



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DEL
SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LAS COLONIAS SAN IGNACIO, BELÉN Y LA BRIGADA
DE LA ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE MIXCO DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Jimmy Josué Canel Yoc

Asesorado por el Ing. Jorge Alejandro Arévalo Valdés

Guatemala, abril de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LAS COLONIAS SAN IGNACIO, BELÉN Y LA BRIGADA DE LA ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE MIXCO DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JIMMY JOSUÉ CANEL YOC

ASESORADO POR EL ING. JORGE ALEJANDRO ARÉVALO VALDÉS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2021

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. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Aldo Ozaeta Santiago
EXAMINADORA	Inga. Rosa Amarilis Dubón Mazariegos
EXAMINADORA	Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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 PARA EL DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LAS COLONIAS SAN IGNACIO, BELÉN Y LA BRIGADA DE LA ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE MIXCO DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 11 de enero de 2021.

Jimmy Josué Canel Yoc

Ref. EEPFI-0001-2021
Guatemala, 08 de enero de 2021

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LAS COLONIAS SAN IGNACIO, BELÉN Y LA BRIGADA DE LA ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE MIXCO DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante **Jimmy Josué Canel Yoc** carné número **200413741**, 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.

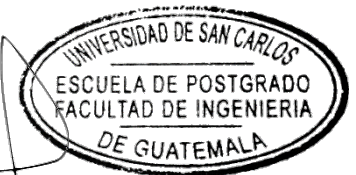
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para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

Atentamente,

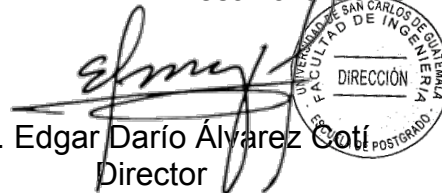


Mtro. Jorge Alejandro Arévalo Valdés
Asesor

"Id y Enseñad a Todos"



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



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



EEP-EIMI-002-2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LAS COLONIAS SAN IGNACIO, BELÉN Y LA BRIGADA DE LA ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE MIXCO DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Jimmy Josué Canel Yoc**, 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

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2021

DTG. 187.2021

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 Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LAS COLONIAS SAN IGNACIO, BELÉN Y LA BRIGADA DE LA ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE MIXCO DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Jimmy Josué Canel Yoc**, 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, abril de 2021.

AACE/asga

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Por su amor infinito.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por haberme formado como profesional.

Facultad de Ingeniería

Por el conocimiento adquirido.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
1. DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA	1
1.1. Diagnóstico y propuesta de mejora del sistema de agua potable en las colonias San Ignacio, Belén y La Brigada de la zona 7 del municipio de Mixco del departamento de Guatemala.....	1
2. INTRODUCCIÓN	3
3. ANTECEDENTES.....	5
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
5. JUSTIFICACIÓN	13
6. OBJETIVOS.....	15
6.1. General.....	15
6.2. Específicos	15
7. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN.....	17
8. MARCO TEÓRICO.....	19
8.1. Las colonias populares	19
8.1.1. Definición de colonia popular.....	20

8.1.2.	Designación de las colonias populares.....	20
8.1.3.	Dotación de agua por persona.....	21
8.1.4.	Cultura del uso del agua.....	22
8.2.	Sistemas de agua potable	22
8.2.1.	Obra de captación.....	23
8.2.2.	Bombeo.....	24
8.2.3.	Línea de conducción.....	24
8.2.4.	Almacenamiento de agua.....	25
8.2.5.	Desinfección.....	25
8.2.6.	Red de distribución y acometida domiciliar.....	26
8.3.	Detalles de la red de distribución.....	26
8.3.1.	Detección de fugas en red de distribución.....	28
8.4.	Los pozos mecánicos de agua.....	30
8.4.1.	Tipos de pozos en Mixco.....	30
8.4.2.	Medición de caudal de agua en pozos.....	31
8.5.	Dirección de Aguas y Drenajes de Mixco	32
9.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	35
10.	METODOLOGÍA.....	39
10.1.	Población	39
10.2.	Muestra	39
10.3.	Fases	40
10.3.1.	Revisión bibliográfica.....	40
10.3.2.	Levantamiento de datos.....	41
10.3.3.	Recopilación y análisis de datos.....	41
10.4.	Objetivos que persigue	41
10.5.	Detalle de procesos.....	42
10.5.1.	Objetivo 1. Revisión bibliográfica.....	42

10.5.2.	Objetivo 2. Medir el caudal del agua en los pozos municipales y encuestar a la población.....	43
10.5.3.	Objetivo 3. Identificar posibles problemas en el sistema de agua potable.....	45
10.5.4.	Objetivo 4. Análisis de datos	47
11.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	51
12.	CRONOGRAMA.....	53
13.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	55
14.	REFERENCIAS	57
15.	APÉNDICES.....	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa habitacional de la zona 7 de Mixco.....	21
2.	Esquema de un sistema de agua potable.....	23
3.	Esquema de red de distribución	27
4.	Organización de la Dirección de Aguas y Drenajes	33
5.	Diagrama de flujo objetivo 1	43
6.	Diagrama de flujo objetivo 2	45
7.	Diagrama de flujo objetivo 3	47
8.	Diagrama de flujo objetivo 4	48

TABLAS

I.	Enfermedades relacionadas con la carencia de agua	7
II.	Definiciones de componentes de la red de distribución	26
III.	Métodos de detección de fugas	29
IV.	Métodos de medición de caudal en pozos.....	32
V.	Datos para recopilar	41
VI.	Preguntas de encuestas a los vecinos.....	44
VII.	Revisión de variables y su operativización en el estudio	49
VIII.	Cronograma de actividades.....	53
IX.	Presupuesto para el estudio	56

1. DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA

1.1. Diagnóstico y propuesta de mejora del sistema de agua potable en las colonias San Ignacio, Belén y La Brigada de la zona 7 del municipio de Mixco del departamento de Guatemala

La presente propuesta se fundamenta en el análisis de todos los aspectos que deben tomarse en cuenta para resolver el problema de una inadecuada gestión del sistema de agua potable. Por tratarse de un vital líquido, las autoridades municipales no pueden pasar por alto su abastecimiento, para dar un mejor servicio a los usuarios.

Con base en la información recabada respecto del caudal, gestión y distribución del agua en años anteriores en las colonias San Ignacio, Belén y La Brigada, se espera la implementación de un sistema óptimo y eficiente para el manejo de pozos y de las redes de agua potable.

2. INTRODUCCIÓN

Uno de sus principales problemas en el municipio de Mixco es el acceso al agua potable. Desde hace muchos años su dotación ha ido mermando; esto incide en diferentes problemas relacionados con la higiene y la salud, y ha obligado a los usuarios a comprar agua en camiones cisterna de venta ambulante, lo cual genera gastos innecesarios.

Las quejas por el mal servicio del agua son diversas y causan tensión entre los vecinos y las autoridades municipales, creando conflictos e inconformidad. Este problema está relacionado con posibles deficiencias en la explotación hídrica, por problemas en el sistema físico de distribución, por la deforestación, urbanización, crecimiento demográfico, la cultura del agua y por la ausencia de una Ley de Aguas en el país.

Con base en lo expuesto se propone un diagnóstico y evaluación del sistema actual de distribución de agua en el municipio de Mixco. Específicamente, se evaluará el sistema de agua en tres colonias representativas de la zona 7 de este municipio; se han escogido dichas colonias debido a su gran densidad poblacional, por el libre acceso a su entorno y porque el servicio de agua es administrado por la municipalidad. De igual manera, por la naturaleza del diagnóstico, este podrá ser replicado en otras colonias o zonas semejantes del municipio de Mixco.

Esta investigación se dividirá en 3 fases: primero se hará una revisión bibliográfica que permita obtener datos y documentos necesarios para iniciar la investigación; posteriormente, se hará el levantamiento de los datos; por último,

se realizará un análisis con la información recopilada, contando con la ayuda del director de aguas y drenajes y el gerente municipal.

El índice propuesto estará conformado por 4 capítulos que a continuación se describen: el capítulo I estará conformado por el marco teórico; en el mismo se describen todos los detalles teóricos y técnicos en que se sustenta la investigación; el capítulo II será el marco metodológico, en el cual se desarrollan todos los detalles respecto de la ejecución y operativización de esta investigación; el capítulo III incluirá la presentación de resultados, en donde se darán a conocer los datos obtenidos, cómo se obtuvieron y qué tipo de métodos de análisis se empleó para la formulación de conclusiones y propuestas; por último, el capítulo IV, en el cual se realizará la discusión de resultados y se detallarán las implicaciones de los mismos, así como las recomendaciones pertinentes.

3. ANTECEDENTES

El agua es un elemento esencial para la vida. El cuerpo humano está compuesto principalmente de agua; la carencia de este líquido constituye un grave riesgo para la salud de cualquier individuo y para cualquier población.

“El problema del desabastecimiento del agua ha sido un tema constante en los diferentes municipios de Guatemala, siendo Mixco uno de los que tiene mayor incidencia en esta problemática debido al número y densidad de su población” (Ramírez, 2003, p. 73).

Según García (2014) “el tamaño de un sistema de abastecimiento debe ser proporcional a la población actual de un territorio; tomando en cuenta su tasa de crecimiento, todo diseño de abastecimiento de agua debe contemplar este factor” (p. 3).

Para la Organización de las Naciones Unidas la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2015):

Hay otros factores que influyen en el desabastecimiento del agua, tales como: el desarrollo económico, el auge urbanístico, la agricultura y el problema de la contaminación. Estos factores, a excepción de la agricultura, están presentes de manera evidente en el municipio de Mixco. Esto conlleva un grave elemento de peligro para su población (p. IX).

El problema de la carencia de agua en Mixco ha sido tratado anteriormente en trabajos de graduación a nivel universitario. Autores como Estrada (2013) “ha

puesto en evidencia los peligros y dificultades ante las cuales está expuesto el sistema de agua en el municipio de Mixco” (p. 23).

Estrada (2013) ilustra con varios datos el déficit de agua en el municipio, para él:

Existe una carencia de agua de 25,000 m³/día, lo cual constituye aproximadamente un 40 % de la demanda actual; también explica los principales operadores de agua para la población mixqueña, siendo la municipalidad el principal proveedor con un 75 % de la cobertura; seguido por las asociaciones de vecinos con un 18 %, y el resto cubierto por la iniciativa privada (p. 19).

Pineda (2017), por otro lado, afirma que:

La vulnerabilidad de sistemas de captación y regulación hídrica en el área protegida del cerro Alux, lo cual tiene un impacto directo sobre el caudal en los pozos de agua diseminados en todo el territorio del municipio. La deforestación, la contaminación de ríos y la creciente urbanización de área boscosa, son los principales problemas que inciden en la generación de agua explotable”. (p. 60).

Actualmente, Guatemala no cuenta con una Ley de Aguas, lo cual genera mucha ambigüedad sobre su uso y participación; situación que repercute frontalmente en la escasez de agua en Mixco. Se han presentado diversas propuestas, tales como la de Contreras (2009), Monroy (2011) y Conde (2014); pero hasta la fecha ninguna ley ha llegado a aprobarse.

El problema del agua influye poderosamente en la salud la población. Dentro de sus diferentes rangos de alcance, según McJunkin (1986, p. 27), “la transmisión de enfermedades relacionadas con el agua se puede categorizar” como se presenta en la tabla siguiente:

Tabla I. **Enfermedades relacionadas con la carencia de agua**

Tipo de enfermedad	Explicación
Enfermedades microbiológicas	Cuando los organismos patógenos se encuentran en el agua de consumo, producto de contaminación fecal. Las principales enfermedades relacionadas son la disentería amébita, la diarrea, el cólera, la hepatitis A, la tifoidea, entre otras.
Enfermedades químicas	Están relacionadas con las altas concentraciones de sustancias tóxicas presentes en el agua. Estas toxinas pueden ser de origen natural o artificial. En países como Guatemala, cuya industria es relativamente pequeña, esta amenaza tiene una baja incidencia.
Enfermedades relacionadas con la higiene	Están vinculadas con el uso que se le da al agua para la desinfección de alimentos y utensilios, el lavado de ropa, la limpieza de ambientes y el aseo personal. La shigelosis y el coronavirus son claros ejemplos de enfermedades transmitidas por medio del contacto mano-boca o alimento-boca. También se tiene la tiña, que es una enfermedad cutánea, relacionada con la falta de higiene. Por último, los insectos parásitos como piojos, ácaros y pulgas, también están también relacionados con la falta de agua.
Enfermedades por el contacto con el agua	Si el agua contiene organismos patógenos, estos pueden provocar esquistosomiasis, enfermedad de la piel provocada por larvas producto de la defecación humana y que puede causar la muerte.
Enfermedades relacionadas con vectores de hábitat acuático	Estas enfermedades no están relacionadas con el consumo o contacto con el agua, sino que con los vectores de contagio, es decir, mosquitos, caracoles y moscas acuáticas, los cuales producen enfermedades como la malaria, somiasis y oncocercosis, respectivamente; también se podría mencionar al dengue. Estas enfermedades no tienen nada qué ver con la escasez del agua sino con las aguas estancadas.

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de McJunkin.

La potabilidad del agua entubada suministrada por la municipalidad es cuestionable; esto repercute en la salud de la población. Según Estrada (2013, p. 23) “dicha agua no tiene la calidad suficiente para el consumo humano”, aunque Gramajo (2004, p. 23), considera que “sí es potable”. Esta aparente contradicción puede deberse al distanciamiento cronológico de aproximadamente 9 años entre ambas investigaciones, y que Gramajo (2004, p.15) analizó solamente los pozos perforados de la zona 11 de Mixco. Cualquiera que fuera el caso, la población no confía plenamente en el agua potable que provee la municipalidad, por lo que procede a comprar agua envasada. Esto provoca un gasto innecesario para la economía de los vecinos residentes en colonias populares de Mixco.

La carencia de agua provoca la necesidad de comprarla a través de la iniciativa privada. Tal como menciona Estrada (2013),

El valor del agua está ligado a su utilidad, y a su valor económico e intrínseco; es por eso que se vuelve un bien comercial y por esta razón una mercancía explotable. En Mixco, al existir un déficit en la oferta de agua potable, se ha recurrido a una oferta proveniente del sector privado; esto se traduce en ventas ambulantes de agua a través de camiones cisterna repartidores; su cuota actual de mercado para este rubro es del 7 %, y va en aumento. (p. 88).

La compra de agua ya sea en camiones cisterna o envasada, genera un gasto innecesario que acrecienta el empobrecimiento de los vecinos afectados. Varios investigadores como Guzmán (2011), Manrique (2016) y Rodas (2013) han abordado la problemática de la pobreza en el municipio de Mixco, desde diferentes puntos de vista y proponiendo diferentes soluciones: Guzmán (2011, p. 89) propone “la creación de un centro de formación vocacional”, Manrique

(2016, p. 51) un “Parque de salud” en la colonia Lo de Fuentes, y Rodas (2013, p. 98) se enfoca en “el liderazgo comunal como foco de trabajo para el desarrollo económico de la aldea San José La Comunidad”.

Estas tres investigaciones demuestran el interés por abordar el problema de la creciente pobreza en Mixco. Para este fin el agua juega un factor importante, tal como menciona el Gobierno de la República de Guatemala (2011, p. 34):

El agua es un factor que influye fuertemente en el mejoramiento de toda la población, pues provee las condiciones de bienestar, salud e higiene para que los individuos desarrollen plenamente sus capacidades de aprendizaje, se enfermen menos y sean laboralmente competitivos.

El problema de la pobreza en Mixco también ha sido abordado por el Gobierno Central a través de sus diferentes dependencias. Según este, el porcentaje de pobreza del municipio era del 5,84 % y 4 años después se incrementó a 8,98 %. Respecto de la puntuación sobre la pobreza extrema, en los indicadores sociales, según el Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (IARNA, 2013, p. 1), “Mixco tiene un 9,93 %; lo cual implica una calificación muy buena”.

Estos datos revelan que el municipio no afronta una pobreza extrema, sin embargo, sí está en crecimiento una pobreza menos aguda. Esto sin duda aumenta la brecha económica y social existente entre la población, y que se hace aún más evidente en las condiciones de vida de las diferentes colonias y lugares habitacionales.

Por último, en relación con el problema psicológico ocasionado por la falta de agua puede mencionarse los trabajos de Navarro (2004), Hernández (2018) y

Aragón (2008). Navarro (2004), “aplicó en su investigación un interesante cuestionario en donde empleó la asociación libre, logrando así, 280 términos respondidos. Los términos obtenidos eran palabras asociadas con el agua (el cuestionario fue realizado en Colombia)” (p. 231).

Haciendo un análisis de prototipicidad, las palabras más evocadas para el agua fueron: vida, salud, sed, frescura y tranquilidad; esto demuestra la importancia que se le da al tema del agua, y cómo puede afectar directamente los pensamientos y emociones.

Por otro lado, Hernández (2018) describe la percepción que tiene la población respecto de los problemas ambientales, en especial hace hincapié en “el apego emocional por las microcuencas (ríos, riachuelos, nacimientos de agua) y en la naturaleza en general” (p. 13)

Para Aragón (2008) el agua y su problemática constituyen:

Un ámbito en el que la opinión pública, la política, la iniciativa privada y las organizaciones civiles han usado como discurso acusativo hacia la gestión pública; es decir, ha sido el detonante de controversias y quejas hacia la administración en curso. Esto no debería impresionar, pues el agua ha sido siempre un tema de conflicto. Los factores psicológicos como la relación del agua hacia términos positivos, el vínculo emocional con las microcuencas y las controversias que generan, son solo un ejemplo de la importancia que el agua tiene para el ser humano y cómo afectan su fisiología y psicología. (p. 158)

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el municipio de Mixco, en las colonias populares de la zona 7, existe una escasez de agua en muchas viviendas del sector. Actualmente se desconoce la causa o causas principales de esta escasez, por lo que es necesario un diagnóstico y evaluación del sistema actual de distribución de agua para determinar las posibles causas y posteriormente proponer soluciones para la mitigación de esta escasez.

La escasez e irregularidad del servicio de agua potable entubada en las colonias populares de la zona 7 de Mixco generan un problema, ya que afecta la higiene y salud de los vecinos, al no contar con este importante recurso para sus actividades de limpieza, aseo y desinfección. Esto los obliga, en muchos casos, a comprar agua en camiones cisterna para el aseo y agua envasada para su consumo; lo cual a su vez genera gastos innecesarios que afectan su economía. Esto también causa molestia e inconformidad entre los vecinos y es una fuente de conflicto con las autoridades municipales.

La pregunta principal a la que se dará respuesta es: ¿Cuál es el estado actual del sistema de agua potable en las colonias populares de la zona 7 y cómo puede mejorarse? Para su solución, dicha interrogante se ramifica en otras preguntas: ¿Cuál es el caudal actual del agua y por qué no es suficiente para la población actual?, ¿Qué problemas inciden en el sistema de distribución de agua y cómo pueden ser mitigados? ¿Qué propuestas pueden sugerirse, con base en el diagnóstico y evaluación, para la mejora del servicio de agua?

El problema será abordado en las colonias San Ignacio, Belén y La Brigada de la zona 7 de Mixco, departamento de Guatemala.

5. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación está sustentado en la línea de investigación de Servicios e Infraestructura Municipales, en el apartado de: Propuestas de Mejoramiento de los Servicios Públicos Municipales.

Mixco es un municipio con gran diversidad socioeconómica, sin embargo, prevalecen las clases media y baja. En muchas partes del municipio existen colonias privadas, que regularmente cuentan con sistemas propios de distribución de agua y con pozos propios con un abastecimiento constante para sus vecinos; también existen colonias denominadas “populares” que han surgido de proyectos urbanísticos impulsados por el Gobierno o producto de asentamientos improvisados debido a la carencia de viviendas.

Estas “colonias populares”, por su falta de urbanización y en algunos casos por la desatención municipal, cuentan con un sistema de distribución de agua precario, irregular e ineficiente. En algunas de ellas el agua está disponible únicamente una hora al día, tres veces por semana; esto es aproximadamente 300 litros de agua a la semana; en hogares con aproximadamente 5 personas (adultos y niños), este volumen es insuficiente.

Una de las principales consecuencias de la escasez de agua en la población son los problemas de higiene y de salud. Al no haber agua suficiente para lavar eficientemente la ropa, los utensilios de cocina, los alimentos, entre otros, estos quedan sucios y contaminados con gérmenes. Tampoco se puede esperar una limpieza corporal adecuada; ni tampoco un servicio sanitario

adecuado sin tener agua suficiente. Esto genera, a corto, mediano y largo plazo, problemas de salud, producto de la falta de higiene en el hogar.

Otro factor para recalcar es que, debido a la falta de agua, la mayoría de los vecinos decide comprar agua a través distribuidores privados. Los camiones cisterna recorren dichas colonias al menos 3 veces por semana. El precio del tonel (aproximadamente 200 litros) tiene un valor promedio de Q15.00. Estas carencias generan descontento en la población y un gasto económico que no debería existir, ya que, en promedio, se pagan Q35.00 a la municipalidad por media paja de agua al mes (aunque la nomenclatura “media paja” no corresponde a la realidad). También los vecinos incurren en gastos al comprar agua envasada para consumo humano.

La Municipalidad de Mixco (Código Municipal, Art. 72), es la encargada de proveer los servicios públicos garantizando un funcionamiento eficaz, seguro y continuo; por lo tanto, es su responsabilidad asumir la solución de este problema que afecta a un sector importante de la población.

6. OBJETIVOS

6.1. General

Diagnosticar el sistema de agua potable en las colonias San Ignacio, Belén y La Brigada de la zona 7 de Mixco y proponer mejoras.

6.2. Específicos

- Cuantificar el caudal promedio obtenido de los pozos actuales y evaluar el uso del agua en la población estudiada.
- Identificar posibles problemas en el sistema de distribución de agua.
- Analizar los resultados obtenidos con la finalidad de proponer mejoras al actual sistema de agua potable.

7. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La escasez de agua que sufren las colonias populares de la zona 7 de Mixco perjudica gravemente la salud, y además de esto, implica problemas económicos para los vecinos. En el aspecto de la salud, la carencia de agua impide una correcta limpieza e higiene en los vecinos, los ambientes, la comida y los utensilios de cocina; esto provoca enfermedades y la necesidad de acudir a hospitales, sanatorios y centros de salud; lo que a su vez implica un gasto para la comuna. Además, los vecinos tienen que comprar agua en camiones cisterna y gastan entre Q10.00 y Q25.00 por tonel; luego, también se abastecen de agua envasada para consumo, cuyos precios oscilan entre Q7.00 y Q15.00 el garrafón.

A nivel laboral, la falta de agua perjudica el crecimiento adecuado de los niños y su desempeño laboral como adultos. Cuando son niños, al no contar con un adecuado suministro de agua, crecen expuestos a enfermedades y a una hidratación insuficiente; esto afecta su crecimiento físico, psicológico, intelectual y académico. Durante la etapa adulta, estos problemas derivados de la escasez de agua se traducen en un bajo desempeño laboral y estrés. Para mitigar esta necesidad se propone un diagnóstico de tres posibles causas:

- Insuficiencia de pozos de agua
- Crecimiento poblacional
- Problemas en el sistema de abastecimiento.

El diagnóstico de estas causas se evaluará en tres fases, las cuales se describen en detalle en la metodología: revisión bibliográfica, levantamiento de datos, y análisis de datos y conclusiones.

8. MARCO TEÓRICO

La escasez de agua en las colonias populares de la zona 7 de Mixco puede ser causada por un bajo caudal de agua proveniente de los pozos mecánicos en funcionamiento, el crecimiento poblacional o por tenerse problemas en la red de distribución. El servicio del agua es administrado por la Dirección de Aguas y Drenajes del municipio de Mixco.

8.1. Las colonias populares

En el municipio de Mixco, las diferencias sociales se ven reflejadas en las distintas colonias residenciales existentes; en ellas existen marcadas desigualdades que han hecho una distinción entre “colonias populares” y “colonias privadas”. Esta división está relacionada con el estatus social de las personas que viven en dicho espacio habitacional. En general, “las colonias populares están habitadas por personas pertenecientes a la clase media y baja; las colonias privadas por personas de clase media y alta” (Vega, 2007, p. 64).

Camus (2002) narra la historia de la colonia La Brigada, zona 7 de Mixco, considerada una colonia popular. Relata que esta colonia:

Surgió a raíz de las migraciones indígenas a la capital con el fin de mejorar sus ingresos y calidad de vida. El objetivo de estos migrantes fue asentarse y ofertarse como mano de obra barata para la gran urbe. En los años 50 y 70 hubo varios proyectos de urbanización que mejoraron los servicios públicos y crearon varias colonias residenciales como Primero de Julio y La

Florida, pero fue el terremoto de 1976 el que provocó el crecimiento y expansión de estas colonias (p. 153).

El caso de la colonia La Brigada es paradigma de la realidad social e histórica de la mayoría de las colonias populares de Mixco y permite conocer su trasfondo y características.

8.1.1. Definición de colonia popular

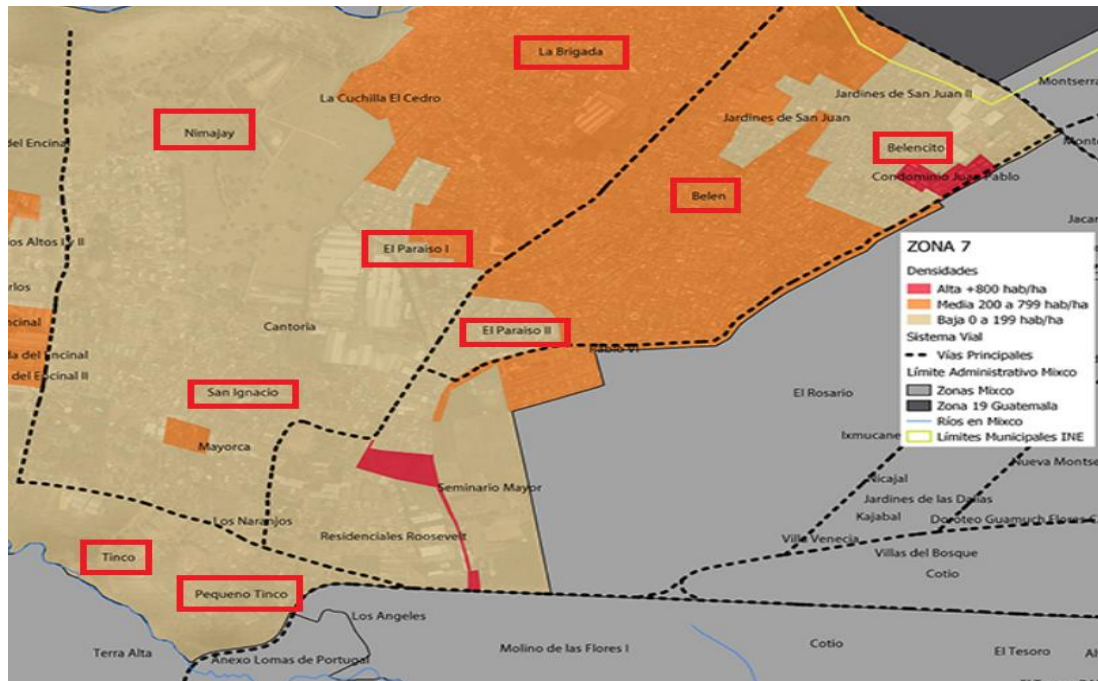
El término colonia popular es una expresión que se usará en esta investigación para definir un espacio habitacional definido por las siguientes características: los servicios públicos son de administración municipal, el porcentaje mayoritario de la población es de clase media y baja, existe una alta tasa de violencia, posee un bajo control de orden urbanístico, tiene una alta densidad poblacional, y se caracteriza por tener principalmente población indígena y ladina.

8.1.2. Designación de las colonias populares

La investigación se centrará en las colonias populares de la zona 7 de Mixco por ser uno de los sectores más poblados del municipio, “donde más del 48 % del territorio corresponde a casas de habitación distribuidas en diferentes colonias residenciales” (Municipalidad de Mixco, 2017, p. 2).

Bajo la definición anteriormente dada, las colonias populares de la zona 7 de Mixco serían: San Ignacio, La Brigada, Belén, Belencito, El Paraíso I, El Paraíso II, Nimajay, Pablo VI, Tinco y Pequeño Tinco. Para efectos de esta investigación se diagnosticará únicamente el servicio de agua en las colonias San Ignacio, Belén y La Brigada.

Figura 1. Mapa habitacional de la zona 7 de Mixco



Fuente: Municipalidad de Mixco (2017) Consultado el 2 de febrero de 2021. Recuperado de <https://www.munimixco.gob.gt/wp-content/uploads/2018/02/ZONA-7.pdf>.

La anterior ilustración es un mapa proveniente del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Mixco; en él se especifican las principales colonias residenciales de la zona 7 de Mixco. Se han encerrado en un cuadro rojo las colonias que a criterio general son consideradas “colonias populares”, a excepción de la colonia Pablo VI, que no aparece en el mapa.

8.1.3. Dotación de agua por persona

Para determinar el volumen de agua usado por cada persona (también llamado dotación) se han realizado diferentes estudios; pero se tomará como base lo investigado por Castellanos 2012, (p. 12), quien estima que “una persona

consume aproximadamente 157,95 litros de agua al día”. En este dato se toman en cuenta el aseo personal, la descarga en sanitarios, el lavado de ropa, la cocina, el riego de jardines y un porcentaje de pérdidas y desperdicios.

“Otro dato importante es que en la zona 7 de Mixco, en relación con el área territorial, existe un 1,18 % de industria, 5,61 de oficinas y servicios profesionales, 1,42 % de centros de comercio y 48,07 % de viviendas” (Municipalidad de Mixco, 2018, p. 2). Por lo tanto, el sector industria no constituye un factor determinante respecto del uso del agua.

8.1.4. Cultura del uso del agua

El problema del agua no solo es ocasionado por razones técnicas o administrativas, también incumbe a las personas por el mal manejo que pueden darle al agua. Tal como menciona López (2006, p. 4) “el agua es un elemento importante en el ser humano y debe ser cuidado para su conservación”.

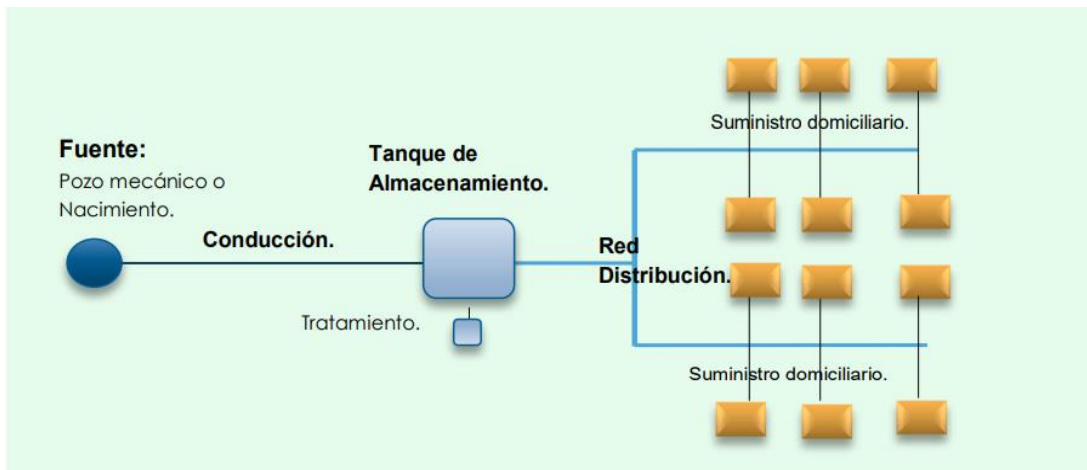
Existe un caso paradigmático como el de Medellín en Colombia, en donde la “cultura del paisa provee un ejemplo de unidad social y económica entre una comunidad, y que repercute en una mentalidad solidaria entre los ciudadanos” (Guisao, 2015, p. 154). Esta mentalidad puede ser extrapolada a la población de Mixco, para que se contribuya a un manejo más respetuoso y solidario del agua.

8.2. Sistemas de agua potable

“Los sistemas de agua potable están compuestos principalmente por los siguientes procesos: obra de captación de agua, bombeo, líneas de conducción, almacenamiento del agua, desinfección, red de distribución y acometida domiciliar” (García, 2014, p. 1).

En la nomenclatura de González (2015, p. 17) “la desinfección es nombrada tratamiento y la acometida domiciliar como suministro domiciliar”. A continuación, un esquema de un sistema de agua común.

Figura 2. **Esquema de un sistema de agua potable**



Fuente: González (2015). Consultado el 2 de febrero de 2021. Recuperado de: [http://www.repositorio.usac.edu.gt/7339/1/OSCAR %20 RENE%20GONZALEZ%20HERNANDEZ.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/7339/1/OSCAR%20RENE%20GONZALEZ%20HERNANDEZ.pdf).

8.2.1. **Obra de captación**

Según Martínez (2017, p. 10) en relación con la obtención del vital líquido afirma que:

La captación de agua subterránea puede efectuarse a través de tres tipos de obra: horizontales, verticales y mixtas. Las obras horizontales son realizadas a través de túneles semiinclinados (galerías filtrantes) o excavaciones a cielo abierto (zanjas drenantes); las verticales son las más comunes, y pueden ser pozos artesanales o mecánicos. Por último, las

mixtas, que puede ser una combinación de horizontal y vertical para adaptarse a las circunstancias de la obra.

8.2.2. Bombeo

Respecto del bombeo, Cutzal (2007, p. IX) señala que “es la acción de transportar un fluido, en este caso el agua, desde un punto determinado hasta otro por medio de una bomba”. Existen diversos tipos de bomba y su uso está determinado por las características de la obra de captación; según González (2015, p. 13), “depende del tamaño del pozo, la profundidad de bombeo y el abatimiento”.

8.2.3. Línea de conducción

La línea de conducción es la tubería libre o a presión, que transporta el agua que ha sido bombeada desde la obra de captación hasta el punto de almacenamiento.

En relación con la línea de conducción, García (2014), afirma lo siguiente:

Dependiendo de la topografía de la región, la línea de conducción puede ser por gravedad o bombeo; el uso de cualquiera de estos dos métodos depende de la cota, es decir, la diferencia de altura entre el punto de captación y el tanque de almacenamiento. (p. 21)

Para Ortega (2005, p. 1) “el método por gravedad es poco usado debido a la escasez de fuentes de agua a mayor altura”.

8.2.4. Almacenamiento de agua

Existen diferentes tipos de tanques que pueden ser usados para el almacenamiento de agua. Hay tres clases principales; su tipificación está determinada por el material con el cual están contruidos; pueden ser de mampostería, hormigón o acero.

También pueden clasificarse de acuerdo con su ubicación, pero se recomiendan especialmente tres: los contruidos sobre el suelo, los elevados y las cisternas. El uso de estos tanques está determinado por las necesidades técnicas del sistema, el presupuesto del proyecto y las características físicas y topológicas del territorio. (González, 2015, p. 111)

8.2.5. Desinfección

Respecto de la calidad del agua, esta es proporcional al nivel de desinfección que se le aplique. La Norma COGUANOR NGO 29001 es la directriz en Guatemala de la calidad de agua para el consumo humano; mientras que para el uso industrial es la norma CATIE. Las características para determinar la calidad del agua pueden ser de tipo físico, químico y microbiológico.

“El desinfectante más común y efectivo para el tratamiento de agua potable es el cloro” (Gramajo, 2004, p. 7). Según el Código Municipal (2012, p. 20), Artículo 68, “el agua debe ser debidamente clorada antes de ser distribuida para el consumo humano”.

8.2.6. Red de distribución y acometida domiciliar

Para Sagastume (2012, p. 67) “una red de distribución es un conjunto de tuberías que llevan el agua desde el tanque de almacenamiento hasta la vivienda del vecino. La acometida domiciliar es la instalación individual que enlaza la red de distribución con cada usuario”.

8.3. Detalles de la red de distribución

El tipo red de distribución más habitual para el agua potable municipal es el de circuito o malla, y puede ser primaria o secundaria, dependiendo de su tamaño. “Esta red está formada por tubería, válvulas, piezas especiales, hidrantes, rebombeos y cajas rompedoras de presión” (Jiménez, 2013, p. 100).

A continuación, se muestran las definiciones de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) (s.f., p. 2) sobre los típicos componentes de una red de distribución.

Tabla II. Definiciones de componentes de la red de distribución

Componente	Definición
Tubería	Conjunto de tubos ensamblados por uniones (nodos) y que forman una red unificada.
Válvulas	Accesorios especializados para el cierre o disminución del flujo de agua.
Piezas especiales	Accesorios utilizados para realizar modificaciones, ramificaciones, cambios de diámetro, entre otros.

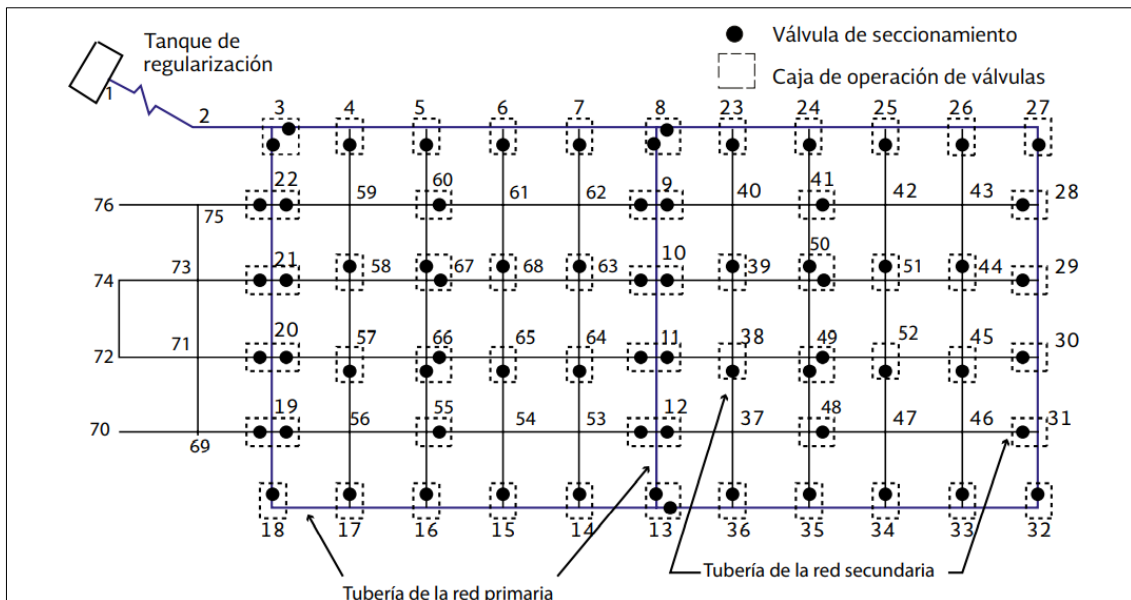
Continuación de la tabla II.

Hidrantes	Tomadas de agua destinadas al uso comunitario o provisión de agua para la labor de bomberos.
Rebombeos	Componentes especiales que bombean el agua dentro de las tuberías de la red de distribución para aumentar su presión.

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de CONAGUA (s.f., p. 2).

También se adjunta un esquema de una red de distribución típica y que contiene la mayoría de los componentes anteriormente mencionados.

Figura 3. Esquema de red de distribución



Fuente: CONAGUA, (s.f.). Consultado el 5 de febrero de 2021. Recuperado de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%20s.f.a.%20Diseño%20de%20redes%20de%20distribución%20de%20agua%20potable.pdf.

8.3.1. Detección de fugas en red de distribución

La detección de fugas para el mejoramiento del servicio de agua es un procedimiento que cada vez es más usado por los múltiples beneficios que aporta al sistema y por los beneficios que ofrece al medio ambiente. Durante mucho tiempo se hizo caso omiso a este procedimiento, principalmente por el excesivo volumen de agua con que se contaba y por la baja densidad poblacional que había; pero actualmente esto ya no es así, y cada vez los servicios de agua deben ser más eficientes para satisfacer las demandas de la sociedad.

Albarrán *et al.* (1997) señala que:

Dentro de los beneficios de la detección y reparación de fugas se tiene: uso más eficiente de las fuentes hídricas, ahorro en recursos, menor deterioro del medio ambiente, menos probabilidades de crear cavernas bajo el suelo producto de la erosión, más volumen de agua para los vecinos, menor conflicto entre usuario y proveedores, entre otros. (p. 6)

Existen muchas causas para las fugas de agua. Para García *et al.* (2008, p. 1536) las razones más comunes son “las presiones internas excesivas, la calidad del material de las tuberías, las cargas externas (tráfico, reparaciones, obras de construcción), siniestros (naturales o de terceros), la calidad del agua y la vegetación (raíces de árboles)”.

García y Pérez (s.f., p. 8) “hacen una clasificación de los métodos de detección fugas y los ordenan como indirectos y directos”. A continuación, se muestra una tabla con los métodos más populares de detección en cada ramo, aunque existen muchos más.

Tabla III. **Métodos de detección de fugas**

Métodos indirectos	Métodos directos
Visualización	Registradores acústicos de sonido
Sectorización	Imágenes GPR
Análisis de presiones	Verificación específica

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de García y Pérez (s.f., p. 8)

- El método de visualización es el más simple. Consiste en recorrer el área superficial donde se encuentra la red de distribución e inspeccionar visualmente si existen anomalías; es decir, humedad superficial en la zona, levantamiento de asfalto, crecimiento de la vegetación, crecimiento de musgo, entre otros. “Es un procedimiento inexacto, pero provee una primera inspección necesaria” (Lahlou, 2001, p.3).
- El método por sectorización está enfocado en subdividir el área de estudio en sectores o subredes, utilizando las válvulas de cierre e instalando caudalímetros para medir la diferencia de caudales; aunque es un método efectivo no es muy exacto y depende de la intuición y del ensayo y error; “sin embargo, por su gran facilidad para abarcar y delimitar grandes extensiones de área, es un método de aproximación bastante útil” (Campbell, 2013, p. 23).
- El método por análisis de presiones, a diferencia del anterior, “es mucho más práctico pues utiliza instrumentos de medición piezométricos para evaluar las diferencias de caudal; esto hace el proceso más fácil y menos oneroso” (Sánchez y Fuentes, 1996, p. 59).

- El método de registradores acústicos de sonido o ultrasónico, utiliza aparatos sensibles al sonido para detectar la fuga. Las fugas pueden ser producidas por la abertura de la tubería, el agua golpeando las superficies circundantes y/o el flujo en la cavidad producida. “Además del equipo de micrófonos también debe contarse con equipo de cómputo que amplifique y diagrame las ondas de sonido y por personal capacitado en este proceso” (Rodríguez, 2005, p. 28).
- El método por imagen GPR o de georradar elabora imágenes llamadas radargramas que evidencian el contraste entre el suelo y el agua de la fuga por sus características dieléctricas. “Las imágenes generadas son interpretadas de acuerdo con las hipérbolas creadas y así se determina la ubicación de la fuga. Es un método que se está popularizando en países europeos al ser un sistema de detección no destructivo” (Ayala *et. al.*, 2013, p. 1).

8.4. Los pozos mecánicos de agua

Los pozos de agua son perforaciones o excavaciones en vertical para la explotación de agua en la capa freática o zona de saturación. “En el subsuelo hay distintos niveles por donde se distribuye el agua subterránea; existen dos niveles principales: zona vadosa y zona de saturación” (Argueta, 2009, p. 9).

Entre las definiciones de diversos autores, la más acertada es la siguiente:

La zona vadosa está comprendida por el agua del suelo, el agua gravitacional y el agua capilar; mientras que la zona de saturación está conformada por el agua libre o freática, el agua confinada o semiconfinada y el agua connata. (Portocarrero, 2011, p. 47).

Según García (2014, p. 12) “hay diversos métodos de perforación de pozos mecánicos: perforando la tierra, por percusión y a través de la circulación de fluidos de percolación con trépano (también hay sin trépano)”. González (2015, p. 46) añade: “para el bombeo del agua se pueden emplear bombas centrífugas, de turbina y de turbina sumergible”.

8.4.1. Tipos de pozos en Mixco

Para Estrada (2013, p. 21) “en Mixco existen dos tipos principales de pozos para la explotación hídrica: artesanales y mecánicos”, o según la nomenclatura de Argueta (2009, p. 21): “excavados y profundos”. Los primeros son principalmente de uso privado-personal realizados por los mismos vecinos, y los segundos son mucho más complejos y empleados por la municipalidad para la obtención de un caudal considerable de agua.

Esta investigación, específicamente, se centra en los pozos mecánicos o profundos.

8.4.2. Medición de caudal de agua en pozos

Para el Grupo Recursos Hídricos (GRH, 2019, p. 1) “hay diferentes formas de medir el caudal de un pozo, y van orientadas a las características propias del pozo y al equipo necesario para su medición”.

Tabla IV. **Métodos de medición de caudal en pozos**

Método	Procedimiento
Volumétrico	Se procede a llenar un recipiente fijo en un lapso determinado. Ambos datos se dividen para obtener el caudal de agua.
Orificio circular y piezómetro	A través de un piezómetro instalado se procede a hacer la medición de su altura, tomando los parámetros del diámetro del tubo y del orificio. Nota: la descarga debe hacerse a presión atmosférica.
De escuadra	Para este método se necesita un instrumento en forma de L. Al comparar la medición hecha con una tabla de valores se puede conocer el caudal.
Medidor de caudal	Regularmente los pozos mecánicos son construidos con este dispositivo, el cual provee mediciones constantes sobre el volumen del agua.

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos del Grupo Recursos Hídricos.

8.5. **Dirección de Aguas y Drenajes de Mixco**

Para Ortiz (2005, p. 214) “la estructura organizacional del municipio está dividida en dos grandes categorías: el nivel superior y el nivel gerencial y directivo. En este último está la Dirección de Aguas y Drenajes”.

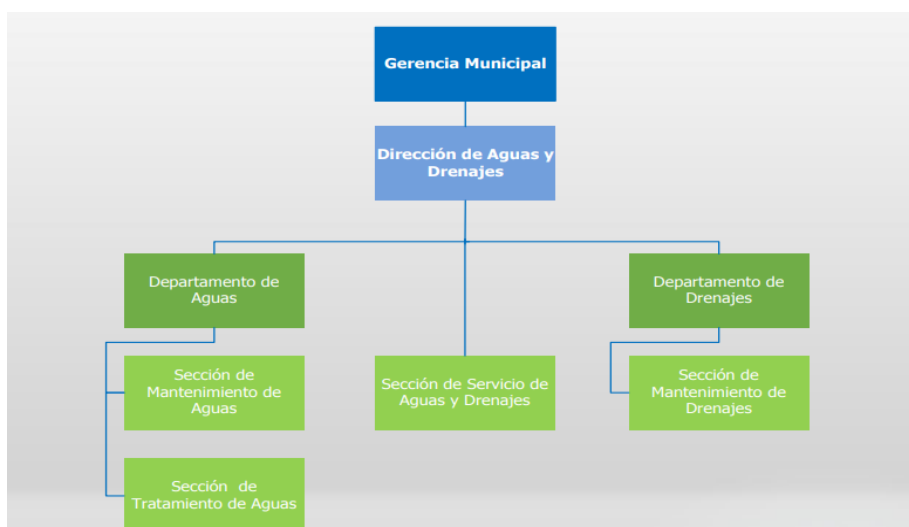
Aunque hay una Dirección de Servicios Públicos, sus responsabilidades están orientadas al análisis de registros e inspección de los servicios públicos en general, pero debido al tamaño y la importancia del agua y de los drenajes, hay una dirección especializada en ese rubro. La atención de

la presente investigación, entonces, se centrará en la Dirección de Aguas y Drenajes, que es el ente encargado de la gestión, mantenimiento y tratamiento del agua potable en el municipio. (Ortiz, 2005, p. 215)

La Dirección de Aguas y Drenajes está conformada por el Departamento de Aguas, el Departamento de Drenajes y la Sección de Aguas y Drenajes. La preside un director con ayuda de su asistente y piloto. Existen dos jefes, uno por cada departamento y un encargado de la Sección de Aguas y Drenajes.

El Jefe de Departamento de Aguas tiene a su cargo el siguiente personal: un encargado de mantenimiento de agua, un auxiliar y un coordinador de mantenimiento. El coordinador de mantenimiento tiene a su cargo: un supervisor, un guardián, un fontanero, un plomero y su ayudante, un maestro de obra de mantenimiento, un albañil de mantenimiento y su ayudante, y un electromecánico y su ayudante.

Figura 4. **Organigrama de la Dirección de Aguas y Drenajes**



Fuente: Municipalidad de Mixco (2017). *Gerencia municipal*.

9. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

- 1.1. Las colonias populares
 - 1.1.1. Definición de “colonia popular”
 - 1.1.2. Designación de las colonias populares
 - 1.1.3. Dotación de agua por persona
 - 1.1.4. Cultura del agua
- 1.2. Sistema de agua potable
 - 1.2.1. Obra de captación
 - 1.2.2. Bombeo
 - 1.2.3. Líneas de conducción
 - 1.2.4. Almacenamiento de agua
 - 1.2.5. Desinfección
 - 1.2.6. Red de distribución y acometida domiciliar
- 1.3. Detalles de la red de distribución
 - 1.3.1. Detección de fugas en red de distribución
- 1.4. Los pozos mecánicos de agua

- 1.4.1. Tipos de pozos en Mixco
- 1.4.2. Medición de caudal de agua en pozos
- 1.5. Dirección de Aguas y Drenajes de Mixco

2. MARCO METODOLÓGICO

- 2.1. Población
- 2.2. Muestra
- 2.3. Fases
 - 2.3.1. Revisión bibliográfica
 - 2.3.2. Levantamiento de datos
 - 2.3.3. Recopilación y análisis de datos
- 2.4. Objetivos que se persiguen
- 2.5. Detalles del proceso

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 3.1. Muestreo de caudal de agua en pozos mecánicos
 - 3.1.1. San Ignacio
 - 3.1.2. Belén
 - 3.1.3. La Brigada
- 3.2. Proyección de densidad demográfica
 - 3.2.1. San Ignacio
 - 3.2.2. Belén
 - 3.2.3. La Brigada
- 3.3. Resultados de encuesta
- 3.4. Evaluación de fugas en sectores determinados

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Determinación de relación entre caudal y densidad poblacional
- 4.2. Conclusiones sobre dotación de agua por habitante

- 4.3. Determinación y propuesta de reparación de fugas y su relación con la carencia de agua potable
- 4.4. Sugerencias a la Dirección de Aguas y Drenajes del municipio de Mixco.

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

APÉNDICES

ANEXOS

10. METODOLOGÍA

El tipo de investigación que se abordará será mixto, pues incorporará elementos cualitativos y cuantitativos. Los elementos cuantitativos se enfocan en los conteos de pozos, las mediciones de caudal y la presión del agua. El elemento cualitativo corresponderá a las encuestas que determinarán el uso del agua por los usuarios y evaluará la satisfacción del vecino respecto de la gestión municipal del agua.

El nivel de la investigación es principalmente descriptivo, pues busca evaluar el sistema actual de agua potable de una región. Se busca conocer su funcionamiento, tanto físico como operativo, a fin de encontrar posibles anomalías que puedan ser resueltas a través de intervenciones futuras.

10.1. Población

La población que se contempla será la comprendida por los habitantes residentes de las colonias San Ignacio, Belén y La Brigada de la zona 7 de Mixco.

10.2. Muestra

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2018, p. 29), “la cantidad de viviendas en el municipio de Mixco es de 130,545; del cual el 91 % cuenta con servicio de agua potable entubada en su casa”. Este dato incluye casas formales, apartamentos, cuartos en casa de vecindad, ranchos y otros. Por el momento no se cuenta con datos sobre la población en cada zona de municipio ni el número de viviendas, pero tomando en cuenta las 11 zonas del municipio, y que se

obviarán todas las colonias residenciales de la zona 7, se puede estimar que el número de viviendas de la población de muestra sería de un 10 % del total de usuarios de agua potable, es decir, 11 879 viviendas.

Para la muestra usará una población total $N = 11\ 879$, un margen de error $e = 10\ %$, el nivel de confianza será del $90\ %$ esto es $Z = 1,645$; se asumirá $p = 50\ %$ y $q = 50\ %$. Se utilizará una distribución estándar. A continuación, la ecuación de la muestra representativa n :

$$n = \frac{N * Z * p * q}{e^2 * (N - 1) * Z * p * q}$$

Al operar queda una muestra igual a 67,27, es decir, 68 viviendas para evaluación y encuestas.

10.3. Fases

La investigación contará con 3 fases: revisión bibliográfica, levantamiento de datos y análisis de datos.

10.3.1. Revisión bibliográfica

Se procederá a recopilar la información necesaria para el inicio de la investigación. Primeramente, se solicitará el número de usuarios de agua potable de la zona 7, específicamente de las colonias en estudio. También el número y ubicación de los pozos municipales que proveen agua a las colonias aludidas, y si existiera una base de datos del caudal producido. Por último, los planos catastrales de la red de distribución de agua potable.

10.3.2. Levantamiento de datos

Se realizará el levantamiento de datos de la siguiente información:

Tabla V. Datos para recopilar

Tipo de dato	Tipo de variable	Fuente de información	Variable
Caudal de agua producido	Cuantitativo	Pozos municipales	m ³ /h
Presión en las subredes de agua	Cuantitativo	Piezómetros instalados en la red.	Pascales (N/m ³)
Encuesta a vecinos	Cualitativo	Vecinos de la de población.	Uso del agua por los vecinos y opinión sobre gestión municipal

Fuente: elaboración propia.

Varios datos serán recopilados en paralelo para evitar pérdidas de tiempo. Todos serán resumidos en una base de datos.

10.3.3. Recopilación y análisis de datos

Luego de reunir todos los datos obtenidos, se procederá a analizarlos para obtener conclusiones sobre la escasez del agua en las colonias populares de la zona 7 y realizar las propuestas correspondientes.

10.4. Objetivos que persigue

- Realizar la revisión bibliográfica.

- Medir el caudal del agua en los pozos municipales y encuestar a la población.
- Identificar posibles problemas en el sistema de agua potable.
- Analizar datos obtenidos y definir propuestas de mejora.

10.5. Detalle de los procesos

A continuación se describen detalladamente los cuatro objetivos del presente estudio.

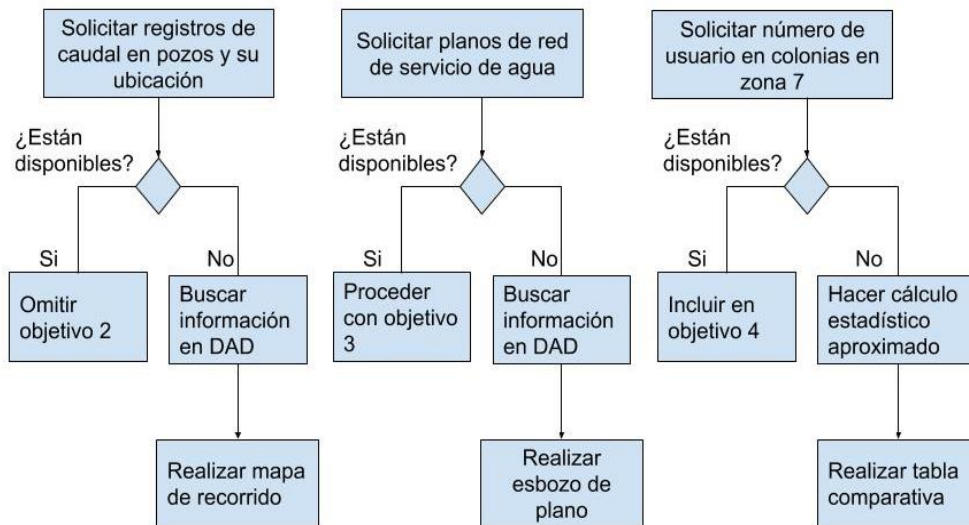
10.5.1. Objetivo 1. Revisión bibliográfica

Se solicitarán tres tipos de documentos: información sobre los pozos municipales, especialmente si existe un registro del caudal, también los planos catastrales de la red de distribución, y, por último, el número de usuario de agua potable en la zona 7. Para ello habrá que avocarse a la Unidad de Acceso a la Información Pública Municipal. Hay un tiempo de espera de 21 días.

Si existen registros recientes y cotidianos del caudal de agua en los pozos, se omitiría el levantamiento de datos de ese objetivo en la fase 2; de no existir este registro se procederá a utilizar la información de la ubicación de los pozos municipales para el levantamiento de datos. Si no estuvieran disponibles los planos de la red de distribución, se procederá a buscar información en la Dirección de Aguas y Drenajes, y se realizará un esbozo con la información más importante para el análisis de fugas. Si no estuviera disponible el número exacto de usuario, se procederá a hacer una inferencia estadística aproximada.

Los productos en este objetivo son un mapa de los pozos a ser cuantificados, el mapa o esbozo de la red de distribución, y el dato de los usuarios de agua potable en las colonias estudiadas.

Figura 5. Diagrama de flujo objetivo 1



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de la Dirección de Aguas y Drenajes, Municipalidad de Mixco.

10.5.2. Objetivo 2. Medir el caudal del agua en los pozos municipales y encuestar a la población

Medir el caudal de agua de los pozos será consecuencia de no obtener la información necesaria en el objetivo 1. Para medir el caudal se usará el mapa de recorrido en el objetivo 1 donde se trazará una ruta de seguimiento. Se procederá a realizar la medición a través del método de medidor de caudal, pues se sabe que la mayoría de los pozos cuentan con este medidor incorporado. De no ser así, se procederá a realizar la medición por medio del método volumétrico. Esta información será tabulada e incorporada a la base de datos.

La encuesta a los vecinos se realizará paralelamente a la medición de caudal. El objetivo de la encuesta es determinar el número de personas por cada usuario del servicio de agua, su cultura de uso y también la apreciación de la gestión municipal. La encuesta también ayudará a determinar la demanda de agua ofertada por terceros a través de camiones cisterna; qué volumen compran y cuánto gastan.

La población a la que está dirigida son los usuarios de agua potable de las colonias populares de la zona 7. La muestra serán 68 usuarios. La selección de los usuarios se hará de manera aleatoria usando la función ALEATORIO () en Excel de la base de datos de los usuarios obtenida de la municipalidad. De no existir este dato, se escogerán las viviendas arbitrariamente usando el mapa de la zona 7 para tratar de abarcar el mayor rango posible.

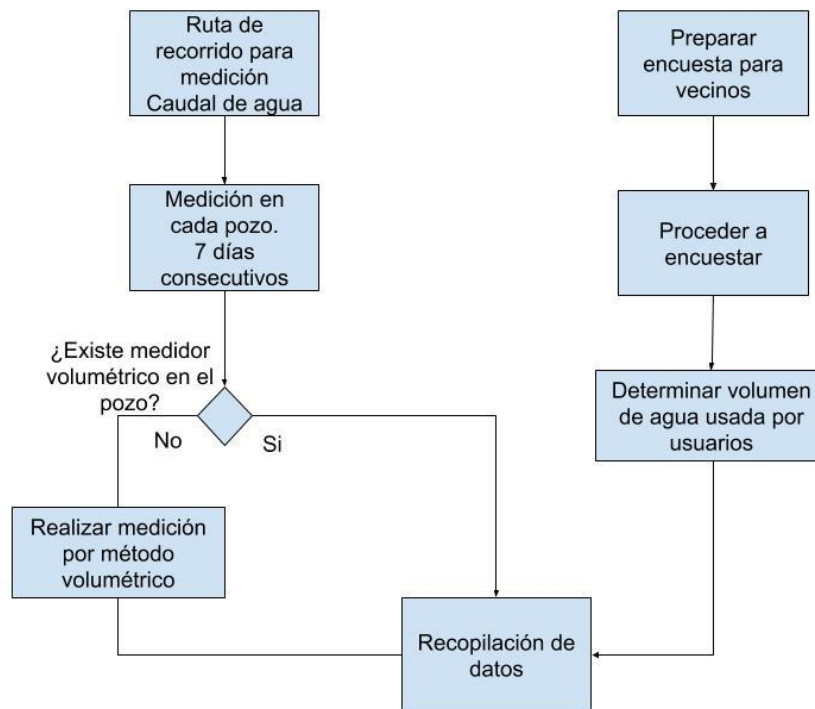
Tabla VI. Preguntas de encuestas a vecinos

Pregunta	Tipo de respuesta	Objetivo
¿Cuántas personas, viven en la casa?	Numérico	Determinar el volumen de agua consumido.
¿Cuánto paga por el servicio de agua potable?	Numérico	Calcular gasto promedio de los vecinos en el agua entubada.
¿Tiene contador de agua?	Sí/No	Calcular el porcentaje de micromedidores por usuario.
¿Compra agua en camiones cisterna?	Sí/No	Determinar la demanda de agua a terceros.
Si compra agua ¿Cuántos toneles compra?	Numérico	Determinar la demanda de agua a terceros.
¿Cree que su vecino desperdicia el agua?	Sí/No	Determinar el grado de desperdicio de agua
¿De qué manera?	Opinión	Conocer los detalles del posible desperdicio de agua.
¿Que podría sugerir para mejorar el servicio actual de agua potable?	Opinión	Determinar posibles datos no contemplados.

Fuente: elaboración propia.

Los datos obtenidos en la encuesta serán añadidos a la base de datos. Además, servirá para determinar el volumen de consumo, multiplicándolo por el número de usuarios, que también será incorporado a la base de datos.

Figura 6. Diagrama de flujo objetivo 2



Fuente: elaboración propia.

10.5.3. Objetivo 3. Identificar posibles problemas en el sistema de agua potable

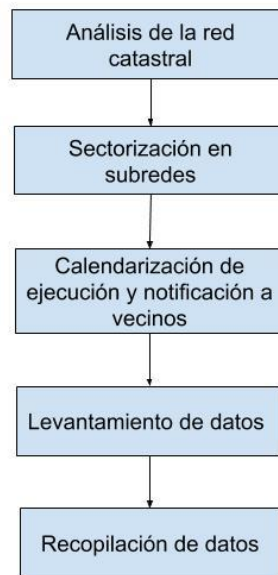
Debido a que los posibles problemas en el sistema de agua potable pueden ser múltiples y tener diferentes orígenes, se procederá a determinar principalmente las fugas en la red de distribución. Sin embargo, paralelamente a este análisis, se evaluará visualmente los posibles problemas que puedan afectar

el sistema. Para determinar las posibles fugas en la red de distribución se utilizará el método de análisis de presiones.

- El primer paso de este método será sectorizar las grandes redes en subredes para poder aplicar el análisis de presiones. Esto se realiza cerrando las válvulas de aislamiento. Dentro de las consideraciones a tomar en cuenta durante la sectorización de red están: a) no debe haber presencia de tanques de almacenamiento, b) la red debe tener un solo punto de suministro, c) debe evitarse tener grandes inclinaciones topográficas, d) se deben tomar en cuenta los tipos de usuarios, si son casas, industrias, hoteles, entre otros) y e) se deben cerrar las llaves de paso en cada una de las acometidas domiciliarias.
- En el segundo paso se calendarizarán las subredes a ser monitoreadas y se les notificará a los vecinos las acciones a realizar (especialmente el cierre de su llave de paso). Se les dará prioridad a aquellas áreas que, en los cuestionarios del objetivo 2 hayan mostrado más inconformidad, y donde el caudal de agua de los pozos sea suficiente.
- El tercer paso es realizar la medición de presiones. Durante la noche, cuando la presión de la red sea más estable, se instalarán piezómetros o medidores de presión digital en los puntos principales de la red, especialmente en el punto de suministro y el más lejano a este. Esta medición se realizará a modo de determinar una caída de presión significativa. Si existe esta caída, significa una alta probabilidad de que exista una fuga de agua en esa subred.

- El cuarto paso consistirá en anotar y recopilar los datos obtenidos durante el análisis e incorporarlos a la base de datos. También se anotarán los lugares más proclives a tener fuga en la subred.

Figura 7. **Diagrama de flujo objetivo 3**



Fuente: elaboración propia.

10.5.4. Objetivo 4. Análisis de datos

Se procederá a recopilar todos los datos obtenidos en los objetivos anteriores. Estos serán analizados por el investigador para obtener las conclusiones pertinentes.

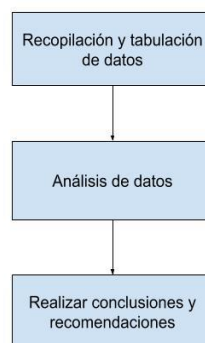
La diferencia entre caudales, obtenida al restar el caudal total generado (CTG) y el consumido (CTC), indicará si el municipio genera suficiente agua para la población actual. El CTG es obtenido de los datos de caudal de los pozos

municipales, y el CTC de una aproximación entre el número de usuario, el de habitantes en los hogares y la dotación diaria de agua por persona.

De la encuesta se analizará la cantidad de agua que se compra a través de camiones cisterna, también el costo del servicio, así como las opiniones respecto del servicio de agua potable; por último, la cultura del uso del agua. El primer dato permitirá determinar indirectamente la carencia de agua por sector; el segundo consistirá en el promedio del costo del servicio de agua y el tercero, los posibles factores de deficiencia que se han tomado en cuenta. Por último, los datos obtenidos de la cultura del uso del agua proporcionarán una definición cercana sobre si la población tiene una cultura del cuidado del agua.

Las diferencias de presiones en el método de análisis de presiones ayudarán a determinar las subredes con mayor posibilidad de tener fuga. Si fuera necesario se sugerirá una inspección más meticulosa y profesional. Durante este análisis también se evaluará visualmente posibles problemas o anomalías en el sistema, los cuales serán documentados y presentados junto con las demás propuestas y conclusiones.

Figura 8. **Diagrama de flujo, objetivo 4**



Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Resumen de variables y su operativización en el estudio**

Objetivo	Variables	Operativización
<p>Cuantificar el caudal de agua obtenida de los pozos actuales y calcular el número de usuarios.</p>	<p>Número de pozos municipales. Número de usuarios. Diferencia entre caudal y dotación totales de agua.</p>	<p>Revisión de bibliográfica, datos en la Dirección de Aguas y Drenajes. Conteo de pozos mecánicos municipales. Se excluyen pozos mecánicos de Comités de Agua. Cálculo de caudal de agua generado por pozos mecánicos. Análisis de caudal de agua en población de muestra.</p>
<p>Identificar la posibilidad de fugas u otros daños semejantes en el sistema de distribución de agua.</p>	<p>Diferencia de presiones (Pascuales). Número de fugas en tuberías. Otros problemas relacionados.</p>	<p>Analizar planos catastrales. Sectorizar en subredes. Calendarizar y notificar inspecciones. Levantamiento de datos de presiones. Visualización de otros posibles problemas.</p>
<p>Proponer mejoras para sistema actual de agua.</p>	<p>Número de propuestas para mejoras.</p>	<p>Recopilación de datos. Tabulación de datos. Presentación de conclusiones, propuestas y recomendaciones.</p>

Fuente: elaboración propia.

11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para la determinación de la muestra poblacional, a fin de ser usada en las encuestas del objetivo 2, se usó estadística inferencial usando un análisis basado en la curva normal y los parámetros del 10 % de error, 90 % de confianza y sin contar con estudios estadísticos anteriores.

Para analizar los datos obtenidos del caudal de los pozos se utilizará la media aritmética, en donde se suman los datos obtenidos en cada pozo para determinar el promedio de su Caudal Total Generado (CTG). También se aplicará esta media para calcular la media de habitantes por usuario de agua potable; esta información vendrá de las encuestas realizadas. Para obtener el caudal consumido se usará la siguiente fórmula:

$$CTC = (\# \text{ de usuarios}) \times (\# \text{ de personas por usuario}) \times (\text{dotación diaria por persona})$$

La diferencia entre el Caudal Total Generado (CTG) y el Caudal Total Consumido (CTC) dará un dato para determinar las pérdidas de caudal de agua.

12. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta el cronograma ilustrado en un diagrama de Gantt. En la primera columna están descritas las actividades principales que se llevarán a cabo y en las siguientes, están las semanas comprendidas de los 6 meses que durará la investigación.

Tabla VIII. Cronograma de actividades

Actividad	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6	Sem. 7	Sem. 8	Sem. 9	Sem. 10	Sem. 11	Sem. 12
Solicitud de documentación												
Revisión bibliográfica												
Medición caudal de pozos												
Encuesta a vecinos												
Detección de fugas												
Recopilación de datos												
Análisis de datos												

Continuación de la tabla VIII.

Actividad	Sem. 13	Sem. 14	Sem. 15	Sem. 16	Sem. 17	Sem. 18	Sem. 19	Sem. 20	Sem. 21	Sem. 22	Sem. 23	Sem. 24
Solicitud de documentación												
Revisión bibliográfica												
Medición caudal de pozos												
Encuesta a vecinos												
Detección de fugas												
Recopilación de datos												
Análisis de datos												

Fuente: elaboración propia.

13. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para desarrollar la presente investigación es necesaria la utilización de los siguientes recursos:

- **Recurso humano**
 - Una persona, el investigador, para el estudio de campo, el levantamiento de datos, la investigación documental y para el análisis y posterior presentación de datos y propuestas.
 - Un equipo de 10 personas conformado por empleados operativos de la Dirección de Aguas y Drenajes para la detección de fugas por método de análisis de diferencia de presiones.
- **Recurso financiero:** se contará con el financiamiento de la Dirección de Aguas y Drenajes del municipio de Mixco para la detección de fugas.
- **Acceso a la información**
 - Planos catastrales de infraestructura de red de distribución de agua potable de la municipalidad de Mixco, del sector de la zona 7.
 - Datos sobre el caudal de agua e historial de mantenimiento de los pozos de la zona 7 de Mixco.
 - Encuestas hechas a la población afectada sobre la problemática del agua en la zona 7 de Mixco.

- Permiso para el cierre de llaves de paso en las subredes para la detección de fugas.
- Equipo
 - Computadora portátil para la recopilación de datos
 - 3 manómetros digitales
 - Equipo para cierre de llaves y válvulas
 - Vehículo de transporte

En la siguiente tabla se resumen los recursos necesarios para la realización de esta investigación.

Tabla IX. **Presupuesto para el estudio**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	TIEMPO (MES)	VALOR (Q)
3	Manómetros digitales	Indefinido	3 000,00
1	Computadora personal	6 meses	0,00
1	Levantamiento de datos	6 meses	0,00
1	Paquete de ofimática	6 meses	0,00
Total			3 000,00

Fuente: elaboración propia.

14. REFERENCIAS

1. Albarrán, M., Banda, F., Colla, E., Concha, H., Ferreira, M., Figueroa, A. y Orellana, J. L. (1997). *Reducción de pérdidas en el sistema del agua potable*. Santiago de Chile. Recuperado de <https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/1/52961/Doc-86.pdf>
2. Aragón, V. (2008). *La construcción social del discurso en torno al agua y su contribución a la creación de opinión pública* (tesis de grado). Universidad de Murcia de España. Recuperado de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/81688/TMVAG.pdf>
3. Argueta, A. E. (2009). *Aprovechamiento del agua subterránea y manejo sostenible de los recursos hidráulicos, en el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala* (tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3045_C.pdf
4. Ayala, D., Ocaña, S. J., Pérez, R., Izquierdo, J. & Herrera, M. (2013). *Visualización de fugas de agua en sistemas de abastecimiento de agua mediante imágenes de GPR*. Valencia España. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Manuel_Herrera5/publication/309717392_Analisis_de_datos_de_GPR_para_la_visualizacion_de_tuberias_de_sistemas_de_abastecimiento_de_agua/links/581f23d708ae12715af8526c/Analisis-de-datos-de-GPR-para-la-visualizacion-de-tuberias-de-sistemas-de-abastecimiento-de-agua.pdf

5. Campbell, E. (2013). *Propuesta para una metodología de sectorización de redes de abastecimiento de agua potable* (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39139/Tesina%20Master%20Ingenieria%20hidraulica.pdf?sequence=1>

6. Camus, M. (2002). *Ser indígena en Ciudad de Guatemala*. Guatemala: FLACSO. Recuperado de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=48268>

7. Castellanos, S. A. (2012). *Determinación de factores de consumo y de retorno de agua en dos condominios ubicados en sector A-3, Ciudad San Cristóbal, zona 8 de Mixco, Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3385_C.pdf

8. Comisión Nacional del Agua (s.f.). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. México, D. F. Recuperado de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%20s.f.a.%20Dise%C3%B1o%20de%20redes%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20agua%20potable.pdf

9. Con, J. G. (2012). *Sostenibilidad financiera en el uso de pozos mecánicos de agua potable en aldeas y colonias del municipio de Mixco*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0636_MI.pdf

10. Conde, A. (2014). *Creación de la ley de uso, manejo y aprovechamiento del agua en Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos

de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_12040.pdf

11. Contreras, E. (2009). *Análisis jurídico de las propuestas de ley para regular legalmente el uso adecuado del agua potable*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_7729.pdf
12. Código Municipal (2002). *Diario de Centroamérica*. Guatemala, 2 de abril de 2002. Recuperado de https://www.plazapublica.com.gt/sites/default/files/codigo_municipal.pdf
13. Cutzal, J. A. (2007). *Diseño del sistema de agua potable por bombeo para la colonia Romec y Diseño de Instituto de San José Chacayá, Sololá*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2755_C.pdf
14. Estrada, S. A. (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) Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_4343.pdf
15. García, J. M., Racero, J., Eguía, I. y Galán, R. (2008). *Modelo de análisis de pérdidas de agua en redes de distribución*. Burgos, España. Recuperado de http://www.adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2008/QUANTITATIVE_METHODS/1533-1542.pdf

16. García, J. y Pérez, F. J. (s. f). *Abastecimiento de aguas – Tema 18: Control y mantenimiento de redes*. (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica de Cartagena, España. Recuperado de https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/12651/mod_resource/content/1/Tema%2018%20CONTROL%20MANT%20REDES.pdf
17. García, J. (2014). *Análisis de la capacidad del sistema de abastecimiento de agua potable, con aprovechamiento de aguas subterráneas, en aldea Valle Nuevo, Asunción Mita, Jutiapa (2005-2009)*. (Tesis de licenciatura). Universidad Rafael Landívar de Guatemala. Recuperado de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/04/Garcia-Jorge.pdf>
18. Gobierno de la República de Guatemala (2001). *Estrategia de la reducción de la pobreza*. Guatemala. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/gua145452.pdf>
19. Gobierno de la República de Guatemala (2011). *Plan 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
20. González, O. R. (2015). *Sistema de agua potable y perforación de pozos mecánicos en arquitectura*. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7339/1/OSCAR%20RENE%20GONZALEZ%20HERNANDEZ.pdf>

21. Gramajo, B. M. (2004). *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, obtenida de pozos mecánicas en la zona 11, Mixco, Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0907_Q.pdf
22. Grupo Recursos Hídricos (2007). *Guía: pruebas de bombeo*. Valle del Cauca, Colombia. Recuperado de <https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2019-10/GU.0130.11%20V02%2020191007%20Pruebas%20bombeo.pdf>
23. Guisao, P. (2015). *La Medellín de los silleteros: identidad, memorias e imágenes de ciudad*. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/60056/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=4&isAllowed=y
24. Guzmán, J. M. (2011). *Centro de Formación Vocacional "Mixco, Guatemala"*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_2850.pdf
25. Hernández, S. (2018). *Análisis de la percepción en la contaminación de arroyos urbanos en la microcuenca El Riito en Tonalá Chiapas, México*. (Tesis de maestría). Colegio de la Frontera Norte de México. Recuperado de <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2018/10/TESIS-Hern%C3%A1ndez-Solorzano-Sergio.pdf>
26. Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad - IARNA (2005). *Índice socioecológico del municipio de Mixco, Guatemala*. Recuperado de

<http://www.infoiarna.org.gt/ISEM/Indicadores/F108%20-%20Guatemala%20-%20Mixco.pdf>

27. Jiménez, J. M. (2013). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. Veracruz, México. Recuperado de <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>
28. Lahlou, Z. M. (mayo, 2001). Detección de fugas y control de pérdida de agua. *Tecnología en breve*. Recuperado de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/12/Detecci%C3%B3n-de-fugas.pdf>
29. López, M. (2006). *El agua, un recurso estratégico para el desarrollo (Construcción de una cultura por el agua)*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://www.repositorio.usac.edu.gt/4220/1/15_1319.pdf
30. Maldonado, J. E. (2018). *Capital social y espacio urbano: el caso de colonias populares en ciudades mexicanas fronterizas*. (Tesis de Maestría). Colegio de la Frontera Norte de México. Recuperado de <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2018/10/TESIS-Maldonado-Garc%C3%ADa-Jes%C3%BAAs-Emanuel.pdf>
31. Manrique, E. R. (2016). *Parque de salud como generador de cambio en Lo de Fuentes, zona 11, Mixco*. (Tesis de licenciatura). Universidad del Istmo de Guatemala. Recuperado de <http://glifos.unis.edu.gt/digital/tesis/2016/49868.pdf>
32. McJunkin, F. E. (1986). *Agua y salud humana*. Editorial LIMUSA, S. A. de C. V. Recuperado de <https://iris.paho.org/bitstream/handle/>

10665.2/3099/Agua %20y%20salud%20humana.pdf?sequence=1&isllowed=y

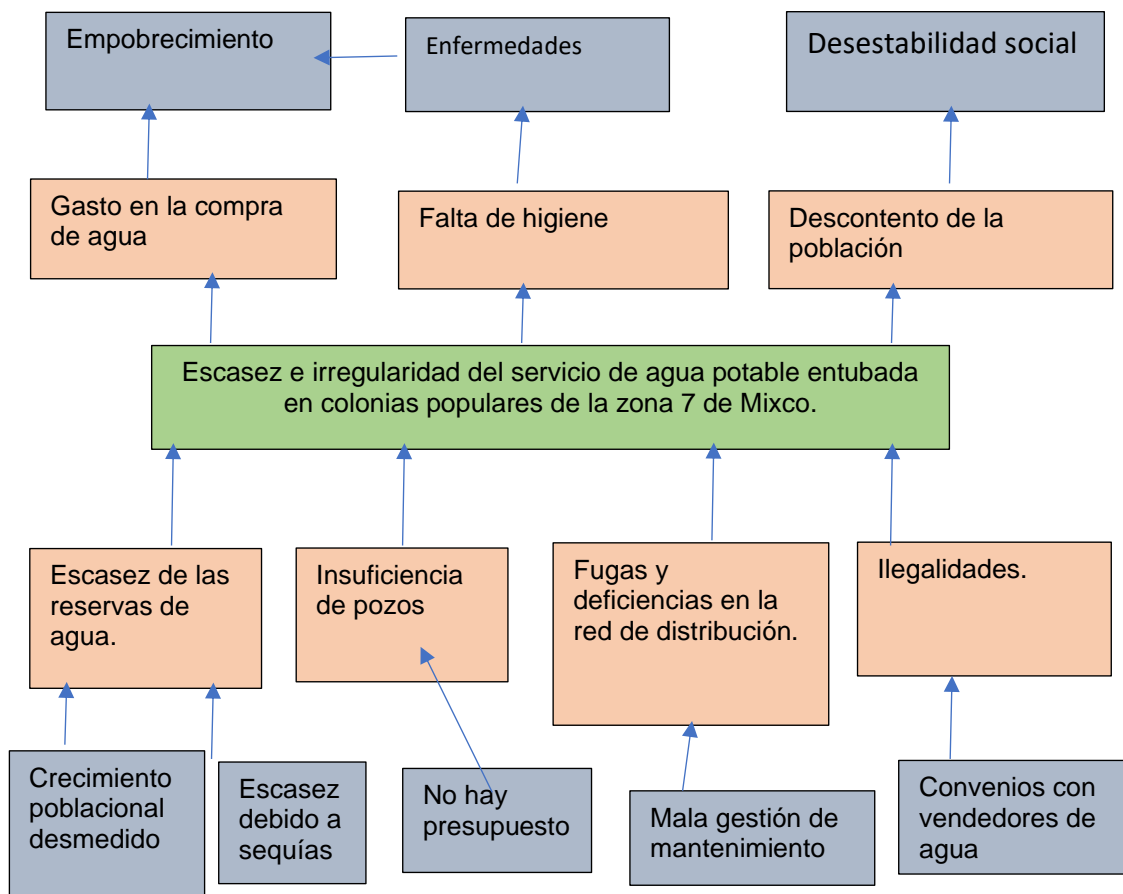
33. Monroy, N. (2011). *Análisis de la situación jurídica actual de los recursos hídricos en la República de Guatemala y la necesidad de crear la ley de aguas y rectoría del recurso hídrico*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_9145.pdf
34. Municipalidad de Mixco (2017). *Tomo XVII de Dirección de Aguas y Drenajes, 2017. Manual de Organización y Funciones*. Mixco. Guatemala. Recuperado de <https://www.munimixco.gob.gt/wp-content/uploads/2016/02/17.-MOF.-Dir.-Aguas-y-Drenajes-Agosto-2017.pdf>
35. Municipalidad de Mixco (2018). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Mixco, Guatemala. Recuperado de <https://www.munimixco.gob.gt/wp-content/uploads/2018/02/ZONA-7.pdf>
36. Navarro, O. E. (14 de diciembre de 2004). Representación social del agua y de sus usos. *Psicología desde el Caribe* (No. 14). pp. 222-236. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/213/21301409.pdf>
37. Ojeda, M. (2012). *Metodología para la reducción de pérdidas en redes de agua potable y su puesta en práctica en la red de Ciudad Universitaria de la UNAM* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/2407/1/Tesis.pdf>

38. Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2015). *Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Roma. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>
39. Ortega, V. A. (2005). *Diseño y selección de equipos de bombeo para agua accionados por motores eléctricos*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0543_EA.pdf
40. Ortiz, M. J. (2005). *Diseño de manuales administrativos para la Dirección de Planificación y diseño de la municipalidad de Mixco*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1496_IN.pdf
41. Pineda, A. L. (2017). *Vulnerabilidad del sistema de agua potable del área protegida cordillera Alux en Mixco, Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2017/06/15/Pineda-Ana.pdf>
42. Portocarrero, R. (2011). *Interacción agua superficial-acuífero libre y el contenido de nutrientes en la cuenca del arroyo El Tejar, departamento de Monteros, provincia de Tucumán* (Tesis de Maestría). Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. Recuperado de <http://frt.utn.edu.ar/tecnoweb/imagenes/file/CEDIA/Tesis%20Completas%20MIA/Portocarrero.pdf>
43. Ramírez, L. L. (2003). *Estudio sobre la calidad de agua subterránea del área noreste del valle de la ciudad capital de Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2305_C.pdf

44. Rodas, R. P. (2013). *La participación del liderazgo organizado en la promoción de la salud, San José La Comunidad, Mixco*. Universidad Rafael Landívar de Guatemala. Recuperado de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/04/06/Rodas-Rosa.pdf>
45. Rodríguez, D. (2005). *Estado del arte de las metodologías para la detección y localización de fugas en sistemas de distribución de agua potable* (Tesis de licenciatura). Universidad de los Andes de Colombia. Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/22651/u270917.pdf?sequence=1>
46. Sagastume, P. E. (2012). *Diseño del sistema de agua potable para la cabecera municipal de San Juan Chamelco, Alta Verapaz*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3363_C.pdf
47. Sánchez, J. L & Fuentes, O. A. (1996). *Método para detectar fugas mayores en una red de agua potable*. México. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/3104/31article5.pdf>
48. Vega, E. (2007). *Estudio de las clases sociales y su repercusión en los delitos y en el número de personas recluidas en el centro de detención preventivo para hombres, Fraijanes, Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_6823.pdf

15. APÉNDICES

Apéndice 1. **Desarrollo del árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

Problema práctico	Problema de investigación	Preguntas de investigación	Objetivos	Plan de acción (metodología)	Bibliografía (antecedentes)
<p>La escasez e irregularidad del servicio de agua potable entubada en colonias populares de la zona 7 de Mixco es un problema que afecta la higiene y salud de los vecinos, los obliga a comprar agua en camiones, y causa molestia e inconformidad en los vecinos. Este problema es causado principalmente por escasez en las reservas naturales de agua, por insuficiencia de pozos, la ineficiencia del sistema de distribución o por ilegalidades.</p>	<p>Derivado de lo anterior se plantea un diagnóstico del sistema de distribución de agua potable en las colonias populares de la zona 7 de Mixco, que proporcione una propuesta de mejora con la finalidad de aumentar el caudal de agua potable a las colonias necesitadas, evitar problemas de salud debido a la falta de higiene y mejorar la calidad de vida de los vecinos al evitarles el gasto en la compra de agua.</p>	<p><u>PREGUNTA CENTRAL</u> ¿Cuáles son los principales factores por diagnosticar que influyen en la escasez de agua potable en las colonias populares de la zona 7 de Mixco?</p> <p><u>PREGUNTAS ESPECÍFICAS</u> ¿Cuál es el caudal actual del agua y por qué no es suficiente para la población actual?</p> <p>¿Qué tipo de daños físicos relevantes afectan el sistema de distribución de agua?</p> <p>¿Qué otros factores, incluyendo el factor humano, inciden en la escasez de agua?</p> <p>¿Qué propuestas pueden sugerirse en base al diagnóstico y evaluación realizada?</p>	<p><u>OBJETIVO GENERAL</u> Diagnosticar y evaluar el sistema actual de distribución de agua potable en las colonias populares de la zona 7 de Mixco.</p> <p><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u> Cuantificar el caudal de agua obtenida de los pozos actuales y evaluar el uso responsable del agua en la población estudiada.</p> <p>Identificar posibles fugas u otros daños semejantes en el sistema de distribución de agua. Investigar posibles anomalías y errores administrativos y en el personal de mantenimiento. Sugerir propuestas para mejora y eficiencia del sistema actual de agua.</p>	<p>1.1 Cotejo de pozos en funcionamiento. Levantamiento de datos del caudal actual de agua disponible y su calidad. Investigación sobre población y uso actual de agua. Cotejo de datos.</p> <p>1.2 Inv. documental y de campo sobre la red de distribución. Verificación de fugas por ultrasonido.</p> <p>1.3. Investigar y recabar información sobre anomalías o ilegalidades denunciadas por la población.</p> <p>1.3 Recabar información y consultar con expertos sobre posibles mejoras.</p>	<p>LISTADO DE BIBLIOGRAFÍAS RELACIONADAS.</p> <p>Torres Méndez, José Anselmo (2006). <i>Estudio y diseño para el mejoramiento del sistema de distribución de agua potable en la cabecera municipal de Magdalena Milpas Altas, departamento de Sacatepéquez</i> (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2684_C.pdf</p> <p>Municipalidad de Mixco (2017). <i>Manual de organización y funciones. TOMO XVII, Dirección de Aguas y Drenajes, 2017</i>. Guatemala. Recuperado de: https://www.munimixco.gob.gt/wp-content/uploads/2016/02/17.-MOF.-Dir.-Aguas-y-Drenajes-Agosto-2017.pdf</p>

Continuación del apéndice 2.

					<p>Galindo Morales, Pedro Pablo (2000). <i>Propuesta de rediseño de la red de abastecimiento y distribución de agua potable en la aldea Los Mixcos</i> (tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de: http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2011/02/01/Galindo-Pedro/Galindo-Pedro.pdf</p>
--	--	--	--	--	---

Fuente: elaboración propia.