$$

### **7.2.4. Desarrollo institucional**

Conagua (2016) define el desarrollo institucional como el que se lleva a cabo relacionando la eficiencia administrativa con la eficiencia comercial, reflejando de forma directa de qué manera se presta el servicio.

#### **7.2.4.1. Eficiencia administrativa**

Para ser competitivos y tener un sistema de agua potable eficiente en el área administrativa, Conagua (2009) asegura que se pueden implementar estrategias que mejoren la estructura organizacional y evaluar las capacidades para desempeñar las funciones encomendadas. Esto con el fin de aprovechar de

mejor manera todos los recursos con que cuente la municipalidad y proveer el recurso hídrico de forma permanente.

### **7.3. Consideraciones para la administración de los servicios**

Se refiere a todos los aspectos que deben ser tomados en cuenta para la administración del servicio de agua potable, los cuales integrarán y organizarán los elementos necesarios para el cobro adecuado del servicio y control de los ingresos, para satisfacer necesidades de inversión, operación, mantenimiento y administración.

#### **7.3.1. Operación y mantenimiento del sistema**

- Operación

Según lo indica el Ministerio del Agua (2011) operar es ejecutar el sistema de abastecimiento de agua potable de forma correcta, cuidando que los equipos, herramientas, instalaciones y distribución sean llevados a cabo con calidad a los clientes a quienes se les distribuye el agua, así como revisar planificadamente que las tuberías y líneas de distribución estén trabajando de manera idónea, transportando el agua potable sin ser contaminada.

- Mantenimiento

Ministerio del Agua (2011) indica que: “Mantener se refiere a las acciones que se deben realizar en las instalaciones y equipos para prevenir o reparar daños de los mismos” (p.25).

Para darle mantenimiento a las instalaciones es necesario contar con un equipo profesional que conozca la manera en que se lleva a cabo el proceso de distribución y que a partir de ello al darle mantenimiento y cuidado a las tuberías sin interferir con la llegada de agua a los lugares de distribución.

- **Mantenimiento correctivo**

Ministerio del Agua (2011) refiere que el mantenimiento correctivo “son las reparaciones llevadas a cabo de forma inmediata debido al desgaste de los elementos del sistema de agua potable” (p.25).

- **Mantenimiento preventivo**

Según lo refiere Ministerio del Agua (2011) el mantenimiento preventivo se refiere a “las acciones que se realizan para evitar daños en la salud, por el mal mantenimiento de los sistemas de agua potable y así garantizar la calidad del agua” (p.25).

#### **7.4. Gastos de operación y mantenimiento**

Son los costos en los que incurren las empresas para mantener sus operaciones día con día y mantener en funcionamiento el sistema de agua potable, entre estos costos se encuentran los incurridos por concepto de trabajo empleado por parte de fontaneros o ayudantes para la reparación o mantenimiento de tuberías y la compra de los distintos accesorios y herramientas para llevar a cabo este trabajo.

Los gastos de operación y mantenimiento en relación al servicio de agua siempre serán inevitables ya que para poder proveer y mantener un servicio de calidad es necesario primero invertir en reparaciones y mantenimiento para mejorar el sistema y poder ampliar así el número de población y las capacidades de distribución.

#### **7.4.1. Tarifa**

Las tarifas por concepto de agua potable son las recibidas por las entidades encargadas de la distribución de agua potable como medio de retribución por la prestación de dicho servicio. Pagando por el buen funcionamiento de este servicio y asegurando de esta manera que mantendrán agua potable para la satisfacción de las necesidades y el consumo en su domicilio.

#### **7.4.2. Propuesta de tarifa**

Según Sánchez (2015), “para el buen funcionamiento del sistema de agua potable es necesario que sea autofinanciable, es decir fijar un pago por concepto de agua que cuente con las consideraciones necesarias para el presente” (p.88).



## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. ANTECEDENTES

#### 1.1. Antecedentes del municipio de Santa Cruz Verapaz, A.V

- 1.1.1. Ubicación geográfica
- 1.1.2. Topografía del lugar
- 1.1.3. Fisiografía del lugar
- 1.1.4. Población y sus características
- 1.1.5. Autoridades y servicios
- 1.1.6. Reseña histórica

#### 1.2. Variables de estudio

- 1.2.1. Region
- 1.2.2. Economía de la población
- 1.2.3. Consumo de agua en el municipio y sus zonas suburbanas
- 1.2.4. Fondos para el desarrollo de proyectos de agua potable

- 1.3. ¿Qué es, como funciona y se administra un sistema de agua potable?

## 2. MARCO TEÓRICO

- 2.1 Consideraciones para la medición de los servicios de agua domiciliarios y comerciales

2.1.1 Servicio público

2.1.2 Servicio público municipal

2.1.3 Servicio público de agua potable

2.1.4 Sistema de agua potable

2.1.4.1. Captación

2.1.4.2. Línea de conducción

2.1.4.3. Tanque de almacenamiento

2.1.4.4. Red de distribución

2.1.4.5. Tipos de servicio de distribución

2.1.4.6. Conexión domiciliar y comercial/industrial

2.1.5. Calidad del agua potable

2.1.5.1. Muestreo de agua

2.1.5.2. Análisis de laboratorio bacteriológico

2.1.5.3. Análisis de laboratorio fisicoquímico

2.1.6 Métodos de desinfección

2.1.6.1. Cloro y sus derivados

2.1.6.2. Dosis de cloro

2.1.6.3. Cloración cloro gaseoso

2.1.7 Cobertura de agua potable

2.1.7.1. Disponibilidad del agua

2.1.7.2. Dotación del agua potable

- 2.1.7.3. Continuidad del servicio de agua
  - 2.1.8. Medición de caudales (hidrometría)
    - 2.1.8.1. Macromedición
    - 2.1.8.2. Micromedición
    - 2.1.8.3. Medidores de agua
    - 2.1.8.4. Tipos de medidores de agua
- 2.2 Eficiencia de un sistema de agua potable
  - 2.2.1. Escenarios para evaluar la eficiencia total del sistema
  - 2.2.2. Ingeniería de producción y distribución
    - 2.2.2.1. Eficiencia física
    - 2.2.2.2. Eficiencia hidráulica
    - 2.2.2.3. Eficiencia en la calidad del agua
  - 2.2.3 Comercialización del servicio
  - 2.2.4. Desarrollo institucional
    - 2.2.4.1. Eficiencia administrativa
- 2.3 Consideraciones para la administración de los servicios
  - 2.3.1. Operación y mantenimiento del sistema
- 2.4 Gastos de operación y mantenimiento
  - 2.4.1 Tarifa
  - 2.4.2 Propuesta de tarifa

### 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- 5.1. Observaciones e investigación de campo
- 5.2. Procesamiento y análisis de los datos

### 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

Reidl (2011) define el marco metodológico o diseño de la investigación como el plan, estructura o estrategia que será utilizada para obtener respuestas a las preguntas de investigación planteadas controlando y minimizando el error experimental.

### **9.1. Universo**

González (2015) define universo como “La totalidad de elementos o características que conforman el ámbito de un estudio o investigación” (párr.2).

El universo en esta investigación es finito, en vista de que la información se puede obtener observando y realizando mediciones directas en el sitio bajo estudio. Está formado por todos los componentes principales que conforman el sistema de agua potable y los usuarios del servicio del municipio de Santa Cruz Verapaz, A.V.

### **9.2. Variables**

Las variables que se estudiarán durante el proceso de investigación serán: caudal de agua que ingresa a la red de distribución diariamente ( $Q_d$ ), número de habitantes del servicio de agua potable, total de viviendas con el servicio de agua potable ( $T_{vs}$ ), total de viviendas en el área urbana ( $T_v$ ), horas al día con agua ( $h_d$ ), días al mes con agua ( $d_m$ ), duración en meses del verano ( $m_v$ ), duración en meses del invierno ( $m_i$ ), total de riesgos identificados ( $tri$ ), total de riesgos

evaluados (tre), parámetro de coliformes fecales, usuarios al día en pago de la tarifa (u), tarifa por mes (t). Las definiciones pueden observarse en la tabla I.

Tabla I. **Operacionalización de variables**

Objetivos específicos	VARIABLES	Indicadores	Ítems	Técnica, instrumentos
Proponer la instalación de medidores de agua domiciliarios en cada una de las viviendas y comercios en el área urbana de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.	Usuarios, toma de presiones con manómetro.	Caudal		Encuestas, muestreos, cuestionarios.
		Presión		Muestreos
Diseñar e implementar la tarifa de agua de acuerdo con el consumo real por vivienda y comercio.	Números de usuarios del servicio, caudal máximo horario.	Costo de operación		Documental, entrevistas, boletas de evaluación.
		Costo de mantenimiento		
		Costo de tratamiento		
		Gastos administrativos		
		Costos de reserva		
Estimar la eficiencia de conducción y distribución del sistema.	Demografía urbana, usuarios del servicio, aforo, horas al día con agua, días al mes con agua, parámetros establecidos para calidad de agua.	Riesgo sanitario		Documental, entrevistas, boleta de evaluación, encuesta, normas, muestreo.
		Calidad		
		Cantidad		
		Cobertura		
		Continuidad		
		Capacidad de administración operación y mantenimiento.		
Implementar lineamientos de manejo orientados al uso racional del agua para consumo humano.	Usuarios del servicio de agua.	Usos del agua, fugas, medidores de agua.		Boleta de evaluación, encuestas.

Fuente: elaboración propia.

### **9.3. Muestra**

Hernández (2008) afirma que “una muestra, es un grupo de personas, eventos, sucesos, comunidades, etc., sobre el cual se habrán de recolectar los datos, sin que necesariamente sea representativo del universo o población que se estudia” (p. 81).

Aular (2014) afirma que “en las muestras probabilísticas, la característica fundamental es que todo elemento del universo tiene una determinada probabilidad de integrar la muestra, y esa probabilidad puede ser calculada matemáticamente con precisión. En las muestras no probabilísticas ocurre lo contrario y el investigador no tiene idea del error que puede estar introduciendo en sus apreciaciones” (p.23).

En la presente investigación se ha decidido que la muestra será igual que la población, siendo la misma de tipo no probabilística intencional y estará conformada por todo el sistema de distribución de aguas del área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, como parte de los usuarios del servicio de agua potable del área urbana del municipio.

Aular (2014) también menciona:

En el tipo de muestra intencional, las unidades se eligen en forma arbitraria, designando a cada unidad según características que para el investigador resulten de relevancia. Por lo tanto, se utiliza, el conocimiento y la opinión personal para identificar aquellos elementos que deben ser incluidos en la muestra. Estas muestras son muy útiles y se emplean frecuentemente en los estudios de caso, por más que la posibilidad de generalizar conclusiones a partir de ellas, sea en rigor nula. En algunas oportunidades se usan como

guía o muestra tentativa para decidir cómo tomar una muestra aleatoria más adelante. (p.26)

La Municipalidad de Santa Cruz Verapaz presta el servicio de agua potable a un total de 1899 usuarios de los cuales 1847 son usuarios del servicio de agua domiciliar y 52 son usuarios del servicio comercial, la muestra para ambos tipos de servicio se tomó utilizando la fórmula de muestreo:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{[d^2 \times (N-1) + Z_a^2 \times p \times q]}$$

En donde: N = tamaño de la población, Z = nivel de confianza, p = probabilidad de éxito o proporción esperada, q = probabilidad de fracaso y d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

Se tomó un error máximo admisible de 5 %, una probabilidad de éxito de 80%, una probabilidad de fracaso o variabilidad negativa del 20 % y un nivel de confianza correspondiente al 95 %.

Tabla II. **Nivel de confianza y sus valores de K**

Nivel de confianza	75 %	80 %	85 %	90 %	95 %	97.5 %	99 %
Valores de k	1.15	1.28	1.44	1.65	1.96	2.24	2.58

Fuente: elaboración propia.

Entonces con N (usuarios domiciliarios) = 1847 y N (usuarios comerciales) =52

$$N (\text{usuarios domiciliarios}) = \frac{(1.96)^2 (0.80) (0.20) (1847)}{(0.05^2) (1847-1) + \{(1.96^2) (0.20) (0.80)\}}$$

$$N (\text{usuarios domiciliarios}) = 204.197 = 205 \text{ usuarios domiciliarios}$$

$$N (\text{usuarios comerciales}) = \frac{(1.96)^2 (0.80) (0.20) (52)}{(0.05^2) (52-1) + \{(1.96^2) (0.20) (0.80)\}}$$

$$N (\text{usuarios comerciales}) = 26 \text{ usuarios domiciliarios}$$

La muestra fue la siguiente:

- Población de usuarios del servicio domiciliario: 205 usuarios
- Población de usuarios del servicio comercial: 26 usuarios

#### **9.4. Tipo de investigación**

Sabino (2002) sostiene que “el tipo de investigación consiste, fundamentalmente, en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores” (p.1). Al hacer un análisis del propósito final de este trabajo de investigación de acuerdo con lo establecido en el planteamiento del problema, el objetivo general y en los objetivos específicos, y considerando lo que señalan otros autores, en relación con los diferentes tipos de investigación, se ha llegado a la conclusión que el siguiente trabajo de grado es de tipo proyectivo, explorativo (con base en un estudio de campo).

Hurtado (2008) en uno de sus estudios afirmó que una investigación es de tipo proyectiva cuando se plantea resolver un problema o cubrir las necesidades insatisfechas mediante una propuesta o plan, aplicado a una institución o a una zona geográfica, a partir de un diagnóstico exacto de las necesidades presentes y de las tendencias futuras.

El trabajo de investigación será desarrollado mediante el diagnóstico elaborado con la recolección de datos de entrevista y boleta para evaluar el sistema de agua actual. Estas se realizarán al personal que labora en la municipalidad encargados de los servicios prestados por la institución en combinación con la inspección visual y obtención de mediciones en sitio por parte del investigador y las encuestas que se realizarán a los usuarios sobre la calidad del servicio.

Este trabajo de investigación tiene como finalidad proponer la instalación de medidores de agua como parte del sistema de distribución de agua potable del área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, como medida para uso racional del agua, y abrir la puerta a cobros más justos en base al consumo de cada usuario. También se evaluará la eficiencia del sistema de agua potable, y darán las recomendaciones necesarias para que este brinde un servicio adecuado, de calidad y sea sostenible.

## **9.5. Diseño de la investigación**

Dado que el objetivo del estudio es evaluar la eficiencia del sistema de agua potable del área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, y proponer la colocación de medidores de agua potable, para el uso eficiente de agua, se utilizará un proceso para que la evaluación de la eficiencia del sistema se desarrolle de manera efectiva.

Robles (2016) afirma que el diseño de la investigación se refiere al conjunto de métodos y procedimientos utilizados al coleccionar y analizar medidas de las variables especificadas en la investigación del problema de investigación o el marco que ha sido creado para encontrar respuestas a las preguntas de investigación.

Esta investigación es de diseño no experimental de campo transversal, debido que no se realizará ningún experimento y los resultados se obtendrán a través cálculos y mediciones del sistema de distribución de agua potable.

Ahora bien, lo que lleva a tomar el diseño de la investigación como un diseño no experimental de campo transversal son las definiciones de Hernández, Fernández y Baptista (1998) cuando expresan que “en un diseño no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocada intencionalmente por el investigador. En la investigación no experimental no hay manipulación intencional ni asignación al azar” (p.56).

También Aular (2014), afirma que “la investigación de campo se apoya en informaciones que provienen entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones” (p.15). Hernández, *et al.* (2003), define investigación transversal como “aquella donde se recolectan datos en un solo momento o un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado” (p.270).

## **9.6. Enfoque de la investigación**

El siguiente trabajo será diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, debido a las necesidades de la investigación.

Hernández y Baptista (2010) definen el enfoque cuantitativo como:

Aquel que representa un conjunto de procesos. Es secuencial y probatorio, cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar o eludir” pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. (p.4)

“Pero el aspecto central es que el objeto de estudio de estos diseños de investigación son variables o fenómenos cuantificables o fácilmente mesurables” (Ramos, 2015, párr.4)

Del enfoque cuantitativo se tomarán las técnicas de Boletas de evaluación para sistemas de agua por parte de la(s) personas encargadas del servicio y la de encuestas para medir la calidad del servicio de agua potable.

### **9.7. Hipótesis**

- La falta de contadores domiciliarios como parte del sistema de servicio de agua potable, así como el establecimiento de una tarifa acorde al volumen de agua consumido por usuario son factores que contribuyen al desperdicio y uso desmedido del vital líquido.
- El diseño de una tarifa, que cubra los gastos de operación y mantenimiento del sistema para un mejor servicio será la base suficiente para justificar el aumento a la tarifa de agua.

## **9.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La investigación se llevará a cabo con instrumentos de recolección de datos propios del diseño de investigación. Con éstas técnicas e instrumentos se recopilará la información necesaria para evaluar la eficiencia del sistema de agua potable a través de indicadores de calidad (parámetros microbiológicos, químicos, físicos y organolépticos del agua), continuidad y presión. Esta técnica de trabajo permitirá investigar los hechos de forma general.

### **9.8.1. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Por ejemplo; la observación directa, la observación de campo, la encuesta (entrevista o cuestionario), el análisis documental, y análisis de contenido, entre otros.

Según Hurtado (2000) las técnicas de recolección de datos son los procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar cumplimiento a su objetivo de investigación. Para Ander-Egg (1995) la técnica indica cómo hacer, para alcanzar un fin o hechos propuestos; tiene un carácter práctico y operativo. Entre las técnicas de recolección de datos a usar en esta investigación están: la entrevista, encuesta, cuestionario, observación directa y observación de campo con recolección de muestras y mediciones.

## **9.8.2. Procesamiento y análisis de información**

El análisis e interpretación de los resultados es prácticamente la última etapa del proceso de investigación, sin embargo, todas las anteriores, comprendidas en el diseño, concurren hacia la realización de esta importante operación.

Encinas (1993) nos dice, que los datos en sí mismos tienen limitada importancia, es necesario "hacerlos hablar", en ello consiste, en esencia, el análisis e interpretación de los datos.

El propósito del análisis es resumir las observaciones que se llevarán a cabo de forma tal que proporcionen respuesta a las interrogantes de la investigación. En este proyecto de información, después de la recolección de datos, se procederá a preparar los datos o respuestas para analizarlos. Las respuestas o los datos obtenidos, previamente codificados, se transferirán a una matriz de datos y se preparan para su análisis, a través de la codificación de preguntas cerradas. El análisis que se llevará a cabo es de tipo descriptivo.

### **9.8.2.1. Entrevista**

Técnica que obtiene información a través de preguntas en forma personal, directa y verbal. Las preguntas pueden ser abiertas, cerradas, subjetivas y concretas.

Torres y Paz, (s.f.) definen la entrevista como “un método cómodo para obtener datos referentes a la población, facilitados por individuos y que nos sirven para conocer la realidad social. Estos datos podrían observarse directamente a través de la observación, pero serían subjetivos de los investigadores, resultando más costosa su obtención” (p.13).

#### **9.8.2.2. Encuesta**

Es una técnica para obtener información tomando una muestra de la población objetivo, suelen usarse preguntas cerradas es decir concretas.

#### **9.8.2.3. Cuestionario**

Es el método que utiliza un instrumento o formulario impreso destinado a obtener respuesta o información sobre el problema en estudio y que el consultado llena por sí mismo. Esta información servirá para profundizar más en el objeto de estudio, para lo cual se aplica el cuestionario semiestructurado a encargados de la prestación de los servicios.

#### **9.8.2.4. Observación**

Sierra y Bravo (citado en Hurtado y Toro, 2007) la define como: “La inspección y estudio realizado por el investigador, mediante el empleo de sus propios sentidos, con o sin ayuda de aparatos técnicos, de las cosas o hechos de interés social, tal como son o tienen lugar espontáneamente” (p.66).

Para el desarrollo de la siguiente investigación, se aplicará la observación de campo para la recolección de datos, ya que es una herramienta fundamental por el tipo y diseño de investigación, en donde la información es captada directamente en sitio.

Este instrumento también contribuirá para el posterior análisis de los datos recolectados y su interpretación sobre la base del marco teórico, que permitirán llegar a conclusiones y toma de decisiones. El Instrumento que se empleará es la ficha de notas.

### **9.8.3. Instrumentos de recolección de datos**

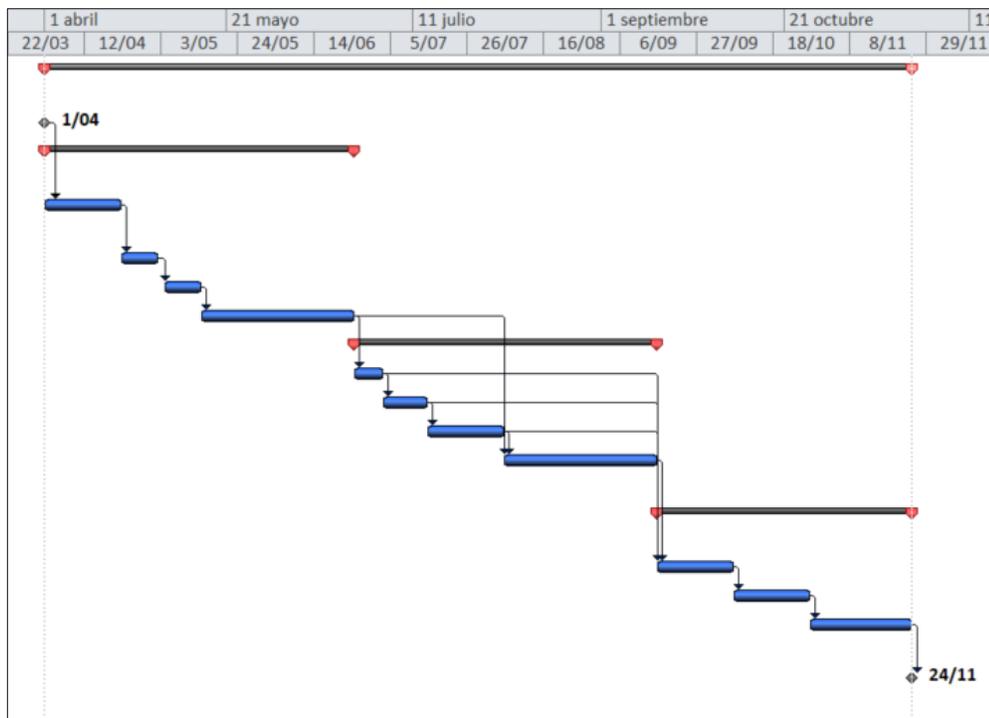
Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas de notas, formatos de cuestionario, guías de entrevista, lista de cotejo, grabadores, escalas de actitudes u opinión, entre otros.

Hernández, *et al.* (2014), se refiere a cualquier tipo de recurso que utiliza el investigador; para allegarse de información y datos relacionados con el tema de estudio. Por medio de estos instrumentos, el investigador obtiene información sintetizada que podrá utilizar e interpretar en armonía con el Marco Teórico. Los datos recolectados están íntimamente relacionados con las variables de estudio y con los objetivos planteados.

## 10. CRONOGRAMA

Para poder alcanzar los objetivos del plan de investigación establecidos con anterioridad, se realiza un cronograma con las actividades y tiempos que llevarán cada una en realizarse, controlando y corrigiendo las tareas en cada una de las actividades que de alguna manera o que por alguna razón específica pudieran no estar desarrollándose de acuerdo con lo esperado. Lo que se pretende es establecer un balance y confirmar si los objetivos planeados se están cumpliendo.

Tabla III. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

En el cronograma de actividades se trabajaron 3 fases, recolección de información, visitas de campo, y el desarrollo del marco de recopilación de información para su análisis. Cada fase con sus propias actividades y que van a ser desarrolladas durante los ocho meses establecidos y descritos en la tabla II.

Tabla IV. **Descripción de fases del cronograma**

<b>Actividades</b>	<b>Duración</b>	<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>
Proyecto de medición de caudales	170 días	mié 1/04/20	mar 24/11/20
<b>INICIO</b>	<b>0 días</b>	<b>mié 1/04/20</b>	<b>mié 1/04/20</b>
<b>Fase1-Recolección de información</b>	<b>61 días</b>	<b>mié 1/04/20</b>	<b>mié 24/06/20</b>
Consulta de material bibliográfico	15 días	mié 1/04/20	mar 21/04/20
Entrevistas	8 días	mié 22/04/20	vie 1/05/20
Cuestionarios	8 días	Lun 4/05/20	mié 13/05/20
Encuestas	30 días	jue 14/05/20	mié 24/06/20
<b>Fase2-Visitas de campo</b>	<b>59 días</b>	<b>jue 25/06/20</b>	<b>mar 15/09/20</b>
Fuente y tanque	6 días	jue 25/06/20	jue 2/07/20
Línea de conducción	8 días	vie 3/07/20	mar 14/07/20
Línea de distribución	15 días	mié 15/07/20	mar 4/08/20
Conex. domiciliarias y comerciales	30 días	mié 5/08/20	mar 15/09/20
<b>Fase3-Desarrollo de marcos</b>	<b>50 días</b>	<b>mié 16/09/20</b>	<b>mar 24/11/20</b>
Recopilación	15 días	mié 16/09/20	mar 6/10/20
Análisis	15 días	mié 7/10/20	mar 27/10/20
Resultados y conclusiones	20 días	mié 28/10/20	mar 24/11/20
<b>FIN</b>	<b>0 días</b>	<b>mar 24/11/20</b>	<b>mar 24/11/20</b>

Fuente: elaboración propia.

Para cada una de las actividades, se establece el tiempo estimado para su inicio como para su finalización, así como el orden en que se llevará a cabo cada una de ellas.

En la tabla V, se presenta una estimación de los costos que el proyecto va a generar.

Tabla V. **Costo de estudio**

	Materiales	Total (Q)
Humano	2 encuestadores	1,800.00
	1 técnico mediciones	1,500.00
	Investigador	45,000.00
Materiales	Equipo multifuncional	3,000.00
	5 resmas de papel carta	200.00
	1 caja de lapiceros negros	54.00
	5 folder con <i>fastener</i>	15.00
	10 encuadernados	170.00
	2 cartapacios	70.00
	1 computadora	5,000.00
	1 teléfono celular	
	1 cámara fotográfica	3,000.00
	2,500.00	
Servicios	Alimentación	3,200.00
	Transporte	8,500.00
Gastos imprevistos	10 %	6,993.9
	<b>Total</b>	<b>78,5822.9</b>

Fuente: elaboración propia



## **11. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO**

Cuando uno habla de proyectos de agua, ya sea para el sector urbano o para el sector rural, en su mayoría son proyectos sociales. Existen diferentes tipos de proyectos, como los de instalación, de ampliación, y de mejoramiento. Un proyecto de instalación comprende obras de captación, conducción, almacenamiento, desinfección y distribución; con sus respectivas conexiones domiciliarias y medidores.

El sistema de agua potable del municipio de Santa Cruz Verapaz, A.V. carece de medidores domiciliarios, y por ello, el objetivo principal en este protocolo es la medición y administración de caudales domiciliarios y comerciales, proponiendo la colocación de medidores/contadores de agua, de manera que puedan ser medido el volumen de agua por metro cúbico consumido por los usuarios y que a través de esta medición se cobre un precio justo por consumo y se logre controlar los gastos de agua y hacer uso racional del vital líquido. Esto nos lleva a realizar la evaluación de la eficiencia del sistema y recomendar las diferentes mejoras que serán necesarias realizar como parte de las consideraciones para poder instalar los contadores de agua.

Este estudio, está basado bajo el criterio de evaluación social de proyectos debido a que los proyectos de agua potable, en sus diferentes tipologías, se evalúan con criterio de costo eficiencia.

La etapa de prefactibilidad se lleva a cabo cuando es necesario obtener mayor conocimiento de la viabilidad técnico y si el carácter o tamaño del proyecto lo amerita se pasará a la etapa de factibilidad, que incluyen los aspectos sociales,

técnicos, ambientales, económicos, legales y culturales que identifican problemas para obtener la viabilidad, sobre la base de la participación comunitaria para la definición técnica y nivel del servicio final.

El estudio de factibilidad conduce a realizar un estudio de mercado, al cálculo de inversión, identificación de las fuentes de financiamiento, al análisis de los costos de operación y mantenimiento del sistema, y al análisis de la realización del proyecto incluyendo lo económico, social y ambiental.

La viabilidad del proyecto radica en la micromedición a través de la implementación los medidores de agua. Con las acciones de medición se pretende no solo mejorar la calidad de los servicios por medio del aumento de la capacidad de distribución dentro de la red al hacer más equitativa la distribución de los caudales, sino, además, la estabilización de presiones en la red, la calidad de las instalaciones dentro de los domicilios y la detección y control de fugas dentro de las viviendas y en la red. La medición de caudales también permitirá hacer un balance entre los caudales producidos y los servidos.

Para plantear las consideraciones necesarias para la medición y la administración de los servicios de agua potable domiciliarios, comerciales e industriales del área urbana del municipio de Santa Cruz Verapaz, A.V., es necesario un diagnóstico de la situación actual del sistema y de cada uno de los elementos que lo conforman; desde la fuente hasta las conexiones domiciliarias. Esto determinará la calidad de servicio, eficiencia hidráulica, inocuidad y la medición de consumo, estableciendo las acciones correctivas en cada elemento del sistema para su buen funcionamiento.

No contar con medidores como parte del sistema de agua potable para una correcta medición de los caudales y no implementar de una tarifa de acuerdo con el consumo real por usuario, son aspectos que en el futuro no permitirán cubrir la demanda de consumo ni cumplir con proporcionar calidad en el servicio, corriendo el riesgo de colapso del sistema.

Para la realización del trabajo de investigación, se cuenta con recurso humano, acceso a información, equipo, e infraestructura entre otros, por parte de la municipalidad de Santa Cruz Verapaz, A.V. específicamente de la Dirección de Servicios Públicos quien tiene a su cargo el servicio de agua potable.

En cuanto a las fuentes de financiamiento, se puede solicitar la asistencia técnica y financiamiento del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), como también con financiamiento propio de la Municipalidad de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz para poner en marcha el proyecto, esto en base a los resultados de la estimación o evaluación del sistema de agua potable y a las recomendaciones que se darán al respecto. En lo que se refiere a la colocación de los contadores de agua estos como en todo sistema de agua potable, deberán ser financiados por los mismos usuarios.



## 12. REFERENCIAS

1. Agbar Agua (s.f.). *Cloro Residual*. Murcia, España. Recuperado de <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf>
2. Bagán, F. y Gabìn, L. (2013). *Contadores de Agua*. Instituto Aragonés del agua. Zaragoza, España. Recuperado de [contadores de agua-09-2015.pdf](#)
3. Castellón, M. (2014). *Método de aforo de fuentes superficiales*. Cooperación Alemana. Universidad Nacional de Ingeniería, Sede Regional Central, Juigalpa, Nicaragua. Recuperado de <https://es.slideshare.net/mariocastellon/metodos-de-aforo>.
4. Comisión Nacional del Agua (2012). *Manual de Incremento de eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable*. México, DF: Autor.
5. Escuela Superior de Administración Pública-ESAP. (2016). *Diseño del plan de uso eficiente y ahorro de agua*. Recuperado de <https://www.esap.edu.co/portal/index.php/Descargas/125/2016/1953/5-Programa-de-uso-eficiente-y-ahorro-de-agua-pueaa.pdf>.

6. Dusing Pumps (2017). Cloración de agua potable. *lagua Magazine*. pp. 1-28. Barcelona, España. Recuperado de <https://.iagua.es/noticias/itc-dosing-pumps/que-consiste-cloración-agua-potable>
7. Estrada, S. (2013). *Evaluación de las estructuras tarifarias y de precios, utilizadas por los principales operadores del servicio de agua potable del municipio de Mixco del departamento de Guatemala, desde la perspectiva del manejo integrado del recurso hídrico*. (Tesis de Licenciatura en Ciencias Económicas). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
8. Fair, G., Geyer, J. y Okun, D. (1980). *Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales*, volumen 1 y 2. México: Editorial Limusa.
9. Gabinete Específico del Agua. (2011). *Política Nacional del Agua de Guatemala y su Estrategia*. Guatemala. Recuperado de [http://www.segeplan.gob.gt/downloads/clearinghouse/politicas\\_publicas/Recursos%20Naturales/Pol%C3%ADtica%20Nacional%20del%20Agua%20de%20Guatemala.pdf](http://www.segeplan.gob.gt/downloads/clearinghouse/politicas_publicas/Recursos%20Naturales/Pol%C3%ADtica%20Nacional%20del%20Agua%20de%20Guatemala.pdf)
10. Escuela Superior de Administración Pública-ESAP. (2017). *Programa para el uso eficiente y ahorro del agua PUEAA*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Dirección de Gestión Integral de Recurso Hídrico. Colombia. Recuperado de [https://www.esap.edu.co/portal/index.php/Descargas/818/Plan-de-manejo-ambiental\(2017\)/34608/Programa-de-uso-eficiente-y-ahorro-de-agua.pdf](https://www.esap.edu.co/portal/index.php/Descargas/818/Plan-de-manejo-ambiental(2017)/34608/Programa-de-uso-eficiente-y-ahorro-de-agua.pdf).

11. Hurtado, J. (2000). *Metodología de la investigación Holística*. (3ª ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Fundación Sypal. Recuperado de <https://ayudacontextos.files.wordpress.com/2018/04/jacqueline-hurtado-de-barrera-metodologia-de-investigacion-holistica.pdf>
12. Lentini, E. (2010). *Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Guatemala*. Cepal-GTZ. Naciones Unidas, Santiago de Chile. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org>.
13. Leónidas, D. y Patiño, F. (2010). *Estudios y diseños definitivos del sistema de agua potable de la comunidad de Tutucán, Cantón Paute, provincia del Azuay*. (tesis de grado, Ingeniería civil). Universidad de Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/725>
14. Ministerio del Agua. (2007). *Manual de operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Rurales*. La Paz, Bolivia: Editorial ABBASE Ltda.
15. Moliá, R. (2016). *Abastecimiento y saneamiento urbanos, Redes de Distribución*. Escuela de negocios. Madrid, España. Recuperado de <https://www.eoi.es/es/file/18411/download?Token=gxoxQ45Q.sitioweb>
16. Montiel, J., Pacheco, C. y Trejo, M. (2017). *Diagnóstico y evaluación técnica del sistema de acueducto urbano del municipio de Sampués-Sucre*. (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Sucre, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unsucre.edu.co>.

17. Rivera, R. (2008). *Modelo para determinar y actualizar las tarifas de conexión por nuevos servicios del Instituto Costarricense de acueductos y alcantarillados*. (Tesis de Maestría en Gerencia de Proyectos de Desarrollo). Instituto Centroamericano de Administración Pública. San José, Costa Rica. Recuperado de [http://biblioteca.icap.ac.cr/BLIVI/TESIS/2008/Rivera\\_Zu%F1iga\\_Rafael\\_Enrique\\_PRO\\_08.pdf](http://biblioteca.icap.ac.cr/BLIVI/TESIS/2008/Rivera_Zu%F1iga_Rafael_Enrique_PRO_08.pdf)
18. Sánchez, H. (2015). *Diseño del sistema de agua potable para la Aldea El Zapote y sistema de alcantarillado sanitario para la Aldea Horcones, Atescatempa, Jutiapa*. (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
19. Municipalidad de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz. (2017). *Diagnóstico de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz*. Guatemala: Autor.
20. Tormo, M. y Giménez, V. (2014). *Recursos para la instalación de redes de abastecimiento y distribución de agua y saneamiento*. Arganda del Rey, Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A. Recuperado de <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788428398695/uf1000---recursos-para-la-instalacion-de-redes-de-abastecimiento-y-distribucion-de-agua-y-saneamiento>
21. Torres, M. y Paz, K. (s.f.). *Métodos de recolección de datos para una investigación*. Boletín electrónico No. 03, pág.13. Recuperado de [http://fgsalazar.net/LANDIVAR/INGPRIMERO/boletin03/URL\\_03\\_BAS01.pdf](http://fgsalazar.net/LANDIVAR/INGPRIMERO/boletin03/URL_03_BAS01.pdf)

22. Trapote, A. (2013). *Hidráulico-Sanitarias I. Abastecimiento y distribución de agua*. Alicante, España: Publicaciones de la Universidad de Alicante. Campus de San Vicente de Raspig. Recuperado de <https://publicaciones.ua.es/es/catalogo/infraestructura-hidraulico-sanitarias-i-abastecimiento-y-distribucion-de-agua/978-84-9717-546-3>
  
23. USAID (2018). *Manual de Gestión de sistemas de agua a nivel urbano y comunitario*. Guatemala: Helvetas. Recuperado de [https://nexuslocales.com/wpcontent/uploads/2016/05/16\\_Manual%20para%20Fontaneros%20\\_0511\\_USAID.pdf](https://nexuslocales.com/wpcontent/uploads/2016/05/16_Manual%20para%20Fontaneros%20_0511_USAID.pdf)

