



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA DE AGUA DENTRO DEL MUNICIPIO DE
ORATORIO, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA**

Lázaro Antonio Chavarría Muñoz

Asesorado por el MSa. Ing. Jeffrey Estuardo Argueta Gálvez

Guatemala, octubre de 202

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA DE AGUA DENTRO DEL MUNICIPIO DE
ORATORIO, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LÁZARO ANTONIO CHAVARRÍA MUÑOZ

ASESORADO POR EL MSA. ING. JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

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. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIO	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA DE AGUA DENTRO DEL MUNICIPIO DE ORATORIO, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 7 de agosto de 2021.

Lázaro Antonio Chavarría Muñoz



EEPM-PP-0107-2022

Guatemala, 12 de enero de 2022

Director
Armando Fuentes Roca
Escuela De Ingenieria Civil
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACION PARA LA IMPLMENTACIONE UN MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA DE AGUA DENTRO DEL MUNICIPIO DE ORATORIO, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Servicios públicos municipales - Propuesta de mejoramiento de los servicios públicos municipales**, presentado por el estudiante **Lazaro Antonio Chavarria Muñoz** carné número **200819016**, 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.

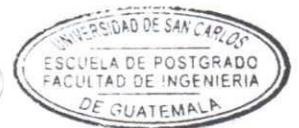
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Jeffrey Estuardo Argueta Garvez
MSc. Ing. Sanitaria
Ing. Civil
Col. 14.788

Mtro. Jeffrey Estuardo Argueta Garvez
Asesor(a)

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador(a) de Maestría



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





EEP.EIC.0107.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria 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: **DISEÑO DE INVESTIGACION PARA LA IMPLENTACIONDE UN MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA DE AGUA DENTRO DEL MUNICIPIO DE ORATORIO, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA**, presentado por el estudiante universitario **Lazaro Antonio Chavarria Muñoz**, 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



Mtro. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela De Ingenieria Civil

Guatemala, enero de 2022



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.370.2022

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 PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA DE AGUA DENTRO DEL MUNICIPIO DE ORATORIO, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA**, presentado por: **Lázaro Antonio Chavarría Muñoz**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada ★

Decana

Guatemala, mayo de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- | | |
|---------------------|--|
| Dios | Por haberme permitido realizar una más de mis metas. |
| Mis padres | Por haberme traído al mundo y guiado a través de él, mi eterno agradecimiento por su apoyo para hacer realidad este sueño. |
| Mis hermanos | Por su apoyo y compañía durante mi vida. |
| Mis abuelos | Por sus sabias enseñanzas y consejos durante toda mi vida. |

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser el *alma mater* que me permitió nutrirme de conocimientos.

Facultad de Ingeniería

Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.

**Municipalidad de
Santa Rosa**

Por haberme brindado la información necesaria para realizar este diseño de investigación.

Mis amigos

Por haberme acompañado durante la carrera.

Mi asesor

Por haberme guiado durante el trabajo de graduación.

**Gerente de la
Municipalidad**

Quien bondadosamente me ayudó a lo largo de la investigación.

**Familia y amigos
en general**

Por estar siempre a mi lado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
4. JUSTIFICACIÓN	15
5. OBJETIVOS	17
5.1. General.....	17
5.2. Específicos	17
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	19
7. MARCO TEÓRICO.....	21
7.1. Calidad del agua.....	21
7.2. Parámetros de calidad.....	22
7.2.1. Físico químicos.....	23
7.2.2. Bacteriológicos	24
7.2.3. Desinfección	24

	7.2.3.1.	Desinfección preventiva	25
	7.2.3.2.	Desinfección correctiva	26
	7.2.3.3.	Elementos químicos para desinfección	26
7.3.		Propiedades del agente empleado para desinfectar el agua....	28
	7.3.1.	El cloro	28
	7.3.2.	Propiedades físicas y químicas del cloro.....	28
		7.3.2.1. La química del cloro en la desinfección	29
		7.3.2.2. Ventajas y desventajas.....	30
		7.3.2.3. Presentaciones del cloro	31
7.4.		Equipo para desinfección	32
	7.4.1.	Dosificador por bombeo eléctrico	33
	7.4.2.	Dosificador artesanal por goteo.....	34
	7.4.3.	Dosificador por pastilla	35
7.5.		Equipo para muestreo	35
	7.5.1.	Clorímetro.....	36
7.6.		Acciones preventivas dentro de la operación para la desinfección del agua	36
	7.6.1.	Inicio del funcionamiento	36
	7.6.2.	Ajustes para inicio de operación.....	37
	7.6.3.	Flujo de salida	37
	7.6.4.	Ajuste de rapidez de flujo	38
	7.6.5.	Calibración	38
7.7.		Mantenimiento al sistema de distribución de agua.....	39
	7.7.1.	Cambio de diafragma	39
	7.7.2.	Cambio de válvula de cheque	41
	7.7.3.	Cambio de punta de inyección y filtro de succión....	42
	7.7.4.	Cambio de válvula de paso	43
	7.7.5.	Limpieza general del sistema	44
	7.7.6.	Equipo de protección personal	44

7.8.	Cuadro de problemas en operación.....	45
7.8.1.	Bomba no funciona automáticamente.....	45
7.8.2.	Fugas en mangueras	46
7.8.3.	Mangueras tapadas	46
7.8.4.	Válvulas tapadas	47
7.8.5.	Punta de inyección y filtros tapados.....	47
7.8.6.	Flujo de salida bajo.....	48
7.9.	Marco legal	48
7.9.1.	Acuerdo Ministerial 523-2013	49
7.9.2.	Acuerdo Gubernativo 178-2009.....	50
7.9.3.	Norma COGUANOR 29001	51
7.10.	Capacitaciones	51
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	53
9.	METODOLOGÍA.....	57
9.1.	Tipo de estudio	57
9.2.	Fases del estudio	57
9.2.1.	Fase uno: revisión documental de la teoría existente y marco teórico	58
9.2.2.	Fase dos: métodos y técnicas de recolección de datos	58
9.2.2.1.	Procedimiento para la calibración de dosificador de cloro.....	58
9.2.2.2.	Característica de la muestra	59
9.2.2.2.1.	Procedimiento para la toma de muestra en el análisis de cloro residual.....	60

9.2.2.3.	Métodos de análisis.....	63
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS.....	67
11.	CRONOGRAMA	69
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	71
13.	REFERENCIAS	73
14.	APÉNDICE.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Elementos químicos para desinfección	27
2.	Ventajas y desventajas del cloro	30
3.	Procedimiento para el cambio de diafragma	40
4.	Procedimiento para el cambio de válvula de cheque	41
5.	Procedimiento para cambio de punta de inyección y filtro de succión	42
6.	Procedimiento para el cambio de válvula de paso	43
7.	Equipo de protección personal básico para las tareas de mantenimiento.....	44
8.	Causas y acciones con el mal funcionamiento de la bomba	45
9.	Causas y acciones relacionadas a las fugas en mangueras	46
10.	Causas y acciones relacionadas con flujo de salida bajo.....	48
11.	Proceso de capacitación	52
12.	Cronograma de actividades.....	69

TABLAS

I.	Parámetros físico químicos de calidad según Norma COGUANOR NTG 29001.....	23
II.	Parámetros de calidad bacteriológicos según NORMA COGUANOR NTG 29 001.....	24
III.	Propiedades físicas y químicas del cloro.....	29
IV.	Otras propiedades del cloro por su presentación física.....	31

V.	Clasificación de los equipos de mayor demanda	32
VI.	Lista de materiales para instalación de dosificador	33
VII.	Materiales y accesorios para dosificador artesanal.....	34
VIII.	Matriz de recolección de datos para calibración de dosificación de cloro	61
IX.	Matriz para recolección de datos en la calibración del dosificador de cloro	62
X.	Matriz de censo de población por cada tanque de distribución.....	64
XI.	Recursos necesarios para la investigación	71

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cl	Cloro
l/s	Caudal litros sobre segundos
°C	Grados Celsius
°C/h	Grados Celsius por hora
h	Horas
KW	Kilovatio
Km	Kilómetro
KV	Kilovoltio
l	Litro
m	Metro
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro
N	Norte
O	Oeste
%	Porcentaje
PH	Potencia de Hidrógeno
P	Potencia
RPM	Revoluciones por minuto
S	Sur
s	Segundos

Ns

Velocidad angular o velocidad específica

W

Vatio

GLOSARIO

Agua potable	Es el agua que por su calidad química, física y bacteriológica es apta y aceptable para el consumo humano y que cumple con las normas de calidad del agua.
Certificado de calidad	Documento extendido por la autoridad de salud competente, que hace constar que una fuente de agua es apta para ser utilizada en un sistema de abastecimiento.
Cloro	Es un producto químico relativamente barato y ampliamente disponible, que cuando se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades sin poner en peligro a las personas.
Cloro residual	Si se añade suficiente cloro, quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los organismos.
Fontanero	Es la persona cuya labor es ejecutar las acciones a tomar para la operación y mantenimiento del sistema de agua potable y velar por el estado adecuado del sistema.

Mantenimiento	Es la acción para prevenir o reparar las obras o estructuras que conforman el sistema de abastecimiento de agua potable para que siga funcionando correctamente.
Mantenimiento correctivo	La acción de reparar los daños por causa de accidentes o desgaste de las instalaciones o estructuras dentro del sistema de abastecimiento de agua potable.
Mantenimiento preventivo	Esta acción se realiza antes de que produzcan los daños en el sistema de agua potable y así evitar mayores problemas en el sistema, así se asegura el servicio de agua potable en forma constante y permanente.
Operación	Es la acción de hacer funcionar correctamente las obras del sistema de abastecimiento de agua potable.
Red de distribución	Es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de distribución, hasta los puntos de consumo.
Sistema de agua	Es el conjunto de estructuras, equipos e instalaciones que tiene por objeto transportar el agua desde la fuente hasta los puntos de consumo en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión.

RESUMEN

El sistema de distribución de agua potable en el municipio de Oratorio del departamento de Santa Rosa se realiza con acciones, tareas y métodos posiblemente obsoletos, en diferentes administraciones se han mostrado avances hacia el desarrollo de técnicas que permita mejorar la calidad del agua que se distribuye para el consumo humano. De lo cual se puede constatar que el servicio es deficiente hacia la comunidad, ya sea por la tasa de crecimiento poblacional o por ausencia de métodos eficientes con el control, monitoreo y mejoramiento en la calidad del agua.

Para el desarrollo de la propuesta se identificaron los puntos importantes dentro de la red de distribución que permitirán ser los lugares logísticos para la recolección de muestras empleando desde ya la ruta de monitoreo asignada al personal municipal conforme a su ronda diaria de verificación, conforme sea la ruta del personal asignado se agregará las tareas de calibración, preparación, recolección y evaluación final de la muestra, para la muestra se realizará una con participación de cloro activo y otra muestra con reactivo químico especial en tratamiento de agua. Conforme los resultados obtenidos y las apreciaciones visuales se anotarán en una guía de control de inspección diseñada especialmente para el desarrollo de la investigación.

1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Oratorio del departamento de Santa Rosa localizado a 78 kilómetros de la Ciudad Capital en dirección hacia El Salvador, donde la mayoría de sus habitantes se dedican a oficios de agricultura, ganadería y oficios varios, destacando en su agricultura la recolección de maíz y frijol, que parte de esa producción es destinada al autoconsumo. Posicionando geográficamente un productor reconocido de café para fines exclusivos hacia el comercio exterior. Dicho eso, el municipio es considerado como una porción geográfica altamente productiva de agricultura. Para lo cual el agua es y será un recurso vital, tanto para sus ciudadanos y para los cultivos.

Para el municipio de Oratorio se contabiliza un total de 24 714 habitantes con densidad poblacional de 115,49 habitantes/kilómetro², por lo que se hace necesario generar fuentes dignas para la toma y distribución de agua hacia ese volumen de población. Ante la necesidad que se presenta en el municipio se ve oportuna la propuesta de un manual de operaciones y mantenimiento hacia el sistema de agua potable, con la intención de evaluar científicamente las condiciones actuales, demostrar si el agua que es de consumo humano se encuentra en rangos permisibles para poder ser bebida y si es oportuno utilizarla para los regadillos, siembras y cosechas.

La intención de manual de operación consistirá en diseñar, proporcionar y describir las actividades necesarias que los empleados municipales o la persona a fin a cargo de dichas tareas pueda ejecutar al recolectar las muestras diariamente en los cuatro puntos disponibles. Además de diseñar el proceso y protocolo de calibración de los equipos científicos para recolectar la muestra,

agregar el reactivo necesario, realizar la muestra, evaluar condiciones físicas, evaluar condiciones químicas en laboratorios especializados, evaluar la turbidez, evaluar el aroma de la muestra y evaluar la presencia de contaminantes sueltos.

Dentro de la investigación se proyecta alcanzar resultados viables, técnicos, teóricos y científicos que permita desarrollar el modelo eficiente en la solución de problemas de contaminación de agua potable para la comunidad de Oratorio, esperando alcanzar en la fase final del proyecto el diseño final del manual de operaciones y mantenimiento para el sistema de agua.

En la propuesta de mejora para la prestación de servicios en la red de distribución de agua potable, se diseñará la gestión en tres macroprocesos: i) planificación y dirección en los procesos, ii) comercialización, iii) operación y mantenimiento, los cuales se conformarán de procesos técnicos para la implementación del manual de operación y mantenimiento.

El método se dividirá en dos fases, la fase uno se fortalecerá por la revisión documental de teoría existente relacionada a la desinfección del agua por diferentes autores, además de consultar fuentes bibliográficas con desarrollos de investigación en el departamento de Santa Rosa. La fase dos, se sustentará con métodos y técnicas de recolección de datos, denominado muestreo. Este muestreo se realizará con tubos de ensayo y químicos reactivos.

Los procedimientos asociados a la recolección de muestras y toma de datos se realizará con la calibración del equipo dosificador de cloro, iniciando con la revisión del estado y posición de la manguera en el tanque de interés, posterior a eso será necesario revisar la válvula de pie del dosificador, validando que no presente taponamiento o residuo de otro químico, el procedimiento continua con la validación de la válvula de pie, verificando su posición respecto del fondo a 4

pulgadas de altura, para evitar la extracción de residuos presentes en la toma de la muestra. Será necesario realizar el ajuste correspondiente en el tablero de control digital, luego de obtener la muestra y el valor de la misma, se deberá guardar la memoria del dispositivo y se anotará en la ficha de seguimiento diseñada.

Dentro de la investigación y el desarrollo de la propuesta se iniciará describiendo de forma general la calidad del agua, así como los parámetros permisibles de calidad, relacionados específicamente a los físico químicos, bacteriológicos y su desinfección. Se presentan aspectos generales de las propiedades del agente comúnmente empleado para desinfectar el agua, destacando el cloro como el principal agente químico a nivel nacional e internacional, la química del cloro en la desinfección y sus ventajas de uso.

Posteriormente se presenta información que explicará el funcionamiento y uso de los equipos para desinfección del agua, cómo funciona un dosificador por bombeo eléctrico, cómo es el funcionamiento general de un dosificador artesanal por goteo y cómo funciona un dosificador de pastilla sólida. Adicional, se presenta el equipo necesario para muestreo y los aspectos generales del clorímetro.

Destacando de la investigación la propuesta y diseño del mantenimiento adecuado hacia el sistema de distribución de agua en Oratorio, describiendo las actividades necesarias para la sustitución de piezas móviles y piezas fijas, se presenta el cuadro de problemas de operación, con acciones correctivas ante situaciones que comúnmente suelen presentarse en estos sistemas de dosificación. Concluyendo con un marco legal el cual respalda y garantiza que la investigación puede ser una opción viable para el municipio de Oratorio.

2. ANTECEDENTES

En la actualidad existen trabajos de investigación que se basan en problemas relacionados a la distribución, consumo y calidad del agua en diferentes municipios de Guatemala, los cuales servirán como soporte para la presente investigación. A continuación, se mencionan algunos que aportan información importante:

En la tesis de Hernández (2017) Diseño de tanque de captación y tratamiento de agua, Casillas, Santa Rosa se documentó la presencia de sistemas de tanques con los cuales se abastece de agua potable la población del casco urbano y sus diferentes municipios, reconociendo un punto principal para suministrar el líquido vital a un estimado de 3310 habitantes. Según la investigación que el autor realizó, indicaría que el sistema de distribución ostentaba casi 50 años desde su construcción, haciendo notorio que el sistema estaba alcanzado su vida útil final, mostraba deterioro debido a filtraciones, acumulaciones de moho y contaminación propia del agua.

Lo más relevante para la presente investigación del trabajo titulado Diseño de tanque de captación y tratamiento de agua, Casillas, Santa Rosa (2017) es lo desarrollado en el trabajo de campo presentado en la tesis, el cual habla sobre la situación deficiente con condiciones deplorables en su sistema de distribución de agua, “el sistema de agua se encuentra en malas condiciones al igual que la calidad de la misma es turbia y posee mal olor, detectando que no cuenta con una adecuada desinfección” (Hernández, 2017, p. 12). Este apartado sustenta la presente investigación y se estudiará a fondo para determinar si el análisis utilizado puede usarse también en los puntos de recolección de muestras. Es

importante mencionar que este trabajo de investigación fue realizado en Santa Rosa.

Otro importante hallazgo para Palma (2015) es el trabajo de tesis titulado Servicio de agua, saneamiento básico y su relación con los objetivos de desarrollo del milenio. Estudio de caso: Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa. Ya que, mediante el trabajo de investigación realizado se accedió a una visita con personal del MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social) del distrito municipal de salud del municipio de Santa Cruz Naranjo, departamento de Santa Rosa, con la finalidad de obtener el punto de vista acerca de los servicios de saneamiento mejorados y de los servicios de agua para consumo humano. Durante la entrevista el Dr. Rodolfo Enrique Baeza quien fungía como director del Distrito de Salud y el señor Ervin Saúl Ramírez Juárez, inspector de saneamiento ambiental indicaron lo siguiente:

Para Rodolfo Baeza, director del centro de salud del municipio de Santa Cruz Naranjo, las enfermedades más comunes en el municipio son: resfriado común, amigdalitis, bronquitis, neumonía, enfermedades de la piel, conjuntivitis, dermatitis por pañal, enfermedades producidas por el agua, enfermedad diarreica, amebiasis e infección intestinal. Indicando que las principales causas de estas enfermedades están asociadas a: malos hábitos de higiene, contaminación del ambiente, falta de agua clorada. (Palma, 2015, pp. 62-63)

Por lo que Palma (2015) agrega que dentro de la entrevista hacia los representantes de salud establecían que la población de ciertas comunidades del departamento de Santa Rosa en buena parte eran parcialmente culpables en adquirir enfermedades asociadas a problemas intestinales, ya que dichas personas contaban con malos hábitos higiénicos y que continuamente

rechazaban propuestas de proyectos de letrización, posiblemente como efecto enraizado de las costumbres que fueron heredades o como tradición oral de generación en generación. Agregaron, que luego de técnicas de monitoreo sobre el nivel de calidad de agua que fue realizado en julio del año 2014 por la oficina del distrito municipal de salud, demostró que el flujo y dotación de agua que recibía la población establecida en el área urbana alcanzaba un 100 % de cloración, a diferencia de un valor de 50 % (3/6) que eran distribuidos hacia el área rural, contaban con sistema de cloración en niveles satisfactorios, demostrando en sus análisis que el cloro residual encontrado excedía el límite permisible aceptable según comparación con la Norma Técnica Guatemalteca NTG 29001 donde se establecía 0,5 mg/L.

Según los trabajos mencionados con anterioridad dan origen a una descripción general del panorama acerca de distribución, condiciones y niveles de viabilidad hacia el consumo de agua potable en diferentes municipios de Santa Rosa, sin embargo, en la tesis de Hernández (2017) de título Diseño de un sistema de gestión para la prestación del servicio de agua potable, San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez se plantea el poder gestionar actividades relacionadas con la distribución de agua. En dicha investigación resalta que dentro de una adecuada gestión para el tratamiento, distribución y colocación de agua potable en las comunidades es importante reconocer la operación paralelamente al mantenimiento en sus sistemas, haciendo referencia así a las actividades realizadas por un técnico denominado fontanero, por medio de las cuales se garantiza el buen funcionamiento del servicio, garantizando la puesta de agua en los domicilios de los residentes usuarios.

Además, el investigador expone que, para un adecuado mantenimiento en los sistemas de agua deberán ser consideradas prioritariamente ciertas actividades hacia un nivel preventivo, las cuales deberán anotarse o registrarse

dentro del plan de operaciones, así como en el programa de mantenimiento, conforme a lo establecido por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en el Acuerdo Gubernativo N.º 113-2009 en su Artículo 4.º “es un documento técnico que prevé y presenta, de manera ordenada y sistemática, las acciones a ejecutar periódicamente para asegurar el correcto funcionamiento de los servicios de abastecimiento de agua potable” (Hernández, 2017, p. 21)

A nivel Internacional, Guatemala ha destacado como un país interesante para inversión extranjera en modelos de desarrollo social, por lo que Lentini (2011) en su tema de investigación Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala: beneficios potenciales y determinantes de éxito, en su análisis acerca de la calidad de los servicios de agua potable indica que se presentan déficits de cobertura en la oferta de servicios, evidenciando una parte minúscula del conjunto de problemas en el manejo del recurso de agua potable y saneamiento generalizado en Guatemala. Resaltando que la calidad de los servicios suministrados alcanza niveles altamente deficientes. Y que del total de prestadoras de servicios involucradas en muestreos destacaba EMPAGUA con cierto nivel de calidad.

Agrega Lentini (2011) que, parte de los problemas relevantes respecto a la prestación de servicios de calidad se refería a las condiciones físico-químicas del agua. Donde se estimó que el 15 % del recurso vital abastecido por sistemas de red es desinfectada previamente conforme a un conjunto de parámetros mínimos establecidos en normas, y que solo el 25 % de los municipios cuentan con algún sistema de desinfección, por lo que era de asumir el total desconocimiento de la calidad de agua y el funcionamiento de los mismos.

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, a través del sistema integral de Atención en Salud, cuenta con un cuerpo de inspectores que

entre otras tareas realizan el control de calidad del agua suministrada. Sin embargo, la escasez de recursos y la débil capacidad de sanción han llevado a que el sistema prácticamente carezca de efectividad. (Lentini, 2011, p. 14)

Fortaleciendo el tema de investigación o temas asociados hacia investigación se hace mención acerca de la Propuesta de eficientización del sistema de distribución de agua potable, en el área urbana del municipio de Chicacao, departamento de Suchitepéquez, en el cual García (2011) indica que la función esperada del hipoclorador, es aportar al caudal de ingreso al tanque de distribución cierta cantidad de hipoclorito de calcio para sostener una adecuada concentración, ya que con esto, se percibe la desinfección en el agua destinada al consumo humano, la cual posteriormente será surtida a la población, logrando mantener la red con valores de cloro residual entre 0,4 y 0,8 miligramos por litro.

Dentro de su propuesta García (2011) establece que, al referirse a un sistema de distribución de agua, puede considerarse eficiente si el suministro de agua es constante y de buena calidad en todo momento. Añadiendo, que la medida de eficiencia puede ser obtenida con resultados esperados, ejecutándose con los mínimos de insumos en el menor tiempo las acciones establecidas a la distribución de agua. Concluyendo que es de suma importancia lograr incrementar los niveles de eficiencia dentro de un sistema, sin considerar la importancia del mismo, provocando así, mejor calidad en el servicio de distribución de agua con un mejor precio, obteniendo mejores beneficios hacia la oficina pública o entidad encargada en la administración del recurso y bienestar colectivo.

La eficientización de un sistema de distribución de agua existente, puede aumentar la oferta o mejorar la distribución de la misma. En el caso del sistema de distribución de agua del municipio, se determinó mediante las encuestas que la oferta producida satisface las necesidades (demanda) de la población actual. Por lo que se propone mejorar la distribución de la oferta actual mediante la aplicación de medidas administrativas factibles que garanticen el funcionamiento óptimo del sistema para generaciones futuras. (García, 2011, p. 45)

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La distribución de agua para las zonas rurales posee diferentes técnicas de manejo, protocolos de control y generalmente actividades mantenimiento hacia los pozos o puntos de distribución. Generalmente se realizan actividades heredadas por personal de mayor antigüedad a cargo de esas tareas, pero dichas actividades pueden representar protocolos arcaicos, empíricos y sin el grado de desinfección técnico que permita otorgar el producto final apto para el consumo humano.

El municipio de Oratorio no es la excepción, ya que por muchos años su municipalidad se ha esforzado por mejorar el sistema general de captación, purificación y distribución del agua para su comunidad, conforme el crecimiento exponencial de su densidad poblacional se han incrementado las visitas hacia los centros hospitalarios públicos donde sus estadísticas han demostrado un incremento de problemas de salud asociados a enfermedades intestinales o por ingesta de agua poco potable.

Por lo que el municipio cuenta con servicio de agua potable deficiente en la calidad del tratamiento de desinfección, incrementando así, el nivel de riesgo de salud de su población. Los factores que originan este problema es el mal control por parte de las autoridades ante un presupuesto no ajustado a las necesidades de la desinfección y los conocimientos limitados sobre el manejo de los sistemas para mejorar la calidad de agua.

El déficit del mantenimiento y del proceso de desinfección es otro de los motivos de calidad deficiente, por consiguiente, se presenta aumento de

enfermedades a causa del grado de contaminación del agua que utilizan para uso diario, sumando el desconocimiento de la población en general de las malas prácticas en el manejo del agua. La falta de capacitación para desinfectar el agua en el municipio de Oratorio, Santa Rosa ha causado los problemas de salud ya mencionados, ya que en ocasiones no se percibe la presencia de cloro. Por la falta de energía eléctrica en algunos tanques no se cuenta con un sistema de bombas dosificadoras para la aplicación de hipoclorito, entonces han buscado soluciones empíricas para esta aplicación y en algunos casos no cumplen la aplicación y siguen las inconformidades de la población.

En el municipio de Oratorio hay familias que no cuentan con los suficientes recursos económicos para obtener agua purificada y estos consumen agua del sistema de distribución del municipio y estas personas padecen de enfermedades gastrointestinales y por ende afectando aún más sus problemas económicos. El Ministerio de Salud al querer mitigar los problemas de salud de los pobladores exige una mayor cloración al personal de la municipalidad y estos al no tener el conocimiento necesario aplican un exceso de cloro al inicio del sistema haciendo llegar el afluente a las primeras casas con un exceso de cloro, causando inconformidades con los pobladores ya que en muchos casos consumen de esta agua para tomar.

Esto lleva a plantear la pregunta principal de este estudio: ¿cuál es el procedimiento actual en la desinfección de agua en el municipio de Oratorio, departamento de Santa Rosa? Para responder a esta interrogante se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Cuál es el proceso y equipo que se está utilizando?
- ¿Qué capacitación tendrá el personal contratado?

- ¿Cuál es el impacto económico para la óptima desinfección del agua?
- ¿Cuáles son los análisis que están realizando para determinar la calidad del agua?

4. JUSTIFICACIÓN

La realización de la presente investigación se justifica en la línea de investigación de mejoramiento de los servicios públicos, en la eficiencia de la cloración en el sistema de agua del municipio de Oratorio, departamento de Santa Rosa, de la Maestría en Energía y Ambiente. Con esta investigación se ayudará en la mejora de la gestión del sistema de cloración, brindando un manual de operación y mantenimiento, a través de dicha información teórica se podrá realizar y ejecutar un plan que lleve con ello la implementación de este sistema, favoreciendo al personal contratado para su ejecución y a la población en general, evitando que existan altos índices de enfermedades que dañen la integridad de las personas.

Con este trabajo se obtendrán matrices de la energía producida por las turbinas y el cálculo de las eficiencias energéticas conforme al tiempo de operación del rodete que está ligado intrínsecamente al desgaste del mismo. También se analizará el costo del reacondicionamiento de un rodete de una turbina hidráulica tipo Pelton, para determinar el punto de equilibrio en donde el mismo proceso se justifica por los costos.

Dicha investigación ayudará a la gestión del sistema de cloración, brindando un manual de operación y mantenimiento, a través de dicha información teórica se podrá realizar y ejecutar un plan que lleve con ello la implementación de este sistema, favoreciendo al personal contratado para su ejecución y a la población en general, evitando que existan altos índices de enfermedades que dañen la integridad de las personas.

Cuando se realiza una acción se obtienen resultados o productos que pueden favorecer a la población; cuando en un municipio existe un sistema de clorificación, con un buen uso y sobre todo con una buena práctica, se obtendrá esa seguridad de potabilidad para el agua que las personas consuman, teniendo la certeza y la confianza de lo que se está tomando, articulando esto con la disminución de enfermedades gastrointestinales y todas las que se derivan de la ingesta de agua contaminada.

Con un sistema de clorificación de agua potable se ayuda a reducir enfermedades directamente a los pobladores, como se describe en el párrafo anterior, con la gran ventaja que no tiene edad o grupo específico a quién beneficia, ya que el agua es para consumo de todo ser humano y todo ser vivo. No existe un sistema de desinfección que asegure la calidad del agua para el consumo, y al implementar esta investigación se obtendrá el resultado el mejoramiento de la calidad de agua, dando como resultado, mejorar la salud y la calidad de vida de los pobladores del casco urbano del municipio de Oratorio, departamento de Santa Rosa.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Elaborar un manual para la correcta operación y mantenimiento en la desinfección de agua en el municipio de Oratorio, departamento de Santa Rosa.

5.2. Específicos

- Evaluar la condición actual en los sistemas de desinfección.
- Emplear charlas y capacitaciones al personal contratado para realizar esta actividad.
- Determinar la calidad final de agua dosificada para que se cumpla con los parámetros mínimos que rige el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
- Determinar los procesos de operaciones y mantenimiento en la desinfección de agua en el municipio de Oratorio, departamento de Santa Rosa.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

A partir del presente estudio se evaluará la necesidad de construir, desarrollar, modelar e implementar un manual de operaciones y mantenimiento hacia el sistema de agua del municipio de Oratorio, ante la ausencia del mismo, por lo que el personal municipal desconoce el procedimiento o actividades secuencialmente ordenadas en la toma de muestra de agua, tareas de clorificación y todo lo relacionado al mantenimiento de los puntos de distribución de la red general.

La necesidad de un manual es la causa constante de tareas y acciones mal realizadas con el uso y aprovechamiento del agua, por lo que, al plantearse un diseño eficiente, productivo y regenerativo con tareas que implican mejorar la calidad del agua y la calidad de vida de toda una comunidad de personas es oportuno generar una propuesta viable.

El presente estudio aportará información necesaria para que la municipalidad de Oratorio estandarice las actividades involucradas en la dosificación, recolección, toma de muestra y medición de los niveles de cloro en los puntos de recolección. Al determinar lo anterior, podría desarrollarse el manual de operación y mantenimiento hacia el sistema de agua utilizado por diferentes comunidades del municipio, mejorando sus condiciones de vida y los niveles de salud.

Las consecuencias de llevar a cabo la presente investigación recaerán en la municipalidad de Oratorio y en la comunidad del municipio como los necesitados del vital líquido. Una de las razones de mayor peso por la que la prestación del servicio de agua potable domiciliar debe de cumplir con los

parámetros de calidad para su consumo, son las consecuencias en la población infantil menor de 6 años que la consume, y sus efectos en su desarrollo intelectual y físico. Con el desarrollo de la investigación se podrán reducir gradualmente los niveles de contaminación, implementando además los métodos y tareas diarias necesarias para proporcionar el mantenimiento óptimo a los equipos dosificadores de cloro.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Calidad del agua

Para Pacheco (2014) la calidad del agua es afectada directamente por la contaminación ambiental en general, además, del uso irresponsable del recurso hídrico, así como la pésima administración sobre el sistema en general. De tal forma, es que se puede considerar que la misma podría encontrarse adherida a un marco normativo con caracterización específica donde se establezca de forma taxativa los usos, aprovechamientos y aspectos generales administrativos.

En teoría, el agua que está siendo recibida es la que gobierna, para Escalona (2013) debe ser necesario administrar y al mismo tiempo impulsar diferentes estándares o criterios de evaluación asociados a la calidad del agua. De tal forma, que de los posibles estándares se permitan derivar requisitos con directrices de control de las aguas en general. De acuerdo a diferentes autores, se puede generalizar que los requisitos para la calidad del agua se establecen dependiendo del uso al que se destina la misma, y se evalúa dicha calidad en términos de propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Es importante conocer los requisitos de calidad para cada uso a fin de determinar si se requiere un tratamiento del agua y, de ser así, qué procesos se deben aplicar para alcanzar la calidad deseada.

Por lo que Rincón (2015) expone, que todo tipo de recurso denominado o clasificado como agua superficial en una delimitación geográfica puede ser ampliamente utilizada, considerando dentro de los puntos importantes de abastecimiento hacia las personas los lagos, ríos, arroyos y tierras húmedas,

siempre y cuando sean recursos visibles, sin exceptuar los recursos o puntos de extracción menos visibles o de menor dominio público como el agua que fluye bajo la tierra.

Por lo que Rincón (2015) concluye, marcando diferentes precedentes, en la regulación para controlar y monitorear la denominada calidad del agua superficial es una tarea conjunta, por su constante demanda hacia la oferta de la misma en el abastecimiento de las sociedades de interés. Con el respectivo mantenimiento en los puntos de interés o focos de extracción donde las personas de una comunidad puedan acceder al consumo constante de la misma, por medio de sus autoridades municipales que garantizarán diariamente las condiciones mínimas permisibles para otorgar un producto apto para el consumo humano.

7.2. Parámetros de calidad

Para Villegas (2012) los parámetros de calidad con referencia al consumo de agua, pueden diferenciarse por sus orígenes físicos, químicos y biológicos, además de incluir las causas principales de carácter antropocéntricas que pueden enfocarse al uso de la tierra. Dentro de los parámetros antropocéntricos asociados se pueden mencionar los niveles de nitrato, oxígeno disuelto, fosfato, calidad de su turbidez, pH, demanda bioquímica del oxígeno, coliformes fecales, temperatura y la presencia de sólidos totales.

Dichos parámetros pueden ser asociados a un conjunto de normas generales o específicas en Guatemala, dependerá de la intención, cuidado o uso final que se le desea dar, destaca la Norma COGUANOR que se compone de tablas específicas con parámetros establecidos con los cuales se puede regular ciertos niveles de dosificación de químicos, minerales o la presencia de sólidos disueltos para otorgar agua potable apta para el consumo humano.

7.2.1. Físico químicos

Para la Organización Mundial de la Salud (2014, p. 26) en su investigación relacionada al tratamiento de agua para consumo humano define que “son las características del agua que se perciben por los sentidos y no involucran reacciones químicas o biológicas”.

Tabla I. **Parámetros físico químicos de calidad según Norma COGUANOR NTG 29001**

Características	LMA	LMP
Color	5,0 u	35,0 u
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0	15,0
Conductividad eléctrica	750 μ S/cm	1 500 μ S/cm
Potencial de hidrógeno	7,0 – 7,5	6,5 – 8,5
Sólidos totales disueltos	500 mg/L	1 000 mg/L
Cloro residual libre	0,5	1,0
Cloruro	100	250
Dureza total	100	500
Sulfato	100	250
Aluminio	0,050	0,100
Calcio	75,0	150,0
Cinc	3,0	70,0
Cobre	0,050	1,500
Magnesio	50,0	100,0
Manganeso total	0,1	0,4
Hierro total	0,3	---

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (2014). *Norma COGUANOR NTG 29 001*.

De la tabla anterior se presentan los límites máximos permisibles y los límites máximos aceptables relacionados a los ensayos de laboratorio, conforme los datos obtenidos se deberán comparar para establecer su situación real.

7.2.2. Bacteriológicos

El agua contaminada o agua residual con presencia de materia orgánica e inorgánica desarrolla actividad bacteriológica. Donde Metcalf y Eddy (2011) expresan que los microorganismos accionan hacia la degradación de la materia orgánica presente en componentes simples y materia celular.

Tabla II. **Parámetros de calidad bacteriológicos según NORMA COGUANOR NTG 29 001**

Microorganismos	Límite máximo permisible
Agua para consumo directo (coliformes totales y <i>E. coli</i>)	No deben ser detectables en 100 mL de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución (coliformes totales y <i>E. coli</i>)	No deben ser detectables en 100 mL de agua
Agua tratada en el sistema de distribución (coliformes totales y <i>E. coli</i>)	No deben ser detectables en 100 mL de agua

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (2014). *Norma COGUANOR NTG 29 001*.

Con referencia a calidad de agua con presencia bacteriológica es necesario disponer de resultados de laboratorio donde se establezca el valor de presencia o valores de referencia conforme a los microorganismos.

7.2.3. Desinfección

Para Álvarez (2012) la desinfección es la eliminación, desactivación o extracción de los patógenos (microorganismos) que se encuentran disueltos en el agua, así como las bacterias y diferentes virus dañinos al ser humano. La desactivación o destrucción de dichos microorganismos supone el final del

crecimiento y reproducción de estos. Si tales microorganismos no son erradicados, el recurso agua no puede ser denominado potable y así, puede ser foco de enfermedades. Por lo que es importante incorporar desinfectantes físicos o químicos, los cuales pueden extraer o erradicar contaminantes orgánicos en el agua, que son nutrientes para los microorganismos.

Continúa agregando Álvarez (2012) que la intención o resultado final de los desinfectantes no es solamente eliminar a los microorganismos, sino que, deben ofrecer un efecto residual, manteniéndose como agentes activos disueltos en el agua luego de una desinfección para lograr así prevenir el crecimiento de nuevos microorganismos en las redes de tuberías provocando la recontaminación del agua.

7.2.3.1. Desinfección preventiva

Según Delgadillo (2015) el fin de la prevención es poder anteponerse a panoramas críticos por no atender protocolos de vigilancia en los sistemas de abastecimiento de agua, incluyendo los controles microbiológicos previo a dar la deposición hacia el consumo humano. Por lo que, el propósito se centrará en la vigilancia de los sistemas de calidad de agua, para proteger así a los consumidores. Ante la presencia de deficiencias sanitarias identificables durante el periodo preventivo no son corregidas, puede incurrir hacia situación de peligro, ya que los usuarios o población que dispone del recurso agua quedará vulnerable hacia el desarrollo de enfermedades e incluso puede darse el inicio de una epidemia sanitaria.

7.2.3.2. Desinfección correctiva

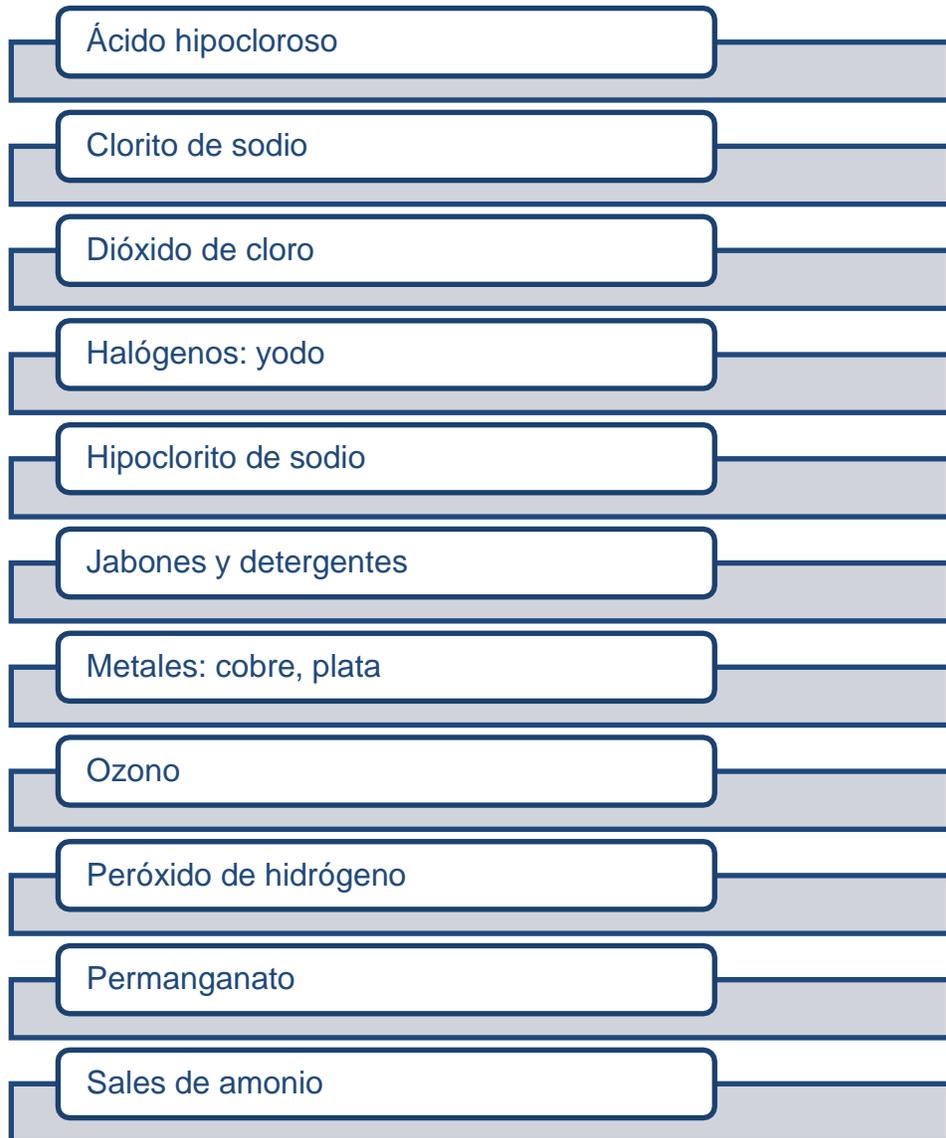
Las medidas correctivas necesarias son una consecuencia directa de la evaluación de las pruebas bacteriológicas y de las inspecciones sanitarias. Esas medidas correctivas ejecutadas por la empresa de abastecimiento de agua potable o por la entidad de vigilancia, son esenciales cuando ya se han identificado los problemas (Álvarez, 2002).

Para Delgadillo (2015) las medidas de corrección pueden ser variadas, como selección de fuentes de agua adecuadas y seguras, la vigilancia constante, control de desinfección a través de pruebas de cloro residual, programas de educación a la comunidad y de atención primaria de salud, análisis bacteriológico después de haber aplicado las medidas correctivas y avisos a la población que aplique ciertas medidas en su hogar (aplicar cloro o hervir agua), por último controles sanitarios para asegurarse que las medidas correctivas hayan sido ejecutadas adecuadamente. Al decidir sobre la importancia de cualquier deficiencia descubierta es preciso hacer uso de un buen juicio. Si dichas deficiencias son serias, debe evaluarse el costo de las diferentes medidas correctivas posibles.

7.2.3.3. Elementos químicos para desinfección

Diferentes autores señalan un conjunto de elementos químicos distintos, al igual que normas sanitarias, por lo que se presenta el listado de los elementos con mayor relevancia y participación en la desinfección del agua. Los elementos químicos que se presentarán son los que comúnmente pueden encontrarse a la venta al público en general, ya que por normativas de seguridad existen ciertos químicos que solamente son vendidos con autorizaciones gubernamentales especiales.

Figura 1. **Elementos químicos para desinfección**



Fuente: elaboración propia.

7.3. Propiedades del agente empleado para desinfectar el agua

Según Solsona (2013) el cloro es considerado como el principal agente para la desinfección del agua, ya que puede ser aplicado como una herramienta en la eliminación de microorganismos. De acuerdo con investigaciones del Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) en los Estados Unidos, la desinfección con el uso de cloro en fuentes de agua para consumo humano ha logrado ser reconocida como una de los mayores logros hacia la salud pública según los reconocimientos destacados del siglo XX.

7.3.1. El cloro

Para tratamiento de agua, el cloro es el desinfectante comúnmente utilizado, sus aplicaciones pueden variar según las necesidades, desde la higienización de piscinas, agua residual, agua potable hasta balnearios, además se emplea en el proceso de esterilización de alimentos. Por eso Mejía (2015) expone que la presencia del cloro en agua resuelve en la aglutinación con bacterias, dejando así solo una fracción de la cantidad original a lo que se conoce como cloro libre dentro de su acción desinfectante. Agrega que, si el nivel de cloro libre no es el correspondiente al pH el agua mostrará olor y sabor desagradable, por lo que el potencial desinfectante del cloro puede verse disminuido.

7.3.2. Propiedades físicas y químicas del cloro

Para Quimiur (2011) es necesario reconocer que ciertos elementos dentro del grupo de halógenos donde está incluido el cloro, pueden presentarse como moléculas diatómicas químicamente activa (halógeno=formador de sales). Algunos compuestos orgánicos y varios compuestos sintéticos orgánicos naturalmente contienen elementos halógenos como el cloro. Por lo que, a estos

compuestos se les puede conocer como compuestos de tipo halogenados. Donde el estado del cloro en forma natural es gaseoso, otra propiedad física a reconocer del cloro en forma natural es su aspecto de coloración amarillo verdoso.

Tabla III. **Propiedades físicas y químicas del cloro**

Ítem	Descripción
Número atómico	17
Punto de fusión	171,6 grados kelvin o -100,55 grados centígrados
Punto de ebullición	239,11 grados kelvin o -33,04 grados centígrados
Símbolo químico	Cl

Fuente: Crespo (2016). *Manual de operación y mantenimiento para el sistema de desinfección de agua potable por hipoclorador.*

7.3.2.1. **La química del cloro en la desinfección**

Según Quimiur (2011) el hipoclorito de sodio es un líquido amarillento con una concentración de cloro activo de 10 % al 15 % y pH de alrededor de 13 unidades, cuando entra en contacto con aire o luz no es muy estable, incluso con temperaturas altas, el cloro se evapora y su concentración en el agua disminuye. Debido a su pH el hipoclorito de sodio incrementa el pH del agua. Es posible acidificar el agua mediante el uso de ácido sulfúrico, se puede mantener el nivel de pH en un rango de 5.8 hasta 6.5 para garantizar la eficacia en el proceso de desinfección.

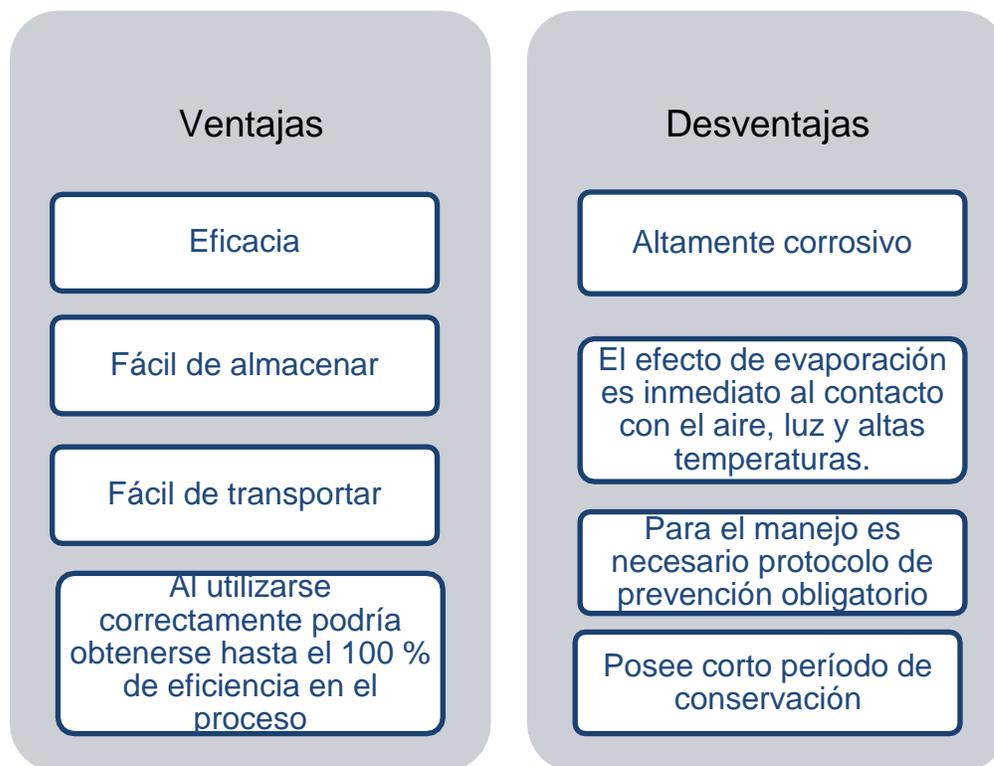
Continúa agregando Quimiur (2011) que la cantidad de sodio que se añade al agua mediante el uso de hipoclorito de sodio no afecta generalmente la calidad del agua, desde que la desinfección es lograda en concentraciones relativamente

bajas. La adición del sodio puede ser considerable en sistemas de reutilización de redes distribuidoras de agua, donde las cuales el sodio puede acumularse en el agua gradualmente. El punto de ebullición del sodio ocurre a - 101 grados centígrados y su calor latente de fusión es de 90 kJ/kg

7.3.2.2. Ventajas y desventajas

Se reconocen las propiedades físicas y químicas del cloro en contacto con el agua, por lo que sus ventajas pueden ser diversas al igual que sus desventajas por malos procedimientos o mala dosificación.

Figura 2. **Ventajas y desventajas del cloro**



Fuente: Quimiur (2011). *Parlamento Europeo y del Consejo: químicas urbanejas.*

7.3.2.3. Presentaciones del cloro

Según el autor Álvarez (2012) las presentaciones del cloro serán por la necesidad de uso y según el método de empleo o dosificación, puede disponerse del mismo en estado gaseoso, estado líquido y estado sólido.

Con relación al cloro en estado gaseoso, Álvarez (2012) realiza la presentación en tonalidad amarilla-verdoso, otra propiedad importante en dicho estado es que puede ser 2.5 veces más pesado que el aire, con cierto olor desagradable, peligrosamente venenoso y con eficiencia letal de toxicidad. En estado líquido puede reconocerse como uno de los agentes químicos de amplio espectro en aprovechamiento general, por la disposición del mismo y la practicidad hacia poder colocarlo de formas distintas, condicionado generalmente por el tipo de uso hacia el cual puede ser dirigido, la practicidad en su estado líquido beneficia la mezcla homogénea con el agua y así mismo puede ser dirigido hacia el mantenimiento de cualquier sistema de abastecimiento. Finalmente, en estado sólido presenta excelente estabilidad de almacenamiento, logrando otorgar beneficios al considerarse cloro activo con cierto grado de desinfectante.

Tabla IV. **Otras propiedades del cloro por su presentación física**

Cloro en estado gaseoso	Cloro en estado líquido
Densidad: 3,71 kg/m ³	Punto de ebullición: -34,1 °C
Comprensibilidad: 0,9867	Densidad: 1 562,5 kg/m ³
Gravedad específica: 2,49	Calor de vaporización: 287,79 kJ/kg
Volumen específico: 0,336 m ³ /kg	Presión de vapor: 21 Pa
Viscosidad: 0,001245 Pa/s	
Conductividad: 7,91 mw/m.k	

Fuente: Crespo (2016). *Manual de operación y mantenimiento para el sistema de desinfección de agua potable por hipoclorador.*

7.4. Equipo para desinfección

Para realizar la selección del alimentador o dosificador de cloro es necesario según Solsona (2013) atender a tres factores:

- La dosis del cloro en el agua.
- Las características del producto clorado.
- El caudal del agua a desinfectar.

Tabla V. **Clasificación de los equipos de mayor demanda**

Clasificación	Equipo dosificador	Producto	Rango de servicio
Cloro gaseoso	A presión (directo)	Gas cloro	5 000 habitantes
	Al vacío (Venturi o eyector)		
Solución (bajo presión atmosférica de carga constante)	Tanque con válvula de flotador	Hipoclorito de Na o Ca	< 20 000 habitantes
	Tubo con orificio en flotador		
	Sistema vaso/ botella		
Solución (bajo presión positiva a negativa)	Bomba de diafragma (positiva)	Hipoclorito de Na o Ca	2 000 a 300 000 habitantes
	Dosificador por succión (negativa)		
Sólido	Dosificador de erosión	Hipoclorito de calcio	2 000 a 50 000 habitantes
	Otros dosificadores	Cal clorada	< 2 000 habitantes

Fuente: Solsona (2013). *Desinfección del agua*.

7.4.1. Dosificador por bombeo eléctrico

El diseño de COSUDE (2018) para un equipo accionado por bombas de diafragma o pistón que succionan la solución clorada del tanque que lo contiene e inyecta esta solución mediante pulsaciones en la línea de impulsión del sistema de agua potable. Permite la regulación del caudal de dosificación de cloro en función a la dosis de cloro que demanda el caudal de bombeo del sistema de agua potable que ingresa al reservorio. En este tipo de bomba, la regulación se realiza utilizando las perillas de frecuencia y amplitud de succión, respectivamente. Comprende la bomba eléctrica y sus accesorios: manguera con una válvula de pie en la succión; un accesorio multifunción, al cual se conectan la manguera de purga y la manguera de inyección. Esta última constituye la conexión de salida de dosificación de cloro.

Tabla VI. Lista de materiales para instalación de dosificador

Materiales y equipos	Cantidad
Abrazadera de derivación PVC Ø 2" a ¾"	1
Adaptador UPR PVC Ø ¾"	6
Codo mixto PVC SAP Ø ¾"	1
Codo PVC SAP Ø ¾" x 90°	1
Grifo de bronce Ø ½"	1
Niple PVC SAP Ø ¾" con rosca	1
Reducción PVC Ø ¾" a ½"	1
Tanque de polietileno 200 L	1
Tee PVC SAP C-10 Ø ¾"	1
Unión mixta PVC SAP Ø ½"	1
Unión universal PVC Ø ¾"	1
Válvula esférica PVC Ø ¾" con rosca	1
Bomba eléctrica dosificadora	1
Estabilizador de corriente	1
Manguera flexible Ø 3/8"	1
Soporte metálico de 25 x 20 cm	2
Válvula de pie con filtro	1
Abrazadera de derivación PVC Ø 2" a ½"	1

Continuación tabla VI. Lista de materiales para instalación de dosificador.

Adaptador UPR PVC Ø ½"	6
Caudalímetro Ø 2"	1
Codo PVC Ø 2" a 90°	2
Manguera rígida Ø 3/8"	1
Niple PVC con rosca – longitud 3"	4
Tubería PVC SAP C-10 Ø 2"	2
Unión universal PVC Ø 2"	4
Válvula de check Ø 2"	1
Válvula de inyección	1
Válvula esférica Ø 2"	1

Fuente: COSUDE (2018). *Dosificador de cloro con bomba eléctrica.*

7.4.2. Dosificador artesanal por goteo

En el caso del hipoclorador por goteo, Tobías (2003) explica que su funcionamiento consiste en que se prepara una mezcla (salmuera) de agua y cloro en polvo y esta se aplica al agua del sistema por goteo y gravedad. El dispersor de cloro artesanal, una vez cargado, se sumerge entre el tanque de agua y de ahí el cloro se va diluyendo entre el agua hasta que el cloro se consume.

Tabla VII. **Materiales y accesorios para dosificador artesanal**

Materiales y equipos	Cantidad
Botella de plástico de un litro de capacidad	1 envase
Hilo para pescar resistencia a 15 kg de tracción	3 metros
Aguja hipodérmica número 16	1
Cloro en polvo al 65 %	½ libra
Grava fina de ¼ "	2 libras
Arena de río	1 libra

Fuente: Tobías (2003). *Evaluación del funcionamiento de un dispersor de cloro artesanal.*

7.4.3. Dosificador por pastilla

Para Sajcabun (2016) otro sistema es el alimentador automático de tricloro, que consiste en disolver tabletas de tricloro con el paso del agua. El alimentador de tricloro es un recipiente en forma de termo que alberga tabletas, cuyo tamaño depende directamente del caudal de agua y del consumo necesario de tabletas para mejorar la calidad sanitaria del agua.

Continúa agregando Sajcabun (2016) que el hipoclorador hidráulico se compone de un depósito con capacidad de 100 litros, utilizado para preparar la mezcla; requiriendo para su función dos válvulas plásticas de compuerta, una para drenaje y otra para controlar el paso de la mezcla a un segundo depósito más pequeño. Este segundo depósito con capacidad de 50 litros consta de las siguientes válvulas: una de flote que controla la entrada de la mezcla dosificada a dicho depósito; dos válvulas plásticas de compuerta, una para drenaje y la otra que hace funcionar el hipoclorador abriéndola o cerrándola, permitiendo el paso directo del flujo hacia el tanque de distribución; cuenta además con una válvula de paso, que gradúa el caudal de flujo dosificado necesario hacia el tanque de distribución.

7.5. Equipo para muestreo

La prueba más común según la Organización Mundial de la Salud (2019) es el indicador de DPD (dietil-para-fenil-diamina) mediante un kit de comparación. Esta prueba es el método más rápido y sencillo para evaluar el cloro residual. En esta prueba, se añade una tableta de reactivo a una muestra de agua, que la tiñe de rojo. La intensidad del color se compara con una tabla de colores estándar para determinar la concentración de cloro en el agua. Cuanto más intenso el color, mayor es la concentración de cloro en el agua.

7.5.1. Clorímetro

Equipo digital que se emplea para realizar las evaluaciones de fuentes de agua en el lugar donde se captura la muestra. El equipo posee calibración de fábrica con valores permisibles acerca del porcentaje que posiblemente sea encontrado en el agua.

7.6. Acciones preventivas dentro de la operación para la desinfección del agua

Se refiere al conjunto de acciones oportunas y adecuadas que deberán efectuarse dentro de las operaciones en el sistema en forma continua conforme a las especificaciones del diseño específico y cambios futuros propios del proceso.

7.6.1. Inicio del funcionamiento

El operador responsable de las actividades diarias deberá iniciar con la bomba, la cual debe ser cebada previo a iniciar operaciones, dependerá si la misma posee conexión eléctrica automática o se realizará de forma manual, además de considerar la altura de piso a suelo de donde pueda ser instalada.

Para el iniciar el funcionamiento de la bomba es necesario realizar los pasos previos siguientes:

- Pulsar el botón de arranque o de encendido.
- Al confirmar que la bomba está encendida, proceder para ajustar el reloj dosificar hasta el 100 % de capacidad.

- Para poder liberar el aire que posiblemente afecte el funcionamiento del dosificador, será necesario liberar la llave de paso dos o más veces con sentido de las agujas del reloj.
- Verificar en la manguera con conexión de la pichacha hacia la bomba deberá presentar flujo constante y sin interrupción.
- Luego que de liberar el sistema de aire o líquido no deseado puede procederse a cerrar la llave de paso y apagar la bomba.
- Fin del proceso.

7.6.2. Ajustes para inicio de operación

Se deberá ajustar inicialmente hacia la máxima capacidad del dosificador, la bomba posee un reloj de ajuste por medio del cual se gradúa la cantidad y la rapidez necesaria o deseada de la inyección del líquido dosificador.

7.6.3. Flujo de salida

La cantidad de solución dosificadora se determina por factores como: caudal, calidad de la fuente de agua y cantidad de personas que serán abastecidas. Este proceso utiliza la perilla del reloj de la bomba para ajustar de forma manual la cantidad de solución deseada.

7.6.4. Ajuste de rapidez de flujo

La rapidez de inyección la determina los golpes que el diafragma emite, cuantos más golpes son, la solución dosificada es colocada en la fuente de agua con mayor rapidez. Al igual que la cantidad, la rapidez se ajusta en el reloj de la bomba, pero de forma digital, donde se establece si el diafragma emitirá más o menos golpes, de acuerdo a los parámetros establecidos.

7.6.5. Calibración

La calibración del hipoclorador garantiza la aplicación de la cantidad óptima de producto y depende de tres factores:

- Características físicas de la solución dosificada.
- La dosis de cloro necesaria para obtener la concentración de cloro residual esperada al final de la red.
- El caudal de agua a desinfectar.

Al determinar la cantidad a inyectar se procede a:

- Realizar los ajustes correspondientes en el tablero de control, modificando la rapidez en los botones digitales.
- Modificación de la cantidad por medio de la perilla en el reloj de ajuste.

El cambio en la solución dosificadora durante el proceso puede ser ajustado, cuando se presenta alguna de estas situaciones:

- Fallas de la fuente que le da energía eléctrica al sistema, pudiendo provocar que el casquete de la bomba no esté lleno de solución dosificadora.
- Cuando la pichacha de succión, por alguna razón no se encuentra en posición totalmente vertical y afecta el proceso de dosificación exacta.

Para continuar su funcionamiento se debe asegurar que todo el sistema de dosificación esté lleno de la solución, y después de verificar que funciona correctamente al encender la bomba, se ajusta cantidad y rapidez de inyección.

7.7. Mantenimiento al sistema de distribución de agua

El mantenimiento puede ser preventivo, siendo este el destinado a la conservación del equipo mediante realización de revisiones y reparaciones que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad; puede darse el mantenimiento correctivo, donde consiste en localizar las averías o defectos para corregirse o repararse. Como todo aparato electromecánico el dosificador debe tener un proceso de mantenimiento para cada una de sus partes. Para asegurar que la bomba funcione en óptimas condiciones, (diafragma, cheques, punta de inyección) se recomienda que sean reemplazadas una vez cada año, de acuerdo a la condición de las mismas o a la frecuencia de uso que se le dé al dosificador.

7.7.1. Cambio de diafragma

Se realizan tareas secuenciales y con tareas de precedencia, los equipos electrónicos son altamente complejos, sensibles y frágiles, por lo que el trabajar con los mismos representa concentración y fijación especial al realizar las tareas de mantenimiento o de sustitución de piezas internas.

Figura 3.

Procedimiento para el cambio de diafragma

Para una bomba eléctrica

Liberar presión por medio de la llave de paso, vaciar y remover la manguera.

Colocar la pichacha de succión en agua o alguna otra solución neutral.

Encender la bomba para limpiar de líquido el casquete central, proceder a retirar la pichacha hasta que se llene de aire el casquete.

Retirar la manguera de succión, separando de sus cuatro tornillos el casquete.

Encender la bomba, colocar en cero la rapidez de inyección en el reloj de ajuste, apagar la bomba.

Para retiro del diafragma en malas condiciones, se debe girar en dirección opuesta de las agujas del reloj, evaluar el estado de las piezas y colocar el nuevo diafragma.

Encender la bomba para verificar el funcionamiento al máximo del diafragma, posteriormente apagarla.

Cerrar el casquete colocando sus cuatro tornillos, verificar que no se presenten fugas y mal cierre en su estructura.

Proceder a la calibración de la bomba.

Fuente: Crespo (2016). *Manual de operación y mantenimiento para el sistema de desinfección de agua potable por hipoclorador.*

7.7.2. Cambio de válvula de cheque

La importancia de las acciones requiere el mismo compromiso y concentración como el del cambio de diafragma.

Figura 4. Procedimiento para el cambio de válvula de cheque

Cambio de válvula de cheque	Liberar presión por medio de la llave de paso.
	Vaciar y remover la manguera.
	Colocar la pichacha de succión en agua o en alguna otra solución neutral.
	Encender la bomba para que un nuevo líquido limpie el casquete central.
	Al determinar que ya se eliminó toda la solución dosificadora del sistema se deberá sacar la pichacha del agua hasta que el casquete se llene de aire.
	Si el diafragma se encuentra roto o por alguna razón no sirve, se retira la manguera de succión, los cuatro tornillos del casquete y luego se coloca en agua.
	Retirar los empalmes y piezas que sostengan el cheque dañado, removerlo y realizar el cambio.
	Asegurarse que el cheque quede correctamente colocado y ensamblado.
	Cerrar el casquete con sus cuatro tornillos y calibrar.

Fuente: Crespo (2016). *Manual de operación y mantenimiento para el sistema de desinfección de agua potable por hipoclorador.*

7.7.3. Cambio de punta de inyección y filtro de succión

En la fase intermedia del mantenimiento se deberá realizar tareas de monitoreo, revisión y sustitución en el filtro de succión.

Figura 5. **Procedimiento para cambio de punta de inyección y filtro de succión**

Cambio de punta de inyección y filtro de succión	Separar la manguera de la punta de inyección o de la pichacha de succión y vaciarla en el tanque.
	Retirar la manguera de salida (se encuentra de la bomba hacia la fuente de agua) si es la punta de inyección o la manguera de entrada si es la pichacha de succión.
	Separar las partes de la punta de inyección o pichacha de succión y determinar cuáles deber ser reemplazadas: resorte, válvulas, cheques.
	Ensamblar las nuevas piezas de la punta de inyección o pichacha de succión.
	Verificar que la manguera que va de la bomba a la fuente de agua quede asegurada y bien colocada al igual que la manguera que sostiene la pichacha de succión y va a la bomba para luego calibrar.

Fuente: Crespo (2016). *Manual de operación y mantenimiento para el sistema de desinfección de agua potable por hipoclorador.*

Las acciones que se realizan en el cambio de punta de inyección requieren algo grado de concentración, ya que en la práctica las piezas son frágiles, pequeñas y comúnmente se encuentran mojadas.

7.7.4. Cambio de válvula de paso

Otra actividad crítica dentro del procedimiento de mantenimiento que requiere control práctico y concentración.

Figura 6. **Procedimiento para el cambio de válvula de paso**

Cambio de válvula de paso	Apagar la bomba.
	Asegurarse que todos los cheques estén bien colocados para que no permita el regreso de la solución dosificadora.
	Girar ligeramente la válvula para drenar agua y así liberar la presión acumulada, mantener la válvula abierta.
	Extraer la manguera de descarga del casquete.
	Mantener la manguera perpendicular al tanque hasta que la solución dosificadora se deposite en él.
	Retirar el tornillo y extraer toda la pieza de la válvula.
	Reemplazar los cheques que se encuentran dentro de la válvula.
	Introducir nuevamente toda la pieza y asegurarla con el tornillo respectivo.
	Cerrar la llave de paso, conectar la manguera y calibrar.

Fuente: Crespo (2016). *Manual de operación y mantenimiento para el sistema de desinfección de agua potable por hipoclorador.*

7.7.5. Limpieza general del sistema

Asegurarse de que cada una de las partes que fueron reemplazadas o removidas, queden bien colocadas, para no afectar el funcionamiento general de la bomba o causar daños en otras piezas fundamentales.

7.7.6. Equipo de protección personal

Es importante que en el proceso de mantenimiento, reparación o tareas preventivas de equipos electromagnéticos se porte el adecuado equipo de protección personal.

Figura 7. **Equipo de protección personal básico para las tareas de mantenimiento**



Fuente: Ramos (2018). *Gestión de los desechos sólidos en la cabecera municipal de Tejutla, departamento de San Marcos.*

7.8. Cuadro de problemas en operación

El mantenimiento recomendado dentro de un sistema de desinfección por medio de hipocloradores es preventivo para evitar daños mayores en el equipo. Cabe mencionar que pueden presentarse problemas por diferentes causas, aunque se le haya dado el mantenimiento adecuado a la bomba y sus elementos.

7.8.1. Bomba no funciona automáticamente

Los problemas de mayor frecuencia se presentan en la bomba generalmente.

Figura 8. Causas y acciones con el mal funcionamiento de la bomba

Causas	Acciones
<ul style="list-style-type: none">• Problemas con la corriente eléctrica, o botón de encendido.• Porcentaje del valor de salida no está configurado.• La pichacha de succión no está vertical en el fondo del tanque de solución dosificadora.• Fallas en el sistema de succión del hipoclorador.• Manguera de succión está enrollada o doblada.• Manguera de succión con aire.	<ul style="list-style-type: none">• Encenderla o revisar la corriente eléctrica.• Calibrar el porcentaje en el reloj de ajuste.• Corregir la posición de la pichacha y ajustar bien el tubo cerámico para contrapeso.• Verificar la distancia entre la bomba y la pichacha de succión (no mayor a metro y medio)• Enderazar la manguera y si fuese necesario, cambiarla.• Mantener el sistema totalmente vertical y si es necesario liberar en la llave de paso el aire.

Fuente: Delgadillo (2015). *Aqua purification systems*.

7.8.2. Fugas en mangueras

Las fugas en mangueras son los problemas más comunes y de mayor frecuencia que se encuentran en el sistema de bombeo, estas piezas se encuentran expuestas por lo que regularmente no poseen algún sistema de protección por lo que sufren roturas, desgastes y otros desgastes.

Figura 9. **Causas y acciones relacionadas a las fugas en mangueras**

Causas	Acciones
<ul style="list-style-type: none">•Las puntas de las mangueras están rotas.•Se afloja o se rompe la parte donde se conectan las mangueras.•Cheques están rotos.•Casquete de la bomba se corroe por la solución dosificadora.	<ul style="list-style-type: none">•Cortar una porción de las puntas de mangueras y reconectar.•Reemplazar si está roto. Apretar cuidadosamente sin utilizar llaves o instrumento que pueda romperlo.•Reemplazar los cheques.•Llevar a mantenimiento esta parte de la bomba.

Fuente: Delgadillo (2015). *Aqua purification systems*.

7.8.3. Mangueras tapadas

Es necesario verificar con una guía o línea de alambre si el recorrido interno de la manguera posee incrustaciones, sedimentos o cuerpos extraños que comprometan la circulación del agua, para lo cual es necesario ingresar la guía del alambre, en su extremo se deberá colocar algún trapo o *whipe* amarrado para abrir camino dentro de su recorrido con cuidado de no desprenderse.

7.8.4. Válvulas tapadas

Las válvulas por ser piezas mecánicas y móviles se deberán inspeccionar en cada evento de mantenimiento, ya que de lo contrario es poco viable desarmar la bomba para verificar el funcionamiento de las mismas. Las válvulas al presentar problemas en su funcionamiento es de mayor recompensa sustituirlas, al ser reparadas o corregidas se garantiza que trabajan eficientemente por un corto momento determinado, a diferencia de realizar su sustitución, estos equipos nuevos garantizan mayor tiempo de trabajo con menor probabilidad de error al hacer circular el agua o cualquier otro químico dentro de la solución preparada para mejorar la calidad del agua.

7.8.5. Punta de inyección y filtros tapados

Ya que estos forman parte de la red de distribución de agua, es común encontrar acumulación de incrustaciones, sedimentos, tierras sueltas, grava o cuerpos extraños, la relevancia del cuidado de los filtros es garantizar que el caudal necesario de agua fluya libremente para no forzar la bomba, las mangueras y la red en general de distribución de agua.

La punta de inyección por su forma cónica y estrechez en su parte posterior posee dificultad de acceso para el mantenimiento, por lo cual es necesario agregar químicos especiales que permita disolver las incrustaciones ocasionadas por calcio u otros elementos propios del agua.

Ante estas tareas de monitoreo y prevención es necesario diseñar un conjunto de acciones preventivas para que el sistema de inyección de agua no presente problemas en las puntas de inyección y en sus filtros por obstrucción, es algo muy común, pero requiere controles mínimos.

7.8.6. Flujo de salida bajo

El flujo de salida es el mejor indicador del buen funcionamiento del hipoclorador, ya que es la parte final del sistema de desinfección y la punta de inyección debe abastecer la cantidad de solución dosificadora adecuada a la fuente de agua.

Figura 10. Causas y acciones relacionadas con flujo de salida bajo

Causas	Acciones
<ul style="list-style-type: none">• La presión de descarga es menor a la presión de inyección.• Cheques están rotos o en mal estado.• Diafragma roto.• Reloj de ajuste configurado mal.• Manguera de salida es muy larga.	<ul style="list-style-type: none">• La presión de inyección no puede exceder la presión máxima de la bomba.• Reemplazar o arreglar los cheques.• Cambio de diafragma.• Calibrar o resetear la bomba.• Reestructurar el sistema.

Fuente: Delgadillo (2015). *Aqua purification systems*.

7.9. Marco legal

Ziccardi (2016) indica que las municipalidades (gobiernos municipales) deben cumplir con ciertas competencias y funciones establecidas en la ley, con el fin de representar las necesidades de los ciudadanos hacia otros niveles de gobierno, promoviendo así la democracia acaecida por la participación ciudadana, de donde se puede originar la naturaleza del dominio municipal en Guatemala, según lo establece el artículo 2 del Código Municipal.

Toda municipalidad o gobierno municipal se reconoce como la unidad básica de la organización territorial del Estado y espacio inmediato de participación ciudadana en los asuntos públicos, caracterizándose por sus relaciones permanentes de vecindad, multiétnicidad, pluriculturalidad, y multilingüismo, cuya organización es para realizar el bien común de todos los habitantes.

El ejercicio del gobierno del municipio corresponde con exclusividad al concejo municipal, dentro de lo cual se encuentra velar por la integridad de su patrimonio, garantizar sus intereses con base en los valores, cultura y necesidades planteadas por los vecinos, conforme a la disponibilidad de recursos (Código Municipal, artículo 33). Teniendo como premisa esta idea, se percibe al sector público como una organización que aprende y evoluciona constantemente, para mejorar ya sea con la implementación de un modelo de gerencia pública, reingeniería, o cualquier otra denominación que se quiera dar, siempre que tenga como fin brindar servicios públicos de calidad, apegados en el marco legal que rige sobre sus acciones, tareas y proyectos públicos.

7.9.1. Acuerdo Ministerial 523-2013

Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2013) considera que, de conformidad con el Código de Salud, se establecerán las normas vinculadas a la administración, construcción y mantenimiento de los servicios de agua potable para consumo humano, vigilando en coordinación con las municipalidades y la comunidad organizada, la calidad del servicio y del agua de todos los abastos para uso humano, sean estos públicos o privados. Se hace referencia de los artículos destacados e importantes en la investigación.

El Acuerdo Ministerial 523-2013, establece en sus artículos 1, 3, 7, 11, 14 y 18 el objeto del manual de especificaciones para la vigilancia y con control de la calidad del agua para consumo humano, hace referencia del uso de la Norma COGUANOR NTG 29 001 para efectos de vigilancia y control de la calidad del agua, además incluye valores de comparación para el agua, donde el agua será considerada apta para consumo humano cuando la concentración se encuentre entre cero punto cinco miligramos por litro (0.5 mg/L) y un miligramo por litro (1 mg/L).

Además establece la frecuencia necesaria para la vigilancia de cloro residual libre, el control de cloro residual libre y las características siguiente para los puntos de muestreo: a) al menos un punto en cada tanque de distribución; establecido a una profundidad de, entre treinta (30) y sesenta (60) centímetros, medidos a partir de la superficie del agua presente en el tanque al momento del muestreo; b) al menos tres puntos de la red de distribución, seleccionados aleatoriamente, de tal forma que dos de los puntos se encuentren en los extremos de la red, lo más distantes posibles.

7.9.2. Acuerdo Gubernativo 178-2009

Conforme al Acuerdo Gubernativo 178-2009 es importante aprovechar los recursos legales como una guía técnica hacia los objetivos buscados en la prevención y cuidado del agua destinada al consumo humano, por lo que se incorporan algunos artículos relevantes en el reglamento para la certificación de la calidad del agua para consumo humano en proyectos de abastecimiento.

El Acuerdo Gubernativo 178-2009 en sus artículos 1, 4, 6 y 11 muy acorde a la presente investigación establece que tiene como objeto establecer los criterios técnicos y administrativos aplicables al proceso de certificación de

calidad del agua para consumo humano, que toda persona individual o jurídica responsable de un proyecto de abastecimiento de agua para consumo humano, debe solicitar y obtener el certificado de calidad del agua para consumo humano, previo a su ejecución. Que toda inspección realizada por el área de salud deberá ser ejecutada en las fuentes de abastecimiento y el sitio donde se desarrollará el proyecto y finalmente, cuando los proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano ya estén ejecutándose, los responsables de estos, deberán equiparse y cumplir con los requisitos establecidos en los artículos 5 y 7 del propio reglamento.

7.9.3. Norma COGUANOR 29001

Promoviendo calidad en el abastecimiento del agua, así como en sus propiedades físicas, químicas y aptas para el consumo humano es prescindible incorporar aspectos importantes de la Norma COGUANOR 29001. Donde se establecen un conjunto de especificaciones importantes de involucrar en el proceso de clorificación y monitoreo de los puntos de toma de agua en el municipio de Oratorio. Campo de aplicación conforme la Norma COGUANOR 29001: esta norma se aplica a toda agua para consumo humano, destinada para alimentación y uso doméstico, que provenga de fuentes como: pozos, nacimientos, ríos, etc. El agua podrá estar ubicada en una red de distribución, en reservorios o depósitos. Se excluyen a las aguas purificadas envasadas y aguas carbonatadas, las cuales son cubiertas por normas específicas.

7.10. Capacitaciones

Para Ramos (2018) el personal que realice las actividades de recolección de muestras de agua, deberá estar capacitado en lo referente al uso de los equipos de protección personal básicos para estas actividades, manipulación de

los diferentes tipos de desechos, seguridad y salud ocupacional, actividades seguras con manejo de químicos, acciones seguras con el uso del cloro así como en la manipulación de los equipos eléctricos en diferentes puntos de recolección, a fin de evitar su deterioro y alargar el tiempo de vida útil.

Figura 11. **Proceso de capacitación**



Fuente: Ramos (2018). *Gestión de los desechos sólidos en la cabecera municipal de Tejutla, departamento de San Marcos.*

Por lo que Ramos (2018) indica que en la gestión de los desechos sólidos es importante capacitar al personal que será asignado a realizar tareas de monitoreo, muestreo, manejo de químicos, uso de cloro, lectura de dosificador entre otras tareas generales, haciendo una mención especial en la detección de necesidades, que será el medio por el cual se establezca el grado y nivel de experiencia que posee la persona que deberá ser asignada, de tal forma que así sea diseñado el programa de capacitación.

El diseño comprenderá los conocimientos generales que serán trasladados hacia el personal a capacitar, por lo que Ramos (2018) define la validación, como una etapa crítica en el proceso de capacitación donde se otorga el visto bueno por la autoridad competente. Además, establece que la aplicación será la forma en la que se desarrolle la capacitación, conforme a la evaluación y seguimiento se establece conoce como la parte final del proceso alcanzando los objetivos.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1. MARCO TEÓRICO
 - 1.1. Calidad del agua
 - 1.2. Parámetros de calidad
 - 1.2.1. Físico químicos
 - 1.2.2. Bacteriológicos
 - 1.2.3. Desinfección
 - 1.2.3.1. Desinfección preventiva
 - 1.2.3.2. Desinfección correctiva
 - 1.2.3.3. Elementos químicos para desinfección
 - 1.3. Propiedades del agente empleado para desinfectar el agua
 - 1.3.1. El cloro
 - 1.3.2. Propiedades físicas y químicas del cloro
 - 1.3.2.1. La química del cloro en la desinfección
 - 1.3.2.2. Ventajas y desventajas
 - 1.3.2.3. Presentaciones del cloro

- 1.4. Equipo para desinfección
 - 1.4.1. Dosificador por bombeo eléctrico
 - 1.4.2. Dosificador artesanal por goteo
 - 1.4.3. Dosificador por pastilla
- 1.5. Equipo para muestreo
 - 1.5.1. Clorímetro
- 1.6. Acciones preventivas dentro de la operación para la desinfección del agua
 - 1.6.1. Inicio del funcionamiento
 - 1.6.2. Ajustes para inicio de operación
 - 1.6.3. Flujo de salida
 - 1.6.4. Ajuste de rapidez de flujo
 - 1.6.5. Calibración
- 1.7. Mantenimiento al sistema de distribución de agua
 - 1.7.1. Cambio de diafragma
 - 1.7.2. Cambio de válvula del cheque
 - 1.7.3. Cambio de punta de inyección y filtro de succión
 - 1.7.4. Cambio de válvula de paso
 - 1.7.5. Limpieza general del sistema
 - 1.7.6. Equipo de protección personal
- 1.8. Cuadro de problemas en operación
 - 1.8.1. Bomba no funciona automáticamente
 - 1.8.2. Fugas en mangueras
 - 1.8.3. Mangueras tapadas
 - 1.8.4. Válvulas tapadas
 - 1.8.5. Punta de inyección y filtros tapados
 - 1.8.6. Flujo de salida bajo
- 1.9. Marco legal
 - 1.9.1. Acuerdo Ministerial 523-2013

1.9.2. Acuerdo Gubernativo 178-2009

1.9.3. Norma COGUANOR 29001

1.10. Capacitaciones

2. RECOLECCIÓN DE DATOS

2.1. Revisión documental de la teoría existente y marco teórico

2.2. Métodos y técnicas de recolección de datos

2.2.1. Procedimiento para la calibración de dosificador de cloro

2.2.2. Característica de la muestra

2.2.2.1. Procedimiento para la toma de muestra en el análisis de cloro residual

3. PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Propuesta de procesos y mantenimiento que se utilizará en la municipalidad para la desinfección de agua.

3.2. Resultados de muestras y parámetros de cloro residual en las distancias más lejanas de cada sistema.

3.3. Proceso de desinfección en cada tanque de distribución.

3.4. Discusión de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

ANEXOS

APÉNDICE

9. METODOLOGÍA

El desarrollo de la investigación a realizar se enmarca en un estudio con enfoque mixto cualitativo-cuantitativo, de diseño no experimental, con un alcance de tipo descriptivo.

9.1. Tipo de estudio

Se propone un alcance de tipo cuantitativo. La finalidad será establecer valores reales mediante mediciones de dosificación de cloro y así poder establecer algún parámetro de las variables de interés, las captaciones de pruebas serán medidas en partes por millón y versus los litros dosificados. Además, será descriptiva porque se espera describir el proceso a realizar mediante los análisis de las pruebas estudiadas las cuales se compondrán de dos tipos de desinfectantes, siendo esos el hipoclorito de calcio y el hipoclorito de sodio, en función de ellos se pretender determinar que desinfectante propondría ser la solución óptima en la desinfección del agua, fortaleciendo así los interés económicos de la población, además plantear una eficiencia en la desinfección del agua para el municipio de Oratorio.

9.2. Fases del estudio

La metodología propuesta para brindar una opción adecuada al problema en cuestión consistirá en cuatro fases principales, cuya elaboración permitirá cumplir con los objetivos planteados en esta investigación.

9.2.1. Fase uno: revisión documental de la teoría existente y marco teórico

Previo al desarrollo de la investigación, se procederá a la recolección selectiva de recursos bibliográficos, apoyándose en tesis de maestría, trabajos doctorales, artículos científicos y artículos localizados en internet. De los documentos y artículos de consulta permitirá argumentar el trabajo de investigación para poder así, sustentar los pasos a seguir con los cuales se permita brindar las soluciones a las necesidades identificables. Por medio de esta fase de apoyará en la obtención de datos con la observación directa, con entrevista semiestructurada a ciudadanos de la comunidad que posiblemente puedan apoyar en el desarrollo del contexto y selección del desinfectante idóneo, además de proporcionar el manual de operación y mantenimiento a implementar en el casco urbano del municipio de Oratorio, Santa Rosa.

9.2.2. Fase dos: métodos y técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos en este proceso, es necesario obtener una muestra representativa del agua, conforme un análisis químico sobre la cantidad presente de cloro dosificado en el agua.

9.2.2.1. Procedimiento para la calibración de dosificador de cloro

Ante la ausencia del procedimiento estandarizado en la municipalidad de Oratorio, se establece el protocolo eficiente y recomendado para evitar errores comunes en la toma de muestras y obtención de resultados, la intención de este procedimiento es otorgar una herramienta estandarizada que pueda ser empleada en todo momento por el personal.

- Revisión de manguera en posición vertical.
- Revisión de válvula de pie del dosificador, que no presente taponamiento o residuos del desinfectante.
- Validar que la válvula de pie este a 4 pulgadas de altura del fondo del depósito de cloro, para evitar la extracción de residuos presentes en la toma de la muestra.
- Realizar el ajuste correspondiente en el tablero del control digital, paralelamente haciendo las muestras con reactivo en la salida del caudal a distribuir.
- Guardar en la memoria del dispositivo digital los valores representativos en las futuras muestras de comparación.
- Fin del proceso.

9.2.2.2. Característica de la muestra

Con la recolección de muestra en puntos estratégicamente seleccionados, se procederá a la evaluación constante, el observador deberá portar una tabla apoya papel donde se colocará la hora con una tabla diseñada para recolectar la información, se presentará el valor o porcentaje presente de cloro como reactivo, la hora de la muestra y la ubicación del punto de interés. Se presentan otras características que pueden ser importantes en el desarrollo de la investigación.

9.2.2.2.1. Procedimiento para la toma de muestra en el análisis de cloro residual

Se propone el procedimiento de recolección de muestra para el análisis de cloro residual ante la ausencia del mismo en la municipalidad de Oratorio, Santa Rosa.

- Fuente y localización: la recolección de la muestra se realizará en los tanques de distribución del casco urbano del municipio en interés.
- Identificar el tanque de distribución a muestrear.
- Preparar el kit químico - reactivo para pruebas de cloro.
- Para el tipo de muestra, se utilizará el recipiente donde está incorporado el reactivo.
- Tomar muestra de agua y agregar 5 gotas de reactivo para cloro.
- Anotar las características según datos tomados en la tabla N.º 1.
- Desechar la muestra en el tanque de recolección.
- Limpiar el recipiente del kit químico – reactivo.
- Guardar el kit y continuar al siguiente punto de interés y volver hacer el mismo procedimiento para la toma de datos que se anotaran siempre en tabla N.º 1.

- Ya que el personal municipal realiza rondas y monitoreos se puede aprovechar la ruta preestablecida por los tanques que puedan ser dotadores de muestras, indicando en la municipalidad que dicha logística se puede realizar 4 veces al día laboral. Las evaluaciones a realizar serán para análisis químico y de cloro al mismo tiempo por cada tanque.
- Equipo de análisis de cloro, se utilizará con los reactivos conforme a una tabla de colores.
- Se propone estudiar un periodo no menor a 30 días calendario y no mayor a 45 días, así poder establecer datos históricos relevantes.
- El horario de toma de muestras de cloro será 8:00 a. m., 10:00 a. m., 12:00 a. m. y 4:00 p. m. para poder analizar la constante presente de dosificación de cloro.

Tabla VIII. **Matriz de recolección de datos para calibración de dosificación de cloro**

Ubicación del tanque					
Equipo para muestreo					
ÍTEM	8:00 a. m.	10:00 a. m.	12:00 p. m.	04:00 p. m.	Observaciones
cloro	<i>color</i>	<i>color</i>	<i>color</i>	<i>color</i>	
químico	<i>reactivo</i>	<i>reactivo</i>	<i>reactivo</i>	<i>reactivo</i>	
claridad	<i>lucidez</i>	<i>lucidez</i>	<i>lucidez</i>	<i>lucidez</i>	
turbidez	<i>opacidad</i>	<i>opacidad</i>	<i>opacidad</i>	<i>opacidad</i>	
olor	<i>bueno/malo</i>	<i>bueno/malo</i>	<i>bueno/malo</i>	<i>bueno/malo</i>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Matriz para recolección de datos en la calibración del dosificador de cloro**

Ubicación de tramo más lejano del tanque analizado:					
Equipo para muestreo					
ITEM	8:00 a. m.	10:00 a. m.	12:00 p. m.	04:00 p. m.	Observaciones
Cloro	<i>color</i>	<i>color</i>	<i>color</i>	<i>color</i>	
Químico	<i>reactivo</i>	<i>reactivo</i>	<i>reactivo</i>	<i>reactivo</i>	
Claridad	<i>lucidez</i>	<i>lucidez</i>	<i>lucidez</i>	<i>lucidez</i>	
Turbidez	<i>opacidad</i>	<i>opacidad</i>	<i>opacidad</i>	<i>opacidad</i>	
Olor	<i>Bueno/malo</i>	<i>Bueno/malo</i>	<i>Bueno/malo</i>	<i>Bueno/malo</i>	

Fuente: elaboración propia.

Con el desarrollo y propuesta de diseño de las tablas I y II, se pretende recabar información diaria conforme al monitoreo de los pozos de interés de la muestra, los valores futuros captados servirán para poder determinar la cantidad de cloro presente por cada espacio de tiempo monitoreado, paralelamente se podrá obtener el volumen de litros que fueron dosificados en algún punto A en la planta de tratamiento de agua, conforme a un periodo de tiempo establecido en que transcurre la dosificación y la toma de la muestra.

Conforme esa información se podrá determinar la capacidad de los tanques de almacenamiento que servirán para resguardar el volumen del químico desinfectante necesario en la desinfección del agua para el municipio, la proporción será necesaria para disponer de espacios adecuados, para evitar compras innecesarias del material que a futuro permita desinfectar el agua, hasta el momento no se puede establecer si será el cloro o el químico.

9.2.2.3. Métodos de análisis

Siguiendo el orden como indica la guía de SEGEPLAN, para la elaboración de proyectos de agua, es necesario tomar en cuenta la cantidad de viviendas y los habitantes hacia los cuales estaría enfocado el proyecto, con el fin de estimar la dotación necesaria para los usuarios. Además, se puede considerar oportuno contener las recomendaciones del INFOM, sobre la cantidad adecuada de suministro de agua hacia los usuarios, estableciendo un parámetro de 150 a 300 litros por habitante para cada día bajo la premisa de ser área urbana, a diferencia hacia las áreas rurales, donde recomienda la norma de poder acceder para cada habitante de 60 a 150 litros por día, para la cual también es necesario conocer la población futura para poder determinar (N) cantidad de litros de cloro para poder darle una buena desinfección conforme al crecimiento anual de la población y determinar los costos de compra del mismo.

Para el número de población futura se plantea utilizar la siguiente fórmula.

Ecuación I

Crecimiento poblacional geométrico

$$P_f = (P_o + i)^n$$

Donde

P_f= población futura

P_o= población inicial

i= tasa de crecimiento poblacional %

n = número de años en el futuro

La intención de utilizar dicha ecuación es para obtener un panorama real sobre la distribución actual permisible de agua para cada habitante del municipio, marcando un presente y el pronóstico de distribución generalizado hacia n años que permitirá mejorar las variables de interés.

Tabla X. **Matriz de censo de población por cada tanque de distribución**

Persona responsable de la toma de datos					
Equipo para muestreo			1.	Cubeta y cronómetro, 2. lapicero	
ITEM	8:00 a.m.	10:00 a.m.	12:00 pm	04:00 p.m.	Notas
N.º tanque	unidades				
N.º casas	unidades				
N.º personas	Estimación de personas presentes				
Caudal	Lt/s				
Olor	Buena/mala	Buena/mala	Buena/mala	Buena/mala	

Fuente: elaboración propia.

Ecuación II

Cálculo para la dotación

$$Q_m = \frac{P_o \times \text{dotación}}{86,400}$$

Donde

Q_m = caudal medio en litros por segundo (l/s)

P_o = población objeto actual

86,400 = factor para convertir el tiempo en día en segundos

La ecuación II representa el cálculo de caudal medio diario (Q_m), por medio del cual se puede establecer el abastecimiento conforme la oferta presente en el

municipio, de tal forma se fortalecerá el acondicionamiento y la mezcla homogénea de agua más el agente desinfectante.

Ecuación III

Cálculo de caudal máximo diario (QMD)

$$QMD = Qm \times FMD$$

Donde

QMD = caudal máximo diario en (l/s)

Qm = caudal medio diario en (l/s)

FMD = factor máximo diario

La ecuación III permitirá evaluar a futuro el caudal máximo de agua para abastecer los pozos donde se recolectarán las muestras de agua, además de establecer el caudal óptimo a establecer hasta el punto máximo de muestreo o de medición.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Para que se pueda cumplir cada objetivo planteado, correspondiente a una fase distinta del desarrollo de la investigación, es necesario auxiliarse de varias herramientas y técnicas que permitirán tratar y analizar la información recolectada de la manera adecuada para generar las conclusiones idóneas que reflejen lo que se logró con la elaboración del estudio.

De las técnicas a utilizar en este estudio, será de tipo descriptivo ya que se organizará y sintetizará la información recolectada en un determinado periodo de tiempo con la recolección de las muestras con las tablas I y II diseñadas, se prevé utilizar una muestra finita tomada con base al flujo de la información captada.

Dentro de los análisis que se emplearán, se encuentra el análisis gráfico y análisis con medidas de tendencia central de datos no agrupados. El primero es necesario para la modelación y manejo de los datos recolectados con los cuales se pretenderá mostrar gráficamente las tendencias en cuanto a la presencia de cloro o de agentes químicos por cada pozo en estudio. El segundo análisis será basado conforme las condiciones físicas, operativas y mecánicas del funcionamiento de los pozos.

Ecuación IV

Medida de tendencia central

$$\text{Media aritmetica } (x) = \frac{\sum x}{n}$$

Donde:

X= promedio

$\sum x$ = sumatoria de los datos recolectados

n= número de datos recolectados

Con la ecuación IV se podrá evaluar la matriz de datos captados a futuro, para un periodo de seis meses y analizar la tendencia por día, mes, trimestre y al final el semestre completo. Se emplearán otras técnicas que permitan fortalecer la investigación.

Otras herramientas a emplear para el análisis de datos:

- Análisis estratégico FODA hacia la empresa.
- Circulo DEMING para simular la implementación de planificación estratégica.
- Diagrama Ishikawa para evaluar diferentes causas del problema actual.
- Entrevista estructurada, dirigida una muestra específica de residentes cercanos a los pozos de estudio.

11. CRONOGRAMA

En el siguiente cuadro se presenta un cronograma preliminar sobre las actividades que se desean realizar en apoyo a la municipalidad del municipio Oratorio, del departamento de Santa Rosa.

Figura 12. **Cronograma de actividades**

	Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
1	Establecer procesos de aplicación con el equipo municipal						
2	Capacitar a los colaboradores						
3	Monitorear la dosificación de cloro						
4	Eficientar la dosificación de cloro						
5	Realizar pruebas de laboratorio						
6	Obtención de resultados						
7	Realización de informe final						

Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios del estudiante de maestría. Siendo la investigación descriptiva, se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

Tabla XI. **Recursos necesarios para la investigación**

Recurso	ÍTEM	Total
Recurso humano	Asesor	Q 2 500.00
Recursos materiales	Papelería y útiles	Q 2 000.00
Transporte	Vehículo y combustible	Q 2 000.00
Recursos tecnológicos	Análisis de laboratorio	Q 3 500.00
Equipo	Impresora	Q 1 500.00
	Total	Q 11 500.00

Fuente: elaboración propia.

Siendo los recursos aportados suficientes para la investigación, se considera que es factible la realización del estudio.

13. REFERENCIAS

1. Acuerdo Gubernativo 178-2009. *Reglamento para la certificación de la calidad del agua para consumo humano en proyectos de abastecimiento*. Guatemala, 30 de enero de 2009.
2. Acuerdo Ministerial N.º 523-2013. *Manual de especificaciones para la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano*. Guatemala 23 de octubre de 2013.
3. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (2018). *Dosificador de cloro con bomba eléctrica*. Perú: CONSUDE.
4. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2013). *Investigación sobre desinfección de agua para abastecimientos rurales en Argentina: investigación sobre desinfección de agua en abastecimientos rurales*. Argentina: Felipe Solsona.
5. CEPIS/OMS/OPS (2014). *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida*. Lima Perú: autor.
6. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2011). *Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala: beneficios potenciales y determinantes de éxito*. Santiago de Chile: Emilio Lentini.

7. Crespo, M. (2016). *Manual de operación y mantenimiento para el sistema de desinfección de agua potable por hipoclorador* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
8. Delgadillo, A. (2015). *Aqua purification systems*. México: Grupo Adriaga.
9. Escalona, H. (2013). *Ingeniería Ambiental*. México: Pearson.
10. García, H. (2011) *Environmental Science and Engineering*. México: Pearson.
11. Harrington, J. (2016) *Cómo incrementar la calidad productiva en su empresa*. Colombia: McGraw-Hill.
12. Hernández, D. (2017) *Diseño de un sistema de gestión para la prestación del servicio de agua potable, San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
13. Hernández, M. (2017) *Diseño de tanque de captación y tratamiento de agua, Casillas, Santa Rosa* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
14. Mejía, M. (2018) *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. Honduras: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

15. Metcalf, P. y Eddy, F. (2011). *Ingeniería de las aguas residuales, tratamiento vertido y reutilización*. Estados Unidos: McGraw-Hill.
16. Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001. *Agua para consumo humano (agua potable)*. Guatemala.
17. Organización Mundial de la Salud (2012). *Agua y saneamiento: opciones prácticas para vivir mejor*. Colombia: Álvarez Peralta.
18. Pacheco, R. (2014) *Análisis del sistema de reglamentación tarifario de la empresa Municipal de agua de Quetzaltenango EMAX* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
19. Palma, F. (2015). *Servicio de agua, saneamiento básico y su relación con los objetivos de desarrollo del milenio. Estudio de caso: Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
20. Quimiur, F. (2011). *Parlamento Europeo y del Consejo: químicas Urbanegas*. España: s.e.
21. Ramos, H. (2018). *Gestión de los desechos sólidos en la cabecera municipal de Tejutla, departamento de San Marcos* (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
22. Rincón, P. (2015). *Manual de referencia de la ingeniería medioambiental*. México: Pearson.

23. Sajcabum, J. (2016). *Ampliación del sistema de agua potable del municipio de Santo Domingo Xenacoj, departamento de Sacatepéquez* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
24. Tobías, G. (2003). *Evaluación del funcionamiento de un dispersor de cloro artesanal* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
25. Villegas, J. (1995). *Evaluación de la calidad de agua en la cuenca del Río Reventado, Cartago Costa Rica, bajo el enfoque de indicadores de sostenibilidad*. Costa Rica: Borneo.
26. Ziccardi, A. (2016). *La tarea de gobernar: gobiernos locales y demandas ciudadanas*. México: Miguel Ángel Porrúa.

14. APÉNDICE

Se presenta el apéndice de los materiales realizados en el transcurso de la investigación.

Apéndice 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

Propuesta e implementación de un manual de operación y Mantenimiento para el sistema de desinfección de agua en el Municipio de Oratorio, Departamento de Santa Rosa			
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA PRINCIPAL	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	JUSTIFICACIÓN
	PREGUNTA PRINCIPAL: ¿Cuál es el procedimiento actual en la desinfección de agua del municipio de Oratorio? PREGUNTAS SECUNDARIAS ¿Cuál es el procedimiento que se está aplicando para la desinfección y cuál es el equipo que se está utilizando? ¿Qué capacitación tendrá el personal contratado?	OBJETIVO GENERAL Elaborar un Manual para la correcta operación y mantenimiento en la desinfección de agua en el Municipio de Oratorio. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1. Evaluar y conocer el estado actual de las instalaciones óptimas para desinfección. 2. Emplear charlas y capacitaciones al personal contratado para realizar esta actividad. 3. Evaluar el impacto económico del proceso de desinfección.	PLAN DE ACCIÓN El siguiente trabajo de investigación tiene como objetivo, mitigar el porcentaje de enfermedades gastrointestinales a la población del casco urbano del Municipio de Oratorio, Santa Rosa, aplicando un eficiente método de desinfección para el agua potable. Se desarrollará un procedimiento manual de operación y mantenimiento para la buena desinfección del agua, así la Municipalidad tendrá las herramientas para capacitar a los encargados del área y a la vez economizando en la contratación de empresas privadas. Para que la siguiente investigación sea un éxito es necesario conocer el actual proceso, el equipo el tipo de químico desinfectante que se está utilizando, seguidamente analizar mediante muestreos constantes con químicos desinfectantes, luego tomar dos muestras de agua en la salida de cada tanque de distribución y llevarlas a un laboratorio para que sean analizadas estas dos muestras, las cuales serán: MUESTRA QUÍMICA Y BACTERIOLOGICA, y de igual forma se tomará otro tipo de muestra que conducirá en las partes más lejanas que conducen los distintos tanques de distribución, con esto estaríamos identificando la eficiencia del actual sistema de desinfección.
La deficiencia en la desinfección del servicio de agua en el Municipio de Oratorio, Departamento de Santa Rosa.	¿Cuáles es el impacto económico para la óptima desinfección del agua? ¿Cuáles son los análisis que están realizando para determinar de la calidad de agua?	Luego de haber logrado nuestros estudios QUÍMICOS Y BACTERIOLOGICOS procedemos a implementar un proceso con las distintas actividades necesarias para que ese método de desinfección sea eficiente en cada uno de los tanques de distribución, así crearemos el manual de operación y mantenimiento, involucrando al personal encargado del área de servicio de agua y al mismo tiempo damosle charlas de la importancia de la correcta operación y mantenimiento de los tanques, por medio de reactivos para la correcta cloración, capacitando al personal para el uso del equipo utilizado en los distintos tanques. Al haber hecho los estudios, la creación de los procesos y por ende su manual de operación y mantenimiento se analizará el impacto económico con la misma ayuda de la experiencia de los fontaneros, para conocer el tipo de hipoclorito que se acople al presupuesto designado por parte de la Municipalidad, esto es el más eficiente para que nuestro objetivo sea el esperado. Al momento de haber completado cada uno de los procesos mencionados y a la vez implementados se procederá nuevamente a realizar los mismos estudios mencionados, QUÍMICO Y BACTERIOLOGICO, con la finalidad de dejar calibrada la dosificación de nuestro hipoclorito, cumpliendo con los parámetros que rige el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.	El La realización de la presente investigación se justifica en la línea de Servicios Públicos, Mejoramiento de los Cloración en el sistema de agua potable del Municipio de Oratorio, Departamento de Santa Rosa de la Municipalidad de Ingeniería para el Desarrollo Municipal. Dicha Investigación ayudará a la gestión del sistema de cloración, brindando un mayor bienestar y mejoramiento a través de los distintos métodos, se podrá realizar y ejecutar un plan que lleva con ello la implementación de este sistema, favoreciendo al personal contratado para su ejecución y a la población en general, evitando que existan altos niveles de enfermedades que dañen la integridad de las personas.
			Cuando se realiza una acción se obtienen resultados o productos que pueden favorecer a la población; cuando en un municipio existe un sistema de cloración, con un buen uso y sobre todo con una buena práctica, se obtendrá esa seguridad de potabilidad para el agua que las personas consuman, teniendo la certeza y la confianza de lo que se está tomando, articulando esto con la disminución de enfermedades gastrointestinales y todas las que se derivan de la ingesta de agua contaminada. Con un sistema de cloración de agua potable ayuda a reducir enfermedades directamente a los pobladores, como se describe en el párrafo anterior, con la gran ventaja que no tiene edad o grupo específico a quien beneficia, ya que el agua es para consumo de todo ser humano y todo ser vivo. No existe un sistema de desinfección que asegure la calidad del agua para el consumo, ya que implementada esta herramienta se obtendrá un mejoramiento de la calidad de agua dando como resultado, mejorar la salud y la calidad de vida de los pobladores del casco urbano del Municipio de Oratorio, Departamento de Santa Rosa.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Plan de actividades**



Fuente. elaboración propia.