



**Organización  
Panamericana  
de la Salud**

Oficina Regional de la  
Organización Mundial de la Salud



**ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD  
(OPS/OMS)**

*Proyecto de Municipios y Comunidades Saludables*

**PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA (PSA) DEL SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL:**

*Casco urbano de la ciudad de Siguatepeque*

Tegucigalpa M.D.C  
Honduras, C.A.  
10 de febrero de 2012

## INSTITUCIONES Y ESPECIALISTAS PARTICIPANTES

---

### **Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS)**

Gina Watson

Representante de la OPS/OMS en Honduras

Ana Treasure

Asesora del Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental

Miguel Omar Montoya

Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental

Alex E. Padilla

Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental

José Patricio Díaz

Consultor OPS/OMS

### **Unidad Municipal Desconcentrada (UMD) Aguas de Siguatepeque**

Fernando Luis Villalvir

Gerente General

Manuel Alvarado

Jefe Operación y Mantenimiento

Oscar Cruz

Técnico Electro Mecánico

Cesar Noel Gutiérrez

Ing. Info. Civil

José Manueles

Fontanero

Rafael Domínguez

Fontanero

Baudelio Ríos

Operador de Válvulas

Luis Flores

Motorista

Carlos Hernández

Operador de Válvulas

David Over Carranza

Operador de Válvulas

### **Municipalidad de Siguatepeque**

Eduardo Oseguera

Alcalde Municipal

Carlos Leiva

Coordinador de UMA

Noé Mercado

Técnico en Regulación y Control

Napoleón Alcántara

Tesorero de COMAS

### **Otras Instituciones**

Alberto Molina

Cuerpo de Bomberos

Rubén Guevara

Cuerpo de Bomberos

Miguel Zelaya

Secretaría de Salud

Patrick Laux

Voluntario de Cuerpo de Paz

Kenary Portillo

UNICAH

Gustavo Portillo

UNICAH

Marvin Sánchez

UNICAH

Fernando Ferrada

UNICAH

Exmin Padilla

UNICAH

Randolph Torres

UNICAH

Resumen ejecutivo.....	i
Índice de cuadros, ilustraciones y fotografías.....	iii
Abreviaturas y siglas.....	v
Glosario de términos.....	vi
<b>I Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>II Objetivos.....</b>	<b>2</b>
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
<b>III Antecedentes y marco institucional-legal del sector agua potable y saneamiento de Honduras.....</b>	<b>3</b>
3.1 Antecedentes del Proyecto de Municipios y Comunidades Saludables.....	3
3.2 Marco institucional-legal del sector agua potable y saneamiento en Honduras.....	4
<b>IV Descripción básica del área de estudio.....</b>	<b>6</b>
4.1 Ubicación.....	6
4.2 Topografía.....	6
4.3 Clima.....	6
4.4 Población y vivienda.....	7
4.5 Hidrografía.....	7
4.6 Acceso.....	8
4.7 Educación.....	8
4.8 Actividades productivas.....	8
4.9 Saneamiento.....	8
4.9.1 Funcionamiento del sistema.....	9
4.9.2 Producción de aguas residuales.....	9
4.9.3 Cobertura.....	9
4.9.4 Colectores principales.....	9
4.9.5 Tratamiento.....	10
4.10 Agua potable.....	10
4.10.1 Organización vigente que brinda el servicio de agua .....	10
4.10.2 Recurso humano.....	11
4.10.3 Cantidad.....	11
4.10.4 Cobertura del servicio de agua.....	11
4.10.5 Continuidad del servicio de agua.....	12
4.10.6 Confiabilidad del servicio de agua.....	12
4.10.7 Calidad de agua suministrada.....	13
4.10.8 Estructura tarifaria vigente.....	13
4.10.9 Capacidades laborales en calidad de agua.....	13

4.11	Salud.....	13
4.11.1	Organización e infraestructura de salud.....	13
4.11.2	Estadística epidemiológicas en la ciudad de Siguatepeque.....	14
4.12	Residuos sólidos.....	14
<b>V</b>	<b>Método para la formulación del Plan de Seguridad del Agua.....</b>	<b>15</b>
5.1	Concepto del Plan de Seguridad del Agua.....	15
5.2	Objetivos del Plan de Seguridad del Agua.....	15
5.3	Beneficios del Plan de Seguridad del Agua.....	15
5.4	Componentes del Plan de Seguridad del Agua.....	16
5.4.1	Preparación.....	16
5.4.2	Evaluación del sistema.....	17
5.4.3	Monitoreo operacional.....	19
5.4.4	Gestión y comunicación.....	19
5.6	Socialización del Plan de Seguridad del Agua.....	19
<b>VI</b>	<b>Resultados del Plan de Seguridad del Agua.....</b>	<b>20</b>
6.1	Preparación.....	20
6.1.1	Conformación del equipo de trabajo del PSA.....	20
6.1.2	Identificación de organizaciones e instituciones involucradas en el PSA.....	21
6.1.3	Usos previstos del agua.....	22
6.1.4	Información general del sistema de abastecimiento de agua.....	22
6.1.5	Distribución de los subsistemas de agua.....	24
6.2	Evaluación del subsistema de abastecimiento de agua del Río Calan.....	25
6.2.1	Descripción del subsistema de abastecimiento de agua.....	25
6.2.2	Evaluación de peligros y caracterización de riesgos.....	31
6.2.3	Determinación de puntos críticos de control, medidas de control y acciones correctivas.....	36
6.3	Evaluación del subsistema de abastecimiento de agua del Río Guaratoro	43
6.3.1	Descripción del subsistema de abastecimiento de agua.....	43
6.3.2	Evaluación de peligros y caracterización de riesgos.....	48
6.3.3	Determinación de puntos críticos de control, medidas de control y acciones correctivas.....	52
6.4	Evaluación del subsistema de abastecimiento de agua de la Quebrada Chamalucuará.....	57
6.4.1	Descripción del subsistema de abastecimiento de agua.....	57
6.4.2	Evaluación de peligros y caracterización de riesgos.....	60
6.4.3	Determinación de puntos críticos de control, medidas de control y acciones correctivas.....	63
6.5	Evaluación de los cinco subsistemas de abastecimiento como: Pozo San Francisco (1), Pozos San Miguel II y IV (2), Pozo San Antonio (3), Pozo de los Bomberos (4) y pozos SANAA, San Juan, Zaragoza y La Fresera (5).....	67
6.5.1	Descripción de los subsistemas de abastecimiento de agua.....	67
6.5.2	Evaluación de peligros y caracterización de riesgos.....	70
6.5.3	Determinación de puntos críticos de control, medidas de control y acciones correctivas.....	73

6.6	Acciones indispensables que se recomiendan realizar de forma general para ocho subsistemas de abastecimiento de agua.....	78
6.7	Monitoreo operacional.....	78
6.7.1	Establecimiento de límites críticos.....	78
6.7.2	Establecimiento del sistema de monitoreo de las medidas de control, acciones correctivas y límites críticos.....	80
6.8	Gestión y comunicación.....	82
6.8.1	Plan de intervención (acciones correctivas, preventivas y nuevas inversiones) para el sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque.....	82
6.8.2	Plan de intervención en caso de emergencia para el sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque.....	95
6.8.3	Comunicación y documentación.....	95
6.8.4	Validación y verificación.....	95
6.9	Programas de apoyo.....	96
6.9.1	Programas y elementos de apoyo (en implementación) para el PSA.....	96
6.9.2	Programas y elementos de apoyo necesarios para el PSA.....	96
6.10	Retroalimentación.....	96
<b>VII</b>	<b>Conclusiones</b> .....	97
<b>VIII</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	99
<b>IX</b>	<b>Bibliografía</b> .....	101
<b>X</b>	<b>Anexos</b> .....	103
Anexo A	Metodología del taller de inducción para la planificación y formulación del PSA del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque.....	103
Anexo B	Cronograma de actividades para la planificación y formulación del PSA.....	105
Anexo C	Ficha de inspección sanitaria del abastecimiento de agua para consumo humano.....	106
Anexo D	Componentes dañados en planta de tratamiento Jaime Rosenthal.....	112
Anexo E	Listado de materiales para el mejoramiento del acueducto de Siguatepeque.....	115
Anexo F	Fotografías de los componentes de los subsistemas de las visitas de campo.....	118

El agua es un líquido de vital importancia para la vida y la salud de las personas, por esta razón es necesario el desarrollo de metodologías y mecanismos que realicen un planteamiento integral de evaluación y gestión de riesgos en los sistemas de abastecimiento de agua de las poblaciones, con el propósito de brindar un servicio con criterios de calidad y cantidad.

En atención al interés y a la solicitud planteada por el alcalde municipal de Siguatepeque, la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) decide brindar apoyo técnico para la formulación de un Plan de Seguridad del Agua (PSA) a través de la estrategia Municipios y Comunidades Saludables (MCS), con el fin de mejorar la calidad en la prestación del servicio de agua, mediante la reducción de la vulnerabilidad física, operativa y administrativa del sistema de abastecimiento del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque.

El Plan de Seguridad del Agua, está estructurado en varias secciones que incluyen objetivos, antecedentes, marco institucional-legal relacionado con el sector agua potable y saneamiento, descripción básica del área de estudio, método para la formulación del PSA, resultados del PSA (preparación, evaluación del sistema, monitoreo operacional, gestión y comunicación), conclusiones y recomendaciones.

El objetivo general del plan de seguridad del agua es asegurar que el agua distribuida por el sistema sea apta para el consumo humano, evitando y disminuyendo la posibilidad de ocurrencia de un riesgo o evento de contaminación del agua y posibles daños a la estructura física de los subsistemas de abastecimiento.

El equipo de trabajo que acompañó el proceso de formulación del PSA, está integrado por un grupo multidisciplinario con representantes de diferentes organizaciones e instituciones vinculados a la temática de agua y saneamiento (Aguas de Siguatepeque, Unidad Municipal Ambiental (UMA), Unidad de Supervisión y Control Local (USCL), Técnico en Regulación y Control (TRC), Universidad Católica de Honduras (UNICAH), Cuerpo de Bomberos, Técnico de Salud Ambiental (TSA), Comité Municipal de Agua y Saneamiento (COMAS), Cámara de Comercio y Oficina de la Mujer); las cuales intervienen directa o indirectamente en la gestión del recurso agua en el casco urbano de la ciudad de Siguatepeque. Cabe destacar que la empresa Aguas de Siguatepeque será la responsable de la implementación del PSA y el equipo antes mencionado tendrá a su cargo el monitoreo y supervisión del plan.

Para la aplicación de la metodología PSA, se dividió el sistema de abastecimiento de agua de la ciudad en ocho (8) subsistemas, que tienen los siguientes componentes: cuatro (4) obras de captación, trece (13) pozos, dos (2) plantas de tratamiento, ocho (8) tanques de almacenamiento y otro tanque que se encuentra en construcción.

A través de la recopilación y revisión de información secundaria se detalla para cada uno de los subsistemas, los diferentes componentes y características de los mismos; describiendo también los eventos peligrosos identificados durante la visita de campo realizadas. Así mismo se indican las medidas de control y acciones correctivas definidas por la caracterización de los peligrosos que pueden controlarse y los que necesitarán un monitoreo permanente.

Para realizar el monitoreo operacional, se proponen una serie de actividades y límites críticos, que permitirán evaluar si realmente las medidas de control y acciones correctivas han contribuido a la reducción de peligros en cada parte o componente de los ocho (8) subsistemas de abastecimiento de agua.

La ejecución del plan de intervención para el sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, requiere de apoyo financiero y técnico para la realización de acciones correctivas y preventivas, que permitan evitar, minimizar y eliminar riesgos asociados a los eventos que pudiesen afectar la calidad del agua o la estructura física de los componentes de los subsistemas.

Actualmente, los ingresos percibidos por la empresa prestadora del servicio de abastecimiento de agua permiten cubrir solamente con los gastos operativos sin contar con los recursos financieros necesarios para atender reparaciones mayores, sustitución de equipos u otro tipo de inversiones, lo que pone en riesgo la sostenibilidad operativa y administrativa del sistema de agua.

Se recomienda a la alcaldía municipal y a las COMAS realizar actividades de monitoreo para garantizar la sostenibilidad del PSA, y particularmente se sugiere que en caso que un miembro del equipo PSA fuese remplazado, este deberá ser nombrado por la organización que representa, siendo tarea del equipo la definición de funciones para la persona reemplazante y su incorporación en el mismo.

## ÍNDICE DE CUADROS, ILUSTRACIONES Y FOTOGRAFÍAS

<b>Índice de Cuadros</b>		
<b>Cuadro 3.1</b>	Leyes a la prestación de Servicios de Agua y Saneamiento	4
<b>Cuadro 4.1</b>	Registros pluviométricos de la ciudad de Siguatepeque	7
<b>Cuadro 4.2</b>	Número de clientes que reciben el servicio de agua por categoría	12
<b>Cuadro 4.3</b>	Frecuencia de casos de diarrea según edad en la población del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, periodo 2007 – 2011	14
<b>Cuadro 5.1</b>	Instrumentos utilizados para la elaboración del Plan de Seguridad del Agua	17
<b>Cuadro 6.1</b>	Información general y funciones de los miembros que conforma el equipo de trabajo del Plan de Seguridad del Agua del sistema de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque	20
<b>Cuadro 6.2</b>	Organización e instituciones involucradas en el Plan de Seguridad del Agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque	21
<b>Cuadro 6.3</b>	Información General de los Pozos de Aguas de Siguatepeque	22
<b>Cuadro 6.4</b>	Tamaño de los estratos de uso actual por cobertura para las zonas de recarga de las represa del Tablón dentro de la microcuenca del río Calan, Siguatepeque	25
<b>Cuadro 6.5</b>	Tamaño de los estratos de uso actual por cobertura para las zonas de recarga de las represa de La Porra, dentro de la microcuenca del Río Calan, Siguatepeque	26
<b>Cuadro 6.6</b>	Información general de la represa de captación El Tablón	26
<b>Cuadro 6.7</b>	Información general de la represa de captación de La Porra	27
<b>Cuadro 6.8</b>	Características de las líneas de conducción del subsistema del Río de Calan	27
<b>Cuadro 6.9</b>	Características de los tanques de almacenamiento del subsistema del Río Calan	29
<b>Cuadro 6.10</b>	Características de los pozos de Alcaravanes III y Macaruyá	29
<b>Cuadro 6.11</b>	Evaluación de peligro y caracterización del riesgo del subsistema de abastecimiento de agua del "Río Calan"	31
<b>Cuadro 6.12</b>	Determinación de puntos críticos de control (PCC), Medidas de Control y/o acciones correctivas en los componentes del subsistema de "Río Calan"	36
<b>Cuadro 6.13</b>	Tamaño de los estratos de uso actual por cobertura para la microcuenca del Río Guaratoro	43
<b>Cuadro 6.14</b>	Información general de la represa de captación de Guaratoro	44
<b>Cuadro 6.15</b>	Características de las líneas de conducción del subsistema de Guaratoro	44
<b>Cuadro 6.16</b>	Características de los tanques de almacenamiento del subsistema del Río Guaratoro	46
<b>Cuadro 6.17</b>	Características de los pozos La Curtiembre y ESNACIFOR	46
<b>Cuadro 6.18</b>	Evaluación de peligro y caracterización del riesgo del sistema de abastecimiento de agua de "Río Guaratoro"	48
<b>Cuadro 6.19</b>	Determinación de puntos críticos de control (PCC), medidas de control y/o acciones correctivas en los componentes del subsistema de "Guaratoro"	52
<b>Cuadro 6.20</b>	Información general de la represa de captación de Chamalucua	58
<b>Cuadro 6.21</b>	Características de las líneas de conducción del subsistema de la Quebrada Chamalucua	58
<b>Cuadro 6.22</b>	Características de los tanques de almacenamiento del subsistema de Chamalucua	59
<b>Cuadro 6.23</b>	Evaluación de peligro y caracterización del riesgo del subsistema de abastecimiento de agua de "Chamalucua"	60
<b>Cuadro 6.24</b>	Determinación de Puntos Críticos de Control (PCC), Medidas de Control y Acciones Correctivas en los componentes del subsistema de "Chamalucua"	63
<b>Cuadro 6.25</b>	Características de los pozos de los cinco subsistemas	68
<b>Cuadro 6.26</b>	Evaluación de peligro y caracterización del riesgo de los cinco (5) subsistemas de abastecimiento de agua	70

<b>Cuadro 6.27</b>	Determinación de Puntos Críticos de Control (PCC), Medidas de Control y/o acciones correctivas en los componentes de los cinco (5) subsistemas de abastecimiento de agua	74
<b>Cuadro 6.28</b>	Establecimiento del sistema de monitoreo de las medidas de control, acciones correctivas y límites críticos para los subsistemas de abastecimiento de agua	81
<b>Cuadro 6.29</b>	Plan de intervención para el sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque	83
<b>Cuadro 6.30</b>	Plan de intervención en caso de emergencia para el sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque	95
<b>Índice de Ilustraciones</b>		
<b>Ilustración 3.1</b>	Marco Legal en Honduras en relación agua y saneamiento	4
<b>Ilustración 3.2</b>	Marco Institucional concerniente a las funciones de cada institución referente a la prestación del Servicio de Agua y Saneamiento	5
<b>Ilustración 4.1</b>	Organigrama de la Unidad Desconcentrada que brinda el servicio de agua y saneamiento	10
<b>Ilustración 5.1</b>	Estructura metodológica del Plan de Seguridad del Agua	16
<b>Ilustración 5.2</b>	Matriz de evaluación y caracterización de riesgo	18
<b>Ilustración 5.3</b>	Determinación de Puntos Críticos de Control y Puntos de Control	19
<b>Ilustración 6.1</b>	Diagrama del subsistema de abastecimiento de agua del "Río Calan"	30
<b>Ilustración 6.2</b>	Diagrama del subsistema de abastecimiento de agua del "Río Guaratoro"	47
<b>Ilustración 6.3</b>	Usos Actual de Suelos de la Microcuenca de Chamaluca	57
<b>Ilustración 6.4</b>	Diagrama del subsistema de abastecimiento de agua de la "Quebrada	59
<b>Ilustración 6.5</b>	Diagrama de los cinco subsistema de abastecimiento de agua del "Pozo San Francisco (1), Pozos San Miguel II y IV (2), Pozo San Antonio (3), Pozo de los Bomberos (4) y Pozos SANAA, San Juan, Zaragoza y la Fresera (5)"	69
<b>Índice de Fotografías</b>		
<b>Fotografía 6.1</b>	Panorámica de la situación de la estructura del tanque Jaime Rosenthal Oliva 200,000 galones; la estructura tiene fugas de agua debido a que la pared tiene fisuras (filtraciones).	42
<b>Fotografía 6.2</b>	En la microcuenca de Guaratoro se encuentra impactada por deforestación y actividades agropecuarias (cultivo de maíz), aguas arriba de la represa, 2012.	51
<b>Fotografía 6.3</b>	En la línea de conducción del subsistema de Guaratoro, se encuentra tubería de PVC al descubierto	51
<b>Fotografía 6.4</b>	Durante la visita a una de las viviendas de la colonia Las Colinas N.1 se observo que el agua llega con mucha turbiedad	62
<b>Fotografía 6.5</b>	Durante la visita a las viviendas a la colonia Las Colinas N.1 se observo que las estructuras de almacenamiento sirven como sedimentadores, debido que el agua llega con mucha turbiedad y sedimento	62

## ABREVIATURAS Y SIGLAS

---

A y S	Agua y Saneamiento
APPCC	Análisis de Peligros en Puntos Críticos de Control
°C	Grados Centígrados
Cm	Centímetros
CONASA	Consejo Nacional de Agua Potable y Saneamiento
COMAS	Comité Municipal de Agua y Saneamiento
ESNACIFOR	Escuela Nacional de Ciencias Forestales
ENEE	Empresa Nacional de Energía Eléctrica
ERSAPS	Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento
FICHTNER	Empresa Consultora
FHIS	Fondo Hondureño de Inversión Social
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
HONDUTEL	Empresa Hondureña de Telecomunicaciones
HMO	Hidrometereológica Ordinaria
HG	Hierro Galvanizado
HFD	Hierro Fundido Dúctil
INE	Instituto Nacional de Estadística
ICF	Instituto de Ciencias Forestales
JAAS	Junta Administradora de Agua y Saneamiento
Km	Kilómetros
l/s	Litro por segundo
L.	Lempiras
M	Metro
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
Mm	Milímetros
Mz	Manzana
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
mg/ l	Miligramos por litro
MCS	Municipios y Comunidades Saludables
NTNPCAP	Norma Técnica Nacional Para la Calidad del Agua Potable
NTU	Unidades de Turbidez Nefelométricas
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PANACAM	Parque Nacional Cerro Azul Meámbar
PROMOSAS	Programa de Modernización del Sector Agua y Saneamiento
PRONORSA	Productos Norteños, S.A
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PCC	Puntos Críticos de Control
PVC	Cloruro de Polivinilo
PSA	Plan de Seguridad del Agua
RAS-HON	Red de Agua y Saneamiento de Honduras
SEFIN	Secretaría de Finanzas
SANAA	Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados
SCADA	Control de Supervisión y Adquisición de Datos
SERNA	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente
TSA	Técnico de Salud Ambiental
TRC	Técnico en Regulación y Control
USCL	Unidad de Supervisión y Control Local
UNICAH	Universidad Católica de Honduras
UMA	Unidad Municipal Ambiental
UAP	Unidad Administradora de Proyectos
UTM	Universal Transverse Mercator

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

---

<b>Acción Correctiva:</b>	Son acciones a ser tomadas que disminuyen a corto, mediano y largo plazo los riesgos significativos (minimizar, eliminar y prevenir la contaminación) presentes en un sistema de abastecimiento de agua potable, controlando a la vez otros riesgos menos importantes; se aplica cuando la vigilancia de un "Punto Crítico de Control" indica la pérdida de control.
<b>Agua Potable:</b>	Es toda agua que, empleada para ingesta humana, no causa daño a la salud y cumple con las disposiciones de valores guías estéticas, organolépticas, físicas, químicas, biológicas y microbiológicas emitidas por la "Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable".
<b>Agua Tratada:</b>	Corresponde al agua subterránea o superficial cuya calidad ha sido modificada por medio de procesos de tratamiento que incluyen como mínimo la desinfección.
<b>Antropogénicas:</b>	Normalmente se usa para describir contaminaciones ambientales en forma de desechos químicos o biológicos, como consecuencia de las actividades económicas o humanas.
<b>Análisis de riesgos:</b>	Es el proceso de reunir y evaluar información sobre peligros y condiciones que dan lugar a su presencia, para decidir cuáles son significativos para la seguridad del agua y deben por consiguiente, abordarse en el Plan de Seguridad del Agua.
<b>Bacterias coliformes:</b>	Familia de bacterias que tienen ciertas características en común y de importancia como indicadores de contaminación del agua y de los alimentos. Se encuentran en el intestino de animales de sangre caliente y en la naturaleza (suelo, vegetales, etc.).
<b>Biodiversidad:</b>	Comprende igualmente la variedad de ecosistemas y las diferencias genéticas dentro de cada especie, que permite la combinación de múltiples formas de vida, y cuyas mutuas interacciones del entorno fundamentan el sustento de la vida sobre el planeta.
<b>Calidad de Agua:</b>	Conjunto de características que describen los diferentes usos adecuados para el agua.
<b>Caudal:</b>	Cantidad de agua que circula por un río medida en litros por segundo ( $l/s$ ).
<b>Coliformes Fecales:</b>	Familia de bacterias que se encuentran en los intestinos de animales de sangre caliente e intestinos humanos. Su presencia es un buen indicador de contaminación del agua con heces fecales.
<b>Coliformes Totales:</b>	Familia de bacterias que se encuentran en las plantas, el suelo y los animales incluyendo los humanos. La presencia de coliformes en el agua indica que puede existir contaminación con desechos en descomposición. Es la suma de las coliformes fecales más otras bacterias coliformes que se encuentran presentes en la naturaleza.

<b>Control:</b>	(Sustantivo) El estado en que se aplican procedimientos correctos y se cumplen los criterios. (Verbo) En este documento significa tomar todas las medidas necesarias para garantizar y mantener el cumplimiento de los criterios establecidos en el Plan de Seguridad del Agua.
<b>Control de Calidad del Agua:</b>	Actividad sistemática y continua de supervisión de las diferentes fases de la producción y distribución de agua, según programas específicos que deben ejecutar los organismos operadores.
<b>Cuenca:</b>	Es un área de terreno delimitada por los bordes y las cumbres de montañas, de tal modo, que su interior tiene forma de cavidad, como un gran embudo. La cuenca recoge toda el agua de la lluvia y la transporta hacia un determinado punto a través de los ríos y quebradas.
<b>Cloro Residual:</b>	En sistemas de agua potable es el cloro remanente en el agua después de haber sido aplicado y haber reaccionado con diferentes compuestos en el agua. Su presencia en los sistemas de agua garantiza los procesos adecuados de desinfección.
<b>Desinfección del agua:</b>	Proceso de eliminación de bacterias y organismos patógenos en el agua. La desinfección del agua puede obtenerse a través de procesos físicos (ebullición) o químicos (cloro, yodo, ozono).
<b>Desviación:</b>	El incumplimiento de un límite crítico en este documento.
<b>Diagrama de flujo:</b>	Una representación sistemática de la secuencia de etapas u operaciones de la producción de un determinado producto de agua.
<b>Evaluación de los riesgos:</b>	Es la recolección y evaluación de la información, sobre los peligros y condiciones que dan lugar a los mismos, para definir cuáles son significativos para la seguridad del agua, y deben, por consiguiente, abordarse en el Plan de Seguridad del Agua.
<b>Ente Regulador:</b>	Responsable de propiciar el entendimiento y aplicación de los principios sobre calidad de prestación, tarifas, participación ciudadana, protección ambiental, derechos y obligaciones de usuarios, y derechos y obligaciones de las Juntas de agua.
<b>Especies:</b>	Clasificación que diferencia las plantas entre sí o los animales (determinación taxonómica de los seres vivos).
<b>Etapas:</b>	Un punto, procedimiento, operación o fase en la cadena de suministro de agua, incluido en el de las materias primas, de la producción primaria a la exposición final.
<b>Evaluación de riesgos:</b>	Es la recolección y evaluación de la información, sobre los peligros y condiciones que dan lugar a los mismos, para definir cuáles son significativos para la seguridad del agua.
<b>Evento peligroso:</b>	Es aquel que ocasiona la introducción de un peligro o contaminante a un sistema de abastecimiento de agua.
<b>Excretas:</b>	Residuos sólidos producto del metabolismo de un organismo.

<b>Identificación de Peligros:</b>	Proceso a partir de la información de la operación del sistema y el diagnóstico que se le haga al mismo; para determinar cuál podría ser una causa de riesgo.
<b>Límite Crítico:</b>	Es un valor que permite distinguir si una situación es aceptable o inaceptable.
<b>Mancomunidad:</b>	Asociación de municipios legalmente constituidos para resolver problemas comunes.
<b>Medida de Control:</b>	Cualquier medida usada para evitar, eliminar o reducir hasta un nivel aceptable, un peligro para la seguridad del agua.
<b>Microcuenca:</b>	Formada por un pequeño río o riachuelo tributario de una subcuenca, es la unidad mínima de planificación dentro de una cuenca, debido a su pequeña extensión territorial.
<b>Monitoreo:</b>	En este documento son observaciones y controles ambientales, y mediciones de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para evaluar si el agua cumple con los criterios de calidad para consumo humano.
<b>Organismo Operador:</b>	Instituciones, empresas o entidades en general directamente encargadas de la operación, mantenimiento y administración de sistema de suministro de agua para consumo humano.
<b>Peligro:</b>	La presencia en el agua de un agente biológico, químico, físico, o radiológico, o un estado del agua, con capacidad de ocasionar un efecto adverso sobre la salud.
<b>Punto de Control:</b>	Es una etapa en el sistema de agua, donde se puede aplicar una medida de control para prevenir o eliminar un peligro para la seguridad del agua potable.
<b>Puntuación del riesgo:</b>	La puntuación asignada a un peligro basándose en el proceso de análisis de riesgos.
<b>Plan de Manejo:</b>	Planificación que representa el orden en que se ejecutarán acciones.
<b>Residuo:</b>	Material de desecho que queda después de producir o consumir algo.
<b>Riesgo:</b>	Es la probabilidad de que los peligros identificados ocasionen daños a las poblaciones expuestas en un plazo temporal especificado, incluida la magnitud del daño o de sus consecuencias.
<b>Sistema de agua potable:</b>	Conjunto de componentes construidos e instalados para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir agua a los clientes. En su más amplia acepción comprende también las cuencas y acuíferos.
<b>Sistema de vigilancia:</b>	Garantiza el funcionamiento del Plan de Seguridad del Agua con el monitoreo del cumplimiento de las acciones correctivas, haciendo auditoría de las actividades en la operación de los sistemas y por último en la satisfacción de los beneficiarios.
<b>Socialización:</b>	Es el proceso mediante el cual los individuos pertenecientes a una sociedad o cultura aprenden e interiorizan un repertorio de normas, valores y formas de percibir la realidad.

<b>Validación:</b>	Para este informe son fuentes de información que comprueban que los Planes de Seguridad del Agua, permiten cumplir las metas relativas a la calidad del agua.
<b>Sub cuenca</b>	Está constituida por varios ríos tributarios que van a dar a un cauce principal, formando una unidad territorial de menor superficie que la cuenca.
<b>Valor máximo admisible:</b>	Corresponde a aquella concentración de sustancias o densidad de bacterias a partir de la cual existe rechazo por parte de los consumidores o surge un riesgo inaceptable para la salud. El exceder estos valores implica la toma de acciones correctivas inmediatas.
<b>Verificación:</b>	En este documento comprueba si el sistema está suministrando agua con la calidad deseada y si el Plan de Seguridad del Agua está aplicando en la práctica, métodos, procedimientos, pruebas y evaluaciones para determinar el cumplimiento del mismo.
<b>Vulnerabilidad:</b>	Estado de riesgo que afecta o compromete el funcionamiento óptimo del sistema de agua potable.

## I. INTRODUCCIÓN

---

Un municipio inicia el proceso de ser saludable, cuando sus líderes políticos, organizaciones locales y ciudadanos en general se comprometen e impulsan acciones de mejora continua y progresiva para lograr cambios en las condiciones de salud y calidad de vida de todos sus habitantes.

La calidad del agua potable tiene una incidencia directa en la salud de la población, considerando que en la mayoría de los países latinoamericanos incluyendo Honduras, las tasas de enfermedades de transmisión hídrica van en aumento cada año; por esta razón es necesario la implementación de metodologías y estrategias que permitan garantizar agua apta para consumo humano.

Desde el 2010, el Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental de la OPS/OMS en Honduras, impulsa y promueve la estrategia Municipios y Comunidades Saludables (MCS) a nivel de los gobiernos locales. En concordancia con esta iniciativa, el alcalde del municipio de Siguatepeque Eduardo Oseguera solicitó apoyo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), para explorar posibilidades de obtener cooperación técnica para este municipio.

En atención al interés y a la solicitud planteada por el alcalde, la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) decide brindar apoyo técnico para la formulación de un Plan de Seguridad del Agua (PSA), con el fin de mejorar la calidad en la prestación del servicio de agua, mediante la reducción de la vulnerabilidad física, operativa y administrativa del sistema de abastecimiento del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque.

El Plan de Seguridad del Agua, es un instrumento técnico orientador que permitirá al equipo de trabajo del PSA y a actores claves; dirigir esfuerzos orientados hacia el logro del objetivo general del mismo, el cual consiste en "Asegurar las buenas prácticas de abastecimiento de agua de consumo humano a través de la eliminación o minimización de la contaminación de las fuentes, mediante medidas de prevención y tratamiento de la contaminación, desde las represas de captación, plantas de tratamiento, línea de conducción, almacenamiento, distribución y manipulación del agua a nivel intradomiciliario" con el propósito contribuir a la salud y bienestar de la población.

El Plan de Seguridad del Agua, está estructurado en varias secciones que incluyen objetivos, antecedentes y marco institucional- Legal relacionados con el sector agua potable y saneamiento al igual que una descripción básica del área de estudio, método para la formulación del PSA, resultados del PSA (preparación, evaluación del sistema, monitoreo operacional, gestión y comunicación) conclusiones y recomendaciones.

### 2.1 Objetivo General

Formular el Plan de Seguridad del Agua (PSA), del sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, aplicando la metodología de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de Planes de Seguridad del Agua, basados en los lineamientos y principios de la estrategia Municipios y Comunidades Saludables, con el propósito de garantizar sistemáticamente la seguridad y aceptabilidad del agua de consumo suministrada a la población.

### 2.2 Objetivos Específicos

1. Socializar a los actores locales el alcance de la Estrategia Municipios y Comunidades Saludables y metodología Planes de Seguridad de Agua.
2. Capacitar a actores claves vinculados a la temática del agua y saneamiento del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, en la metodología de Planes de Seguridad del Agua (PSA).
3. Conformar el equipo de trabajo del Plan de Seguridad del Agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, mediante la incorporación de personas del servicio de abastecimiento de agua y organizaciones e instituciones interesadas en la calidad del agua.
4. Recopilar y revisar información secundaria existente sobre consultorías, planes municipales, diagramas del sistema de abastecimiento de agua (mapas, planos croquis), análisis de calidad del agua, y otros de importancia en esta temática.
5. Realizar un diagnóstico de las fuentes superficiales y subterráneas del sistema de abastecimiento de agua potable (desde la cuenca de captación hasta consumidores finales) del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, mediante la identificación de eventos peligrosos y riesgos que puedan afectar la seguridad del sistema de abastecimiento de agua.
6. Establecer medidas de control en los puntos donde exista un riesgo significativo.
7. Elaborar un plan de intervención (acciones correctivas) del sistema de abastecimiento de agua, conjuntamente con el equipo de trabajo del PSA, planificadas en un tiempo de ejecución a corto, mediano y largo plazo con un estimado de costo.
8. Socializar el Plan de Seguridad del Agua, a través de una asamblea, con el equipo de trabajo del PSA, Aguas de Siguatepeque, autoridades municipales, Comisión Municipal de Agua y Saneamiento (COMAS), Secretaría de Salud, Unidad de Supervisión y Control Local (USCL), Unidad Municipal Ambiental (UMA), Cuerpo de Bomberos, pobladores, patronatos y Organizaciones e instituciones encargadas de la operación, mantenimiento, control y vigilancia de la calidad del agua que se brinda.

### **III. ANTECEDENTES Y MARCO INSTITUCIONAL- LEGAL DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN HONDURAS**

---

#### **3.1 Antecedentes del Proyecto de Municipios y Comunidades Saludables**

A partir de 1991, la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS), impulsa la estrategia denominada "Municipios y Comunidades Saludables (MCS)", con la misión de fortalecer la ejecución de las actividades de promoción y protección de la salud en el ámbito local, colocando la promoción de la salud como la más alta prioridad de la agenda política; involucrando a las autoridades del gobierno y a la comunidad, fomentando el diálogo y compartiendo conocimientos y experiencias; así como, estimulando la colaboración entre los municipios y comunidades.

El objetivo de los MCS es promover la salud, junto con las personas y las comunidades en los espacios donde se estudia, trabaja, juega y vive. La estrategia de MCS es parte de un proceso global de democratización y descentralización que apoya las iniciativas locales, bajo el marco de la gestión local y la participación comunitaria. Un municipio empieza el proceso de ser saludable cuando sus líderes políticos, organizaciones locales y ciudadanos se comprometen y dan inicio al proceso de mejorar continua y progresivamente las condiciones de salud y calidad de vida de todos sus habitantes, formando y fortaleciendo un pacto social entre las autoridades locales, las organizaciones comunitarias y las instituciones del sector público y privado. Este usa la planeación local como instrumento básico e incluye la participación social en el manejo, evaluación y proceso de toma de decisiones.

Una municipalidad se convierte en saludable, cuando se establece un compromiso formal para implementar un plan de acción de desarrollo sostenible, para mejorar las condiciones sociales a largo plazo con metas para garantizar la salud y la calidad de vida de todos aquellos que viven en un ambiente determinado. La estrategia de MCS, es básicamente un proceso que requiere determinación y un fuerte apoyo político, así como un gran nivel de participación y acción por parte de las comunidades.

A partir del 2010, el Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental de la OPS/OMS en Honduras, impulsa y promueve la estrategia MCS a nivel de los Gobiernos Locales. En concordancia con esta iniciativa, el alcalde Eduardo Oseguera solicitó apoyo a la Representante de la OPS/OMS, Dra. Gina Watson, para explorar posibilidades de obtener cooperación técnica para el municipio de Siguatepeque.

En atención a la solicitud planteada y considerando el interés del alcalde, surgió la idea de implementar la estrategia MCS en esa área geográfica, a través del desarrollo de una serie de acciones interrelacionadas que incluyen la aplicación de metodologías vinculadas a la estrategia, que serán asumidas formalmente por la autoridad local, como es el caso la formulación del Plan de Seguridad del Agua del sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque.

### 3.2 Marco Institucional-Legal del Sector Agua Potable y Saneamiento en Honduras

Honduras cuenta con un marco institucional y legal muy amplio referente al sector agua potable y saneamiento; sin embargo hay que mencionar que este contexto, es relativamente nuevo, e incluye diferentes grados de jerarquía, con un alcance emitido por varias instituciones.

Como en muchas otras áreas de la legislación nacional, la aplicación del marco legal por los entes estatales y los gobiernos locales se da de forma aislada pues se tiene una visión sectorial más que integral de funciones y competencias. En este sentido, los avances y mejoras surgen al establecer y separar las responsabilidades las cuales son especificadas en la Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento emitida en el año 2003.

La ilustración 3.1 muestra la estructura legal relacionada al sector agua potable y saneamiento en Honduras, haciendo una relación de los aspectos generales y específicos, teniendo como ley primaria la Constitución de la República, seguido por el Código de Salud, Ley Marco de Sector Agua Potable y Saneamiento, Reglamentos de Salud Ambiental, Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable, Reglamento de Organización, Funcionamiento y Competencias del Poder Ejecutivo, Ley General del Ambiente y sus Reglamentos, Ley de Municipalidades, Ley Constitutiva del Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA), Reglamentos de Juntas Administradoras de Agua; destacando que todas estas leyes regulan y establecen condiciones de manejo para el sector de Agua Potable y Saneamiento.



**Ilustración 3.1** Marco Legal en Honduras en relación agua y saneamiento (Fuente: ERPSAPS, 2009).

El cuadro 3.1 presenta las Leyes de regulación referente a la prestación del Servicio de Agua y Saneamiento.

**Cuadro 3.1** Leyes a la prestación de Servicios de Agua y Saneamiento

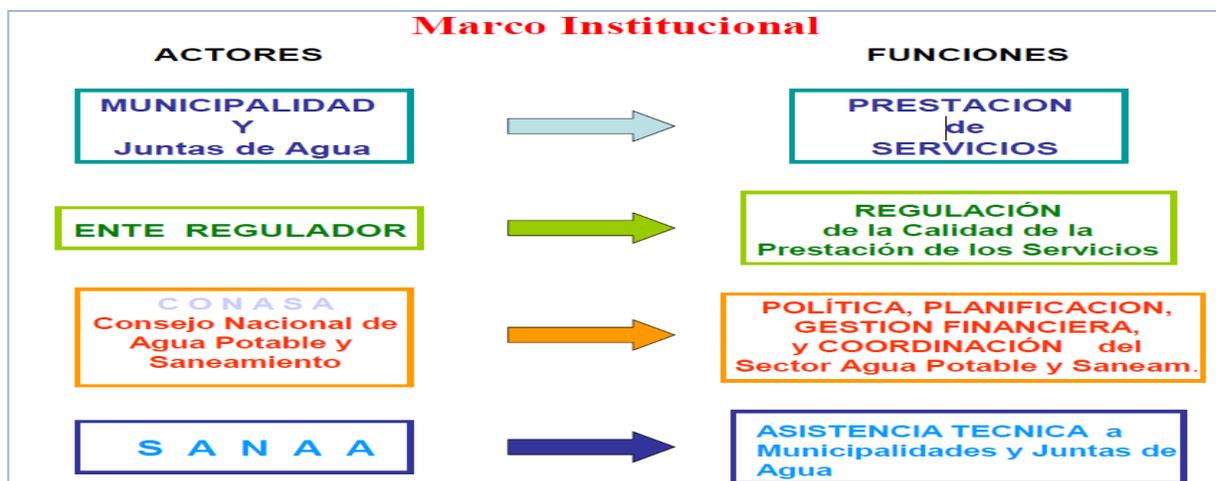
Nombre del instrumento	No. de Instrumento
Ley General de la Administración Pública	Decreto No. 146-86 del 27 de octubre de 1986
Reglamento de Organización, Funcionamiento y Competencias del Poder Ejecutivo	Acuerdo Ejecutivo No. 008-97
Ley General del Ambiente	Decreto No. 104-93 del 27 de mayo de 1993
Reglamento General de la Ley del Ambiente	Acuerdo No. 109-93 del 290 de diciembre de 1993
Ley Constitutiva del Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados	Decreto No.91 del 26 de abril de 1961

Continuación cuadro 3.1

Nombre del instrumento	No. de Instrumento
Ley de Municipalidades	Decreto 134-90 del 29 de octubre de 1990
Reglamento General de la Ley de Municipalidades	Acuerdo No.018-93 del 01 de febrero de 1993
Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento	Decreto No. 118-2003, 8 de octubre de 2003
Reglamento General de la Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento	Acuerdo No.006 del 3 de febrero de 2004
Ley General de Agua	Decreto No. 181-2009
Ley del Plan de Nación	Decreto No. 286-2009
Código de Salud	Decreto No. 65-91
Reglamento General de Salud Ambiental	Acuerdo No. 0094
Norma Técnica Nacional Para la Calidad del Agua Potable	Acuerdo No. 084
Normas Técnicas de las Descargas de Agua Residuales a Cuerdos Receptores y Alcantarillado Sanitario	Acuerdo No.058 de la Secretaria de Salud del 9 de abril de 1996, vigente desde el 13 de diciembre de 1997.
Reglamento de Juntas Administradoras de Agua	Emitido por el ERSAPS en junio de 2006, publicado en La Gaceta No. 31-092 del 29 de agosto de 2006.

Fuente: ERPSAPS, 2009

**Ilustración 3.2** Marco Institucional concerniente a las funciones de cada institución referente a la prestación del Servicio de Agua y Saneamiento



Fuente: ERPSAPS, 2009.

A otras instituciones como la Secretaría de Salud le concierne la coordinación, ejecución y evaluación de las políticas relacionadas con la protección, promoción o fomento, prevención, preservación, restitución y rehabilitación de la salud de la población,... el control sanitario de los sistemas de tratamiento, conducción y suministro del agua para consumo humano, lo mismo que de las aguas pluviales, negras y servidas y la disposición de excretas.

La Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), tendrá las competencias fundamentales siguientes: lo concerniente a la formulación, coordinación, ejecución y evaluación de las políticas relacionadas con protección y aprovechamiento de los recursos hídricos,.... Así como los servicios de investigación y control de la contaminación en todas sus formas.

## **IV. DESCRIPCIÓN BÁSICA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

---

Para el desarrollo del Plan de Seguridad del Agua, se requiere información general del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, es decir del área de estudio la cual permitirá contar con una perspectiva del contexto local como la ubicación geográfica, población, educación, servicios básicos, salud, vivienda etc.

### **4.1 Ubicación**

La ciudad de Siguatepeque, cabecera del municipio de Siguatepeque, departamento de Comayagua, se encuentra ubicada en la región central de la República de Honduras, en el altiplano del mismo nombre, a 115 kilómetros (km) a orilla de la carretera pavimentada que desde Tegucigalpa conduce a San Pedro Sula; entre los 14° 30' y los 14° 40' latitud norte y entre los 87° 45' y los 87° 55' longitud oeste. Así mismo la ciudad de Siguatepeque colinda: al norte con los municipios de Meámbar y Taulabé; al sur con los municipios de Jesús de Otoro y el Rosario; al este con los municipios de Meámbar y el Rosario y al oeste con los municipios de Jesús de Otoro, San José de Comayagua y Taulabé. (Plan Maestro SEFIN/UAP-AIF-4335-HO No. 01-2008, 2009:7).

### **4.2 Topografía**

El municipio de Siguatepeque tiene una extensión territorial aproximada de 393 Km<sup>2</sup>, lo que representa aproximadamente el 0.35 % del territorio nacional. El casco urbano de la ciudad de Siguatepeque tiene una superficie aproximada de 4,105.9 hectáreas (ha).

La topografía de la ciudad es relativamente plana, con pendientes en los extremos noroeste y oeste, con una elevación que oscila entre los 1,000 y 1,100 metros sobre el nivel del mar (msnm). De acuerdo a la geomorfología que presenta el municipio de Siguatepeque, se observa un sistema de montañas que rodean el altiplano, lo cual define claramente dos provincias fisiográficas: la del altiplano en el centro y la provincia montañosa que se extiende alrededor del altiplano y al norte de las montañas del Parque Nacional Cerro Azul Meámbar (PANACAM). (Plan Maestro SEFIN/UAP-AIF-4335-HO No. 01-2008, 2009:8).

### **4.3 Clima**

Esta ciudad se ubica en la región central del país, en una meseta que posee una altura media de 1,050 msnm. En la ciudad y en la región en general, su clima es in tramontano; agosto y septiembre constituyen los meses más lluviosos del año febrero y marzo los de menor aportación pluvial. El lapso lluvioso se extiende entre principios de mayo y finales de octubre. No obstante, entre mediados de julio y mediados de agosto se observa una reducción en la lluvia, situación asociada a la llamada canícula que se observa en la mayor parte del territorio; sin embargo, su carácter es menos severo que en el sur del país.

La temporada seca abarca desde noviembre hasta abril; en términos promedio, el total de lluvia recibido en este lapso no excede el 15 % de la lluvia total anual que en los mismos términos alcanza los 1150 mm en la ciudad.

En la ciudad de Siguatepeque está ubicada la estación Hidrometeorológica Ordinaria (HMO), ubicada en los predios de la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR) y que pertenece a la Dirección General de Recursos Hídricos de la Secretaría del Ambiente.

Los promedios mensuales de lluvia obtenidos de los registros de esta estación climática son los siguientes cuadro 4.1.

**Cuadro 4.1** Registros Pluviométricos de la Ciudad de Siguatepeque

ESTACIÓN SIGUATEPEQUE LLUVIA PROMEDIO MENSUAL (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
22.6	18	11.8	38	14.1	185.3	132.2	163.4	206.2	147.3	54.1	31.6	1024.60

*Tomado de la Dirección General de Recursos Hídricos (media de los años de 1978 a 1999)*

La humedad relativa promedio anual es de los 76.9 %, con promedios de los 67 a los 72 % en los meses de abril y mayo y alrededor de los 83% en los meses de octubre y noviembre. La evapotranspiración potencial anual se estima en 1248 mm.

Los frentes fríos procedentes del norte, pierden su influencia original antes de llegar a la región de Siguatepeque, reduciéndose la precipitación y la nubosidad durante su influencia, es decir, en el período entre mediados de octubre y mediados de enero. (Plan Maestro SEFIN/UAP-AIF-4335-HO No. 01-2008, 2009:9).

## 4.4 Población y Vivienda

La población de la ciudad de Siguatepeque para el año del 2008, se estimó en 50,733 habitantes, dato proyectado por el INE, con una tasa de crecimiento del 2.69% entre los años 2001 al 2008, lo que significa una población promedio de 5.17 hab./vivienda, con un total de viviendas 9,813.

Para el cálculo de población en los diferentes horizontes del Plan Maestro se utilizó el método del Crecimiento Geométrico llegando a una población de 53,499 en el 2010, para el 2013 contará con una población de 57,934 habitantes y 86,269 habitantes para el año 2028.

La población estimada para los diferentes horizontes se distribuye de acuerdo a la tendencia de crecimiento de ocupación de los barrios de los últimos años según información proporcionada por el departamento de catastro. (Plan Maestro SEFIN/UAP-AIF-4335-HO No. 01-2008, 2009:2).

## 4.5 Hidrografía

En la ciudad de Siguatepeque se identifican dos sistemas de cuencas: uno que comprende la parte alta de la red principal formada por los ríos Tamalito, Ulvita y el río Selguapa y otra que está formado por nueve (9) sub-cuencas que desembocan en la red principal, siendo la de mayor importancia la cuenca del río Selguapa, ya que este río es el principal abastecedor de agua para riego en el valle de Comayagua.

Río Selguapa: se encuentra en la jurisdicción del municipio de Siguatepeque nace en una altitud aproximada de 1,200 msnm, siendo aprovechado por las comunidades de El Porvenir, Duran, Aguas del Padre y Paso Hondo, tiene su desembocadura en el río Higuito.

Río Ulúa: es el río en el que desemboca directamente el Río Uluíta, el cual realiza el recorrido más largo dentro del municipio, con una distancia de aproximadamente 20.50 Km., y un recorrido total de 31.50 km. hasta su desembocadura.

Río Tepemechín: este río, afluente del Río Ulúa ubicado en el sector noroeste del municipio de Siguatepeque recibe las aguas de las Sub-cuencas de Río Tamalito y Río Bonito-Oeste.

Río Maragua: se ubica en el sector noreste del municipio y está formado por la unión de las sub-cuencas de Río Turque, Río Simbra y Río Bonito-este. La red hídrica secundaria está compuesta por las siguientes sub-cuencas: cuenca Río Calan, cuenca Río Puran, Río Uluíta, Río Guaratoro, Chamalucara, Río Tamalito, Río Bonito oeste, Río Bonito este, Río Turque y Río Simbra. (Plan Maestro SEFIN/UAP-AIF-4335-HO No. 01-2008, 2009:11).

## **4.6 Acceso**

La ciudad de Siguatepeque cuenta con dos calles principales de acceso que se derivan de la carretera central CA-5, una que es el boulevard Francisco Morazán y otra la Calle 21 de agosto. Así mismo ésta presenta una configuración de calles regulares, que en su mayoría se encuentran pavimentadas ya sea con pavimento hidráulico, concreto asfáltico o adoquín. (Plan Maestro SEFIN/UAP-AIF-4335-HO No. 01-2008, 2009:12).

## **4.7 Educación**

El casco urbano de la ciudad de Siguatepeque cuenta con centros de educación pre básica, básica, educación primaria, educación secundaria y nivel superior de los cuales, 19 son de nivel pre básico (14 públicas, 2 PROHECO y 13 privadas); a nivel primario cuenta con 88 escuelas (23 públicas, 6 nocturnas, una especial y 15 privadas). A nivel secundario se cuenta con 17 colegios (2 públicas y 15 privadas). A nivel superior tiene presencia de cinco universidades (UNAH a distancia, UNICAH presencial, Metropolitana presencial, UTH presencial y UPNFM a distancia) (Oficina de Desarrollo Comunitario de la Municipalidad de Siguatepeque, 2012).

## **4.8 Actividades Productivas**

El comercio es uno de los rubros que brinda la mayor cantidad de empleos en el casco urbano de la ciudad de Siguatepeque y en pequeña escala la industria como: maquilas, artesanía, conservas, escobas entre otros, lo cual ubica a la ciudad en el mercado de la producción (Oficina de Desarrollo Comunitario de la Municipalidad de Siguatepeque, 2012).

## **4.9 Saneamiento**

La Alcaldía Municipal, el 31 de diciembre del año 2009, traspasó el manejo y administración del sistema de alcantarillado sanitario. Pero fue a partir del 1 de enero de 2010 que comenzó a ser operado por Aguas de Siguatepeque. (Latin Consult Sabesp, 2011:34 al 38 y 49).

#### 4.9.1 Funcionamiento del Sistema

El sistema de alcantarillado sanitario municipal está formado por redes colectoras y pozos de ladrillo rafón que reciben la descarga de las aguas residuales provenientes de aproximadamente dieciocho (18) barrios y colonias de la ciudad, mismas que son transportadas por medio de los colectores principales que en la mayoría de su trayectoria siguen el curso de los ríos, hasta llegar al sitio de descarga conocido como Los Encuentros sobre el Río Selguapa.

#### 4.9.2 Producción de Aguas Residuales

El sistema de alcantarillado sanitario se ve afectado por intrusión de las aguas lluvias, que se introducen por las tapaderas de los pozos y por las descargas ilegales de las conexiones de aguas lluvias provenientes de las viviendas, que junto con el arrastre de sólidos que se sedimentan provocan una sobrecarga al mismo.

#### 4.9.3 Cobertura

Según datos proporcionados por Aguas de Siguatepeque, la cobertura del sistema de alcantarillado sanitario abarca alrededor de 18 barrios y colonias, brindando servicio a 6,000 viviendas, lo que representa aproximadamente el 59% de la población. El resto de la población cuenta con sistemas básicos de saneamiento, que van desde letrinas de fosa simple, letrinas de cierre hidráulico hasta fosas sépticas y pozos de absorción.

#### 4.9.4 Colectores Principales

El sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Siguatepeque cuenta con 5 colectores, los cuales descargan en los cauces de los Ríos Calan, Guique, Guaratoro y Chamalucuará, provocando la contaminación a las fuentes de agua, exponiendo a la población a contraer enfermedades.

- Colector Sector Oeste: está construido paralelamente al cauce del Río Calan, parte a la altura de la 12 Calle y colecta las aguas residuales provenientes de los Barrios Zaragoza, San Juan y Colonia Los Laureles, hasta a su desembocadura en el Río Calan.
- Colector Sector Nor-Oeste: comienza recolectando las aguas servidas de la parte baja del Barrio San Francisco, siguiendo la ruta del Río Guique, en su trayectoria le son vertidas las aguas provenientes de los barrios: San Luis de Agua Caliente, San Miguel, Suyapita, El Carmen, La Primavera y la Colonia Los Ángeles, antes de llegar a su desembocadura en el Río Calan se le une el colector del sector este.
- Colector Sector Sur-Este: recibe las descargas de aguas residuales provenientes de los barrios: Las Colinas, Altos de Fátima, San Antonio, El Centro, Barrio Arriba y Abajo, Jesús de la Buena Esperanza, un sector del Barrio El Parnaso y Colonia El Higo. Este colector está construido igual que los anteriores paralelamente al cauce del Río Chamalucuará.
- Colector Sobre la Calle 21 de Agosto: este colector recolecta parte de las aguas provenientes del Barrio Santa Martha, teniendo como sitio de descarga el subcolector de la calle 21 de Agosto.
- Colector Sector de El Rastro: este colector recolecta las aguas residuales producidas de un sector del Barrio El Parnaso, Las Mercedes y parte de La Colonia Orellana. Su descarga la realiza sobre las aguas del Río Selguapa.

### 4.9.5 Tratamiento

Las aguas servidas producidas en la ciudad de Siguatepeque por el sistema de alcantarillado sanitario municipal hasta la fecha no cuentan con ningún tipo de tratamiento, las cuales como se menciona anteriormente son vertidas directamente a los cauces de los ríos que atraviesan la ciudad.

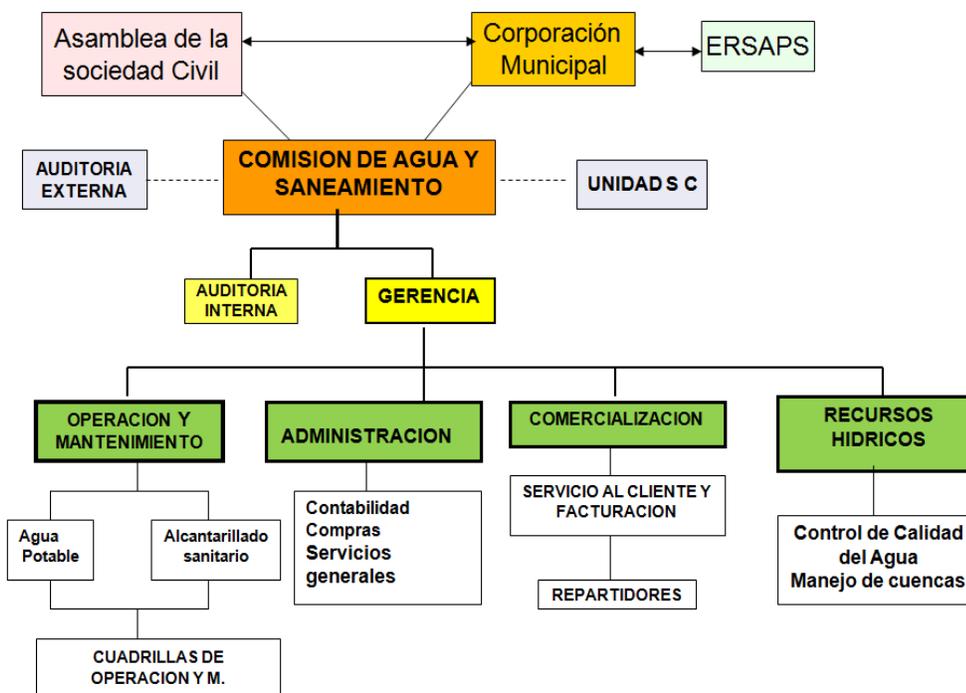
Actualmente están construyendo una planta de tratamiento que consiste en una laguna facultativa y una laguna de maduración, con el propósito de tratar a las aguas residuales producidas de 14 barrios de la ciudad de Siguatepeque.

## 4.10 Agua Potable

### 4.10.1 Organización vigente que brinda el servicio de agua

El 31 de octubre del año 2008 y en base al Decreto Legislativo 118-2003, el SANAA efectuó el traspaso de la titularidad del sistema de agua potable de Siguatepeque a la Municipalidad. El 1 de noviembre de 2008 se hace cargo del manejo del servicio de agua potable la Unidad Municipal Desconcentrada "Aguas de Siguatepeque", creada por la Municipalidad para tal fin. (Latin Consult Sabesp, 2011:49).

La estructura organizativa de la Unidad Municipal Desconcentrada que presta el servicio de agua potable en el casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, se presenta la ilustración 4.1.



**Ilustración 4.1** Organigrama de la Unidad Desconcentrada que brinda el servicio de agua y saneamiento (Fuente: Aguas de Siguatepeque, 2011).

#### 4.10.2 Recursos Humanos

Aguas de Siguatepeque cuenta con tres departamentos en función. El departamento administrativo, comercial y de operación y mantenimiento. Su recurso humano totaliza unos 24 empleados de los cuales 3 laboran en el área administrativa, 2 en el comercial y 19 restantes en el área operativa; específicamente como operadores de planta, operadores de válvula, fontaneros y un técnico electromecánico. (Latin Consult Sabesp, 2011:46).

#### 4.10.3 Cantidad

Las necesidades de la población son suplidas por las fuentes superficiales Guaratoro, Chamalucuará, Calán (La Porra y El Tablón), y de la explotación de agua subterránea mediante 10 pozos. Según los registros del prestador y diferentes investigaciones hechas anteriormente, la cantidad que se obtiene de estas fuentes asciende a 18,645.11m<sup>3</sup>/día. Los datos de las fuentes superficiales corresponden al máximo caudal que pueden recibir las plantas Jaime Rosenthal Oliva y Guaratoro y lo que lleva la línea de conducción de la represa Chamalucuará en invierno. Sobre los pozos, es el caudal que actualmente se está extrayendo según las horas de operación y los datos de la capacidad de las bombas; no existe sistema de medición en ninguna de las fuentes. Con estas producciones existe suficiente agua para cubrir el consumo máximo horario de los clientes registrados. El promedio por conexión asciende a 2.25 m<sup>3</sup>/día y con un promedio de 4.99 habitantes por vivienda tenemos una dotación de 450.90 litros por persona por día (l.p.p.d.) (Latin Consult Sabesp, 2011:55).

Para evaluar la eficiencia del prestador Latin Consult utilizó valores de referencia tres Indicadores de Desempeño (ID) generados en 2009 por la Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas (ADERASA), lo cual entre uno de los indicadores evaluado se encuentra "cantidad de agua producida", teniendo como resultado un nivel de calificación mínima, lo que significa que la cantidad de agua producida no es suficiente para abastecer de agua a la población.

#### 4.10.4 Cobertura del servicio de agua

Esta población recibe el servicio de agua por medio de diferentes proveedores, además de sistemas particulares que utilizan pozos para ello. El prestador Aguas de Siguatepeque tiene un registro de 8,292 clientes a marzo 2011, que con un promedio de 4.99 habitantes por vivienda, nos da una población de 41,377. Con los datos anteriores encontramos que la atención de cobertura del prestador es de 81.60%. Sin embargo la ciudad tiene muchos predios de gran área y donde inicialmente solo estaba construida una vivienda, pero posteriormente se han construido más viviendas sin que el prestador cuente con registros sobre esta situación. Además en la ciudad existen muchos predios desocupados dentro del área de cobertura del prestador, que cuando requieran de servicio podrán ser atendidos sin mayor problema. (Latin Consult Sabesp, 2011:54).

Actualmente la empresa Aguas de Siguatepeque brinda servicio a un total de 8,379 clientes, lo cual se distribuyen en diferentes categorías (véase cuadro 4.2).

**Cuadro 4.2** Número de clientes que reciben el servicio de agua por categoría

Sector de destino	Nº de clientes	%
Residencial	7,549	90.09
Comercial	788	9.41
Gobierno	30	0.36
Industrial	12	0.14
Total de clientes	8,379	100.00

*Fuente: Aguas de Siguatepeque, 2011.*

Otro de los indicadores de desempeño aplicado por Latin Consult y generado por ADERASA, es "cobertura de redes", teniendo como resultado un nivel media alta, lo que significa que la cantidad de cobertura de redes cubre el 81.60% de población.

#### 4.10.5 Continuidad del servicio de agua

El servicio de agua en la ciudad de Siguatepeque es permanentemente racionado, siendo más drástico en la época de verano. Los horarios de servicio en verano son de aproximadamente 8 horas cada dos días. En el invierno los horarios son los mismos pero con una frecuencia de día de por medio. Así que el promedio ponderado de servicio es de 4 horas por día. (Latin Consult Sabesp, 2011:56).

La "continuidad del servicio de agua", fue otro indicador de desempeño aplicado por Latin Consult el cual tuvo como resultado un nivel de calificación mínima, lo que significa que la continuidad del servicio podría mejorar, o al menos no ser afectada por interrupciones cortas del suministro, mediante construcción de tanques de almacenamiento que contrarreste el volumen de faltante de 1,638 m<sup>3</sup> para lograr un buen funcionamiento del servicio de agua.

#### 4.10.6 Confiabilidad del servicio

El sistema tiene racionamientos permanentes por la baja producción de las fuentes superficiales y hay una cantidad de sedimentos que son arrastrados por las mismas. No existen planes de manejo de las cuencas, pero el prestador ya está gestionando ante la municipalidad la conformación de una estructura para atender lo relacionado a los mismos. Las variaciones de voltaje del sistema eléctrico contribuyen a la falta de confiabilidad del sistema de agua, por la afectación al funcionamiento de los pozos.

Se tiene un déficit de almacenaje del 39,58% (1638 m<sup>3</sup>), el cual se verá disminuido a 18,54% (767 m<sup>3</sup>) con el proyecto que está por iniciarse con apoyo de PROMOSAS de un nuevo tanque en Calanterique. (Latin Consult Sabesp, 2011:57 y 58).

Según los resultados del indicador aplicado, el sistema no es confiable, y este se refiere a que la capacidad de la entidad prestadora de hacer frente en el menor tiempo posible a fenómenos que amenacen la continuidad en la prestación del servicio es baja. Latin Consult utilizó valores de referencia de tres Indicadores de Desempeño (ID) generados en 2009 por Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas (ADERASA).

#### **4.10.7 Calidad de agua suministrada**

De las fuentes superficiales el 91.11% es tratada en la plantas de tratamiento de Guaratoro y Jaime Rosenthal. De acuerdo a los datos del prestador en las muestras que toma y somete a análisis rutinario no se encuentran indicios de contaminación y en los puntos de muestreo se encuentra cloro residual.

Lo anterior puede ser aceptable en la época de verano, pero cuando llega el período de lluvias el nivel de deterioro de las cuencas afecta considerablemente la calidad del agua, requiriéndose un tratamiento completo de la misma, por lo cual deben repararse los daños de las plantas existentes. Además cada uno de los pozos debe contar con su sistema de cloración. (Latin Consult Sabesp, 2011:56 y 57).

Según los resultados de Latin Consult, la evaluación del indicador de calidad de agua del sistema, obtuvo un nivel de puntaje muy alto, lo que significa que el 91.11% recibe tratamiento y el resto se debe a los aspectos antes mencionados.

#### **4.10.8 Estructura Tarifaria Vigente**

La estructura tarifaria actual es la misma que tenía implementada el SANAA y se basa en un consumo presunto del cliente. Existen tarifas domésticas, comerciales, gubernamentales e industriales, y dentro de cada una de estas categorías existen subcategorías según los metros cúbicos que se atribuye se consumen. Para los consumidores domésticos existen 28 subcategorías con consumos que varían de 21,00 m<sup>3</sup> a 200,00 m<sup>3</sup>; para los consumidores comerciales existen 61 subcategorías con consumos que varían de 16,00 m<sup>3</sup> a 200,00 m<sup>3</sup>; para los consumidores gubernamentales existen 14 subcategorías con consumos que varían de 27,00 m<sup>3</sup> a 300,00 m<sup>3</sup>; para los consumidores industriales existen 5 subcategorías con consumos que varían de 51,00 m<sup>3</sup> a 300,00 m<sup>3</sup>.

Cada cliente conoce la tarifa mensual que debe pagar independientemente de factores de racionamiento o construcción de más viviendas en el mismo predio no reportadas al prestador. El valor que el cliente paga por el servicio de alcantarillado sanitario lo hace efectivo a la municipalidad. (Latin Consult Sabesp, 2011:62).

#### **4.10.9 Capacidades Laboratoriales en Calidad de Agua**

Los análisis de calidad de agua del sistema de abastecimiento del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, son realizados en el laboratorio del SANAA, ubicado dentro de la misma ciudad, donde son analizados algunos parámetros físico-químicos y microbiológicos.

### **4.11 Salud**

#### **4.11.1 Organización e infraestructura de salud**

Los servicios de salud están cubiertos por dos Centros de Salud Médicos Odontológicos (CESAMO) entre ellos el Dr. Gustavo Boquín y El Parnaso. Además se encuentra el Hospital Evangélico, Hospital de Especialidades y 11 clínicas privadas, que ofrecen diferentes servicios de salud a la población.

#### 4.11.2 Estadísticas epidemiológicas en la ciudad de Siguatepeque

Los datos estadísticos epidemiológicos de casos diarreicos en la población del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, son obtenidos de los CESAMO Dr. Gustavo Boquín del periodo 2007 al 2011 y en el CESAMO El Parnaso solo se obtuvo datos del 2011 por lo cual ambos fueron sumados. El cuadro 4.3 evidencia que los niños menores de 5 años son los que presentan mayor porcentaje de casos diarreicos pero en los últimos años ha disminuido de 83.1% a 71.3%, en segundo lugar los mayores de 15 años con porcentajes variables que oscilan entre 8% y 17%.

**Cuadro 4.3** Frecuencia de casos de diarrea según edad en la población del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, periodo 2007 – 2011

Edades	Porcentajes de casos diarreicos por año									
	2007		2008		2009		2010		2011	
	No. De casos	%	No. De casos	%	No. De casos	%	No. De casos	%	No. De casos	%
Menor de 5 años	1302	82.4	1182	83.1	1608	78.3	1235	71.3	1574	74.6
De 5 a 14 años	132	8.3	127	8.9	216	10.5	202	11.7	221	10.5
Mayores de 15 años	147	9.3	114	8.0	230	11.2	295	17	315	14.9

Fuente: CESAMO Dr. Gustavo Boquín y CESAMO El Parnaso, 2012.

#### 4.12 Residuos Sólidos

La generación de residuos sólidos del casco urbano del municipio de Siguatepeque es de 34.76 toneladas por día (población 28.9 toneladas/día, comercial 4.05 toneladas/día, mercados 1.81 toneladas/día), con una producción per cápita de 0.57kg/hab/día.

La modalidad de recolección utilizada es en el frente de la vivienda, la cual consiste en que los usuarios colocan los recipientes en el frente de las viviendas al momento en que pasa el vehículo de recolección.

El servicio de barrido es realizado por la empresa transporte Aries, contratado por la municipalidad, con una cobertura del 62% del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque.

Para los servicios de recolección y disposición final de los residuos sólidos generados en el casco urbano, la municipalidad ha contratado a la empresa Transporte Castellanos Leiva, que cuenta con tres vehículos para las actividades de recolección.

La frecuencia de recolección es dos (2) veces a la semana en barrios y colonias, cuatro días a la semana en zona comercial (El Centro) y todos los días en el bulevar Francisco Morazán.

La disposición final de los residuos sólidos, se realiza en un botadero municipal a cielo abierto y en siete botaderos clandestinos (OPS/OMS, 2012)

## V. MÉTODO PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA

En este capítulo se presenta una descripción general de la metodología de los Planes de Seguridad del Agua, describiendo cuál es su concepto, objetivos, componentes, beneficios y el procedimiento utilizado para su aplicación.

### 5.1 Concepto del Plan de Seguridad del Agua

Es un instrumento que ayuda a asegurar la calidad del agua para consumo humano, a través de la identificación, priorización de los peligros y eventuales riesgos en los sistemas de abastecimiento, enfocando sus objetivos en cada uno de sus componentes.

El Plan de Seguridad del Agua es un sinónimo de inocuidad que asegura la calidad sanitaria del agua, a través de sistemas de control orientados a la prevención, en lugar de solo un análisis del producto final, lo que configura un propósito muy específico vinculado con la salud de la población

### 5.2 Objetivos del Plan de Seguridad del Agua

El objetivo general de los planes de seguridad del agua es asegurar que el agua distribuida por el sistema sea apta para el consumo humano y pretenden evitar o disminuir las posibilidades de ocurrencia de un riesgo dando una respuesta eficiente ante un evento de contaminación del agua. De este objetivo se desprenden tres objetivos específicos que son:

- Minimizar la contaminación del agua en las fuentes de abastecimiento, promoviendo el manejo adecuado de residuos sólidos, adquisición y protección de la microcuenca y técnicas de desarrollo limpio en actividades antropogénicas (humanas)
- Eliminar la contaminación del agua durante el proceso de tratamiento con tecnología apropiada y sostenible.
- Prevenir la contaminación y re-contaminación del agua durante el almacenaje y distribución del agua potable.

### 5.3 Beneficios del Plan de Seguridad del Agua

#### ➤ Sistema de Abastecimiento de Agua

- ✦ Ordenamiento integral y detallado de riesgos.
- ✦ Priorización y aplicación de medidas de control.
- ✦ Reducir al mínimo las fallas de la gestión.

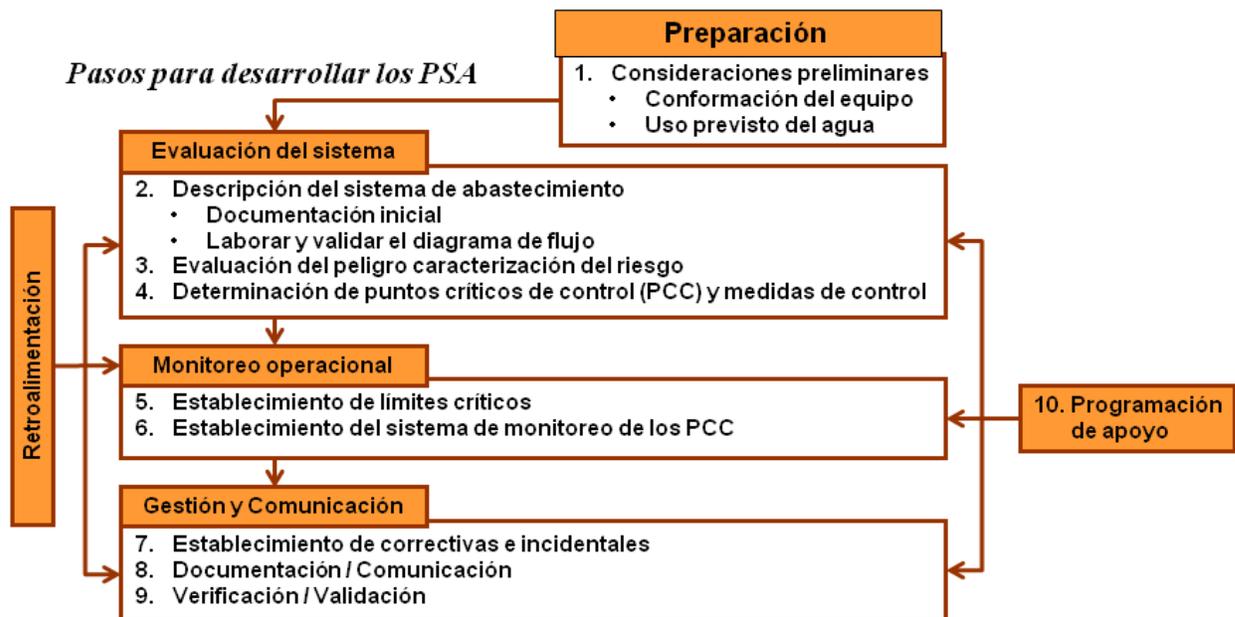
#### ➤ Prestador del Servicio

- ✦ Reducción de reclamos del usuario.
- ✦ Ahorro de recursos (agua).
- ✦ Fortalecimiento organizativo.

- ✦ Mejoramiento de la salud de las personas.
- ✦ Mejorar la calidad del agua.

## 5.4 Componentes del Plan de Seguridad del Agua

La estructura metodológica del Plan de Seguridad del Agua (ilustración 5.1) fue adaptada por Water en 2005 y para el desarrollo de las fases, es tomada como referencia la metodología de la Organización Mundial de la Salud (OMS), denominada Planes de Seguridad del Agua.



**Ilustración 5.1** Estructura metodológica del Plan de Seguridad del Agua (Water, 2005)

### 5.4.1 Preparación

Entre una de las actividades realizadas a lo largo del proceso, se llevó a cabo un taller de inducción el día miércoles 14 de diciembre en la Biblioteca Municipal de Siguatepeque, para dar a conocer la estrategia MCS y los métodos de abordaje para alcanzar los objetivos y metas, que incluye la aplicación de metodologías para formular los Planes de Seguridad del Agua en el sistema de abastecimiento de agua potable del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, buscando con ello mejorar la calidad de prestación de los servicios en las comunidades beneficiarias mediante la reducción de vulnerabilidad física, operativa y administrativa.

Los participantes invitados al taller formaban parte de entidades locales competentes de la Municipalidad, Organizaciones e Instituciones como: Cámara de Comercio, Cuerpo de Bomberos, Aguas de Siguatepeque, Cuerpo de Paz, Comisión Municipal de Agua y Saneamiento (COMAS), Unidad de Supervisión y Control Local (USCL), Técnico en Regulación y Control (TRC), Secretaría de Salud y Patronato, en temática de agua potable y saneamiento (Véase Anexo A).

## ➤ Conformación del Equipo de Trabajo del Plan de Seguridad del Agua

Después de haber desarrollado la primera etapa de la metodología PSA en el taller, se procedió a la identificación y elección de una junta directiva, que integra el equipo de trabajo del PSA, el cual está integrado por las diferentes organizaciones e instituciones que se mencionan a continuación: Aguas de Siguatepeque, UMA, USCL, TRC, UNICAH, Cuerpo de Bomberos, TSA, COMAS, Cuerpo de Paz, Cámara de Comercio y Oficina de la Mujer.

Ya conformado el equipo de trabajo del PSA, se identificaron las organizaciones e instituciones que intervienen directa o indirectamente en la gestión del recurso agua en tareas como manejo de microcuenca, vigilancia de la calidad del agua, asistencia técnica y otros gestores comunitarios públicos o privados que aportan su experiencia y conocimiento del sector agua potable y saneamiento.

Al final de la jornada se planificó una reunión para dar a conocer el cronograma de actividades para la formulación del PSA del sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Siguatepeque (Véase el Anexo B).

### 5.4.2 Evaluación del sistema

#### ➤ Recopilación de Información

La recopilación y revisión de información secundaria, se realizó del 14 al 23 de diciembre de 2012, en diferentes Organizaciones e Instituciones, entre ellas: Municipalidad de Siguatepeque, Secretaría de Salud, Aguas de Siguatepeque, USCL y TRC como parte del diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua.

#### ➤ Descripción del Sistema de Abastecimiento de Agua

La descripción y validación del diagrama de flujo del sistema, se realizó a través de visitas de campo a los componentes (microcuencas, represas, desarenadores, línea de conducción y distribución, válvulas, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento, hipocloradores etc.) del sistema de abastecimiento a través de la inspección visual y llenado de ficha de inspección sanitaria (Véase Anexo C), los días 19 al 23 de 2011, donde se identificaron las amenazas y vulnerabilidades del sistema.

**Cuadro 5.1** Instrumentos utilizados para la elaboración del Plan de Seguridad del Agua

Instrumento o equipo	Características	Observaciones
Manual para el desarrollo de Planes de Seguridad del Agua.	Aspectos metodológicos de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo (OMS, 2009)	Referencia metodológica para la formulación del PSA.
Receptor GPS del Magellan eXplorist 100	Diseño resistente, protección de goma, detección superior con 14 canales paralelos, 2 pilas AA con una duración de 14 horas, Tecnología GPS TrueFix™, precisión de 3 metros (WAAS/EGNOS), almacena hasta 500 puntos de interés y 20 rutas, de bolsillo y resistente al agua para IPX-7	La calibración se realizó in situ.
Ficha de inspección sanitaria del abastecimiento de agua.	Ficha elaborada para identificar las condiciones organizacionales, operativas y físicas del sistema de abastecimiento de agua (Montoya, 2009).	Llenada durante la visita de campo.
Cámara fotográfica Maxell, Mazcan S-10	Zoom 3x, 10 megapíxeles	Visitas de campo

## ➔ Evolución de peligros y caracterización de riesgos

Para la caracterización de los riesgos se utilizó la “matriz de evaluación y caracterización de riesgos” (Ilustración 5.2), que consiste en priorizar los eventos que causan mayor contaminación y daños a la salud de la población, asignándosele un valor máximo de 5, a aquellos eventos que producen un daño catastrófico y 1 a los que tienen menor significancia. Evaluado el peligro se determina la probabilidad o frecuencia que este evento ocurra, asignando un valor de 5 para eventos muy frecuentes y 1 para los eventos excepcionales, posteriormente el producto del peligro y la frecuencia da como resultado el riesgo en un punto específico, con una escala de valores en la que se indica que tipo de riesgo es: bajo, medio, alto y muy alto, considerando como prioritarios aquellos eventos que alcanzaron un puntaje de 12 o más.

**Ilustración 5.2** Matriz de evaluación y caracterización de riesgo

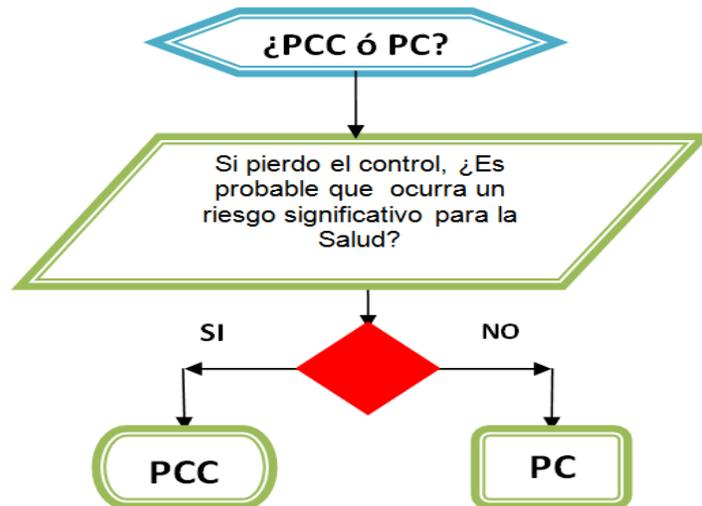
		Gravedad de la Consecuencias					Rango
		Insignificante	Leve	Moderado	Grave	Catastrófico	
Probabilidad o Frecuencia	Casi siempre/una vez al día	5	10	15	20	25	Bajo <6
	Probable/una vez por semana	4	8	12	16	20	
	Moderada/una vez al mes	3	6	9	12	15	Medio 6-9
	Improbable/una vez cada 5 años	2	4	6	8	10	Alto 10-15
	Excepcional/una vez cada 5 años	1	2	3	4	5	Muy alto >15

Fuente: OMS, 2009

## ➔ Determinación de puntos críticos de control y medidas de control

La determinación de Puntos Críticos de Control (PCC) y Puntos de Control (PC) como tales, se realizó en base, a los riesgos caracterizados como altos y muy altos, haciéndose algunas preguntas como: ¿Se puede perder el control?, ¿Es probable que ocurra un riesgo significativo para la salud? (Ilustración 5.3) si la respuesta a estas interrogantes son afirmativas, dichos puntos se convierte en Puntos Críticos de Control, de lo contrario, representa un Punto de Control (PC).

Las medidas de control se establecen a cada Punto Crítico de Control (PCC), con el propósito de eliminar, evitar o reducir hasta un nivel aceptable, un peligro o evento que garantice la seguridad del agua.



**Ilustración 5.3** Determinación de puntos críticos de control y puntos de control (Torres R., 2006).

### 5.4.3 Monitoreo Operacional

En estas dos etapas (establecimiento de límites críticos y establecimiento de monitoreo de los PCC), se establecieron cuales son los límites máximos y mínimos permitidos en base a la Normativa Nacional para la Calidad del Agua Potables para diferentes parámetros (Físicos, químicos, bacteriológicos, etc.), así como otras especificaciones de ingeniería requeridas para cada punto específico (restricciones, distancias y otros), que pueden ser medibles (cloro residual, turbidez, pH, medición caudal, etc.) u observables (aumento de caudal, presencia de sólidos),. Por otro lado se establece como se realizará el monitoreo de los Puntos Críticos de Control (PCC) prioritarios en relación a una serie de factores que deben considerarse como: ¿Qué se hará? ¿Quién lo realizara?, ¿Dónde se realiza?, ¿Cuándo se realizara?, ¿Cómo se realizará o la estrategia a seguir?

### 5.4.4 Gestión y comunicación

Después de evaluado y realizado el monitoreo, se establecieron mecanismos de solución, llamados acciones correctivas y de emergencia (incidentales) de los eventos priorizados en las etapas anteriores. Además se elaboró un plan de intervención (acciones correctivas) del sistema de abastecimiento de agua, conjuntamente con el equipo de trabajo del PSA, planificadas en un tiempo de ejecución a corto, mediano y largo plazo con un estimado de costo.

Posteriormente se estableció el procedimiento para realizar cambios o mejoras del plan en cualquier etapa que lo requiera.

## 5.5 Socialización del Plan de Seguridad del Agua

Concluido el Plan de Seguridad del Agua, este se socializará con las autoridades a través de una asamblea con el equipo de trabajo del PSA, Aguas de Siguatepeque, pobladores, autoridades municipales, Secretaría de Salud y Organizaciones e Instituciones encargadas de la operación, mantenimiento, control y vigilancia de la calidad agua. Lo que se pretende a través de la socialización, es presentar los resultados obtenidos y hacer entrega de documentos.

## VI. RESULTADOS DEL PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA (PSA)

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo del plan de Seguridad del Agua del sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Siguatepeque, desde las etapas iniciales como la formación del equipo, la evaluación, monitoreo, gestión y finalmente los programas de apoyo del plan.

### 6.1 Preparación

#### 6.1.1 Conformación del equipo de trabajo del Plan de Seguridad del Agua

El cuadro 6.1 muestra la estructura organizativa del equipo que acompañará el proceso de formulación, ejecución (monitoreo) y mantenimiento del Plan de Seguridad del Agua (PSA), así como las funciones que cada uno de ellos deberá desempeñar.

**Cuadro 6.1** Información general y funciones de los miembros que conforma el equipo de trabajo del Plan de Seguridad del Agua del sistema de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque

Nombre	Cargo que desempeña	Cargo en el equipo PSA	Función en el equipo de trabajo del Plan de Seguridad del Agua	Información de contacto
Fernando Luis Villalvir	Gerente General de Aguas de Siguatepeque	Presidente	* Participar en la elaboración y aplicación del PSA * Convocar a reuniones a los miembros del equipo.	aguasdesiguatpeque@yahoo.com 2773-9410
Juan Carlos Leiva	Coordinador del UMA	Vice-presidente	* Asumir las funciones del presidente en su ausencia. * Participar en la elaboración y aplicación del PSA	2773-0039 9922-4405
Noé Mercado	Técnico en Regulación y Control	Secretario	* Participar en la elaboración y aplicación del PSA * Elaborar actas de sesiones del equipo de trabajo.	usclsiguatpeque@gmail.com 99346441 27730039
Carla Martínez	Vocal de la Cámara de Comercio	Pro-secretaria	* Asumir las funciones del secretario en ausencia * Participar en la elaboración y aplicación del PSA	camarasiguat@yahoo.com 98621282 27737770
Napoleón Mendoza Alcántara	Tesorero del COMAS	Tesorero	* Participar en la elaboración y aplicación del PSA * Llevar el registro de los ingresos y egresos del equipo y realizar informe financieros.	naposiervo@yahoo.com 31415882/ 27733697
Miguel Ángel Zelaya	Técnico de Salud Ambiental	Fiscal	* Participar en la elaboración y aplicación del PSA. * Fiscalizar los fondos del equipo de trabajo.	9792-0793 2773-0139
Alberto Varela Molina	Comandante de Cuerpo de Bomberos	Vocal 1	* Participar en la elaboración y aplicación del PSA. * Asumir las funciones del vice-presidente en su ausencia o de cualquier otro miembro del equipo.	2773-5113
Rony Alejandro Mendoza	Representante de la UNICAH	Vocal 2	* Participar en la elaboración y aplicación del PSA * Asumir las funciones del vocal uno en su ausencia o de cualquier otro miembro del equipo	2773-5003 9582-2500
Marta Aguilera	Presidenta de la oficina de la mujer	Vocal 3	* Participar en la elaboración y aplicación del PSA.	Martha.aguilera23@hotmail.com

### 6.1.2 Identificación de organizaciones e instituciones involucradas en el PSA

El equipo de trabajo del Plan de Seguridad del Agua, identificó organizaciones e instituciones, que tienen relación con el suministro de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque y que pueden generar aportes sustanciales en la ejecución y mantenimiento del mismo (véase cuadro 6.2).

**Cuadro 6.2** Organización e instituciones involucradas en el Plan de Seguridad del Agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque

Nombre de la organización o Institución	Personas de contacto en la Organización	Aspectos en lo que se involucran	Información de contacto
ESNACIFOR	Nelson Doblado	Manejo de cuencas e investigación	99669373
Aldea Global	Danilo Leiva	ONG trabaja en temas de A&S	96510451
UNICAH	Geraldina Zelaya	Diseño y perfiles	99658891
Club Rotario	Napoleón Valladares	Gestión de recursos para proyectos	27735947 98269639
ICF	Alma	Manejo y regulación de cuencas y bosques	95000501
FHIS	Alfredo	Construcción de acueductos y tratamiento de aguas residuales	98877082
CARE	Danilo	Educación, capacitación y formación de microempresas	99017550
Club de Leones	Diler Toledo Saez	Gestión de recursos para proyectos	99702366
Alcaldía Municipal	Glenda Meza	Relaciones publicas	97329255
Comisión de Transparencia	Ethewaldo Estrada	Transparencia	99633540
Batallón de Ingenieros	Comandante Ponce Fonseca	Protección y reforestación	99465815
Sector Educación	Luis Castañeda	Componente de educación	98922830
Hospital Evangélico	Enrique Martínez	Sociedad civil y CODEM	
Programa Piloto SANAA	José Bográn	Asistencia técnica	99686611
UNAH-CASUED,	Nelsy Edith de Melgar	Extensión y facilitador de formación	96942185/ 27730424
Geólogos del Mundo	Mario Murillo Álvarez	Estudios geohidrograficos	98737815
Amigos de Honduras	Francisco Alvarado	Gestión y ejecución de proyectos	33972807
AJAMSI	José Armando Hernández	Acompañamiento y prestadores de servicios	99254001
Asociación de Patronatos	Juan García	Acompañamiento	27730589/ 95337541
Honduras Crecimiento	Joane Chahine	Gestión y ejecución de proyectos	31578161

### 6.1.3 Uso previsto del agua

El uso primordial del agua, corresponde a consumo humano en zonas residenciales, comerciales, institucionales e industriales y en menor escala para otras actividades como la fabricación de bloques, viveros y construcción.

### 6.1.4 Información general del sistema de abastecimiento de agua

#### ➔ Tipos de fuentes de agua que abastecen el casco urbano de la ciudad de Siguatepeque

Las fuentes que abastecen el casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, son superficiales y de agua subterránea, con las siguientes características:

- Cuatro fuentes superficiales que funcionan por gravedad con igual número de represas.
- Diez pozos que se utilizan actualmente y otros tres pozos que no prestan el servicio, por las siguientes circunstancias: el pozo San Pablo produce un bajo caudal, el pozo San Juan presenta daños en su equipo de bombeo y el pozo ESNACIFOR por el alto grado de contaminación que presenta.

Además, en el casco urbano del municipio de Siguatepeque, existen ciertas zonas manejadas por Juntas Administradoras de Agua (JAAS), que utilizan fuentes superficiales y subterráneas para el abastecimiento de agua potable.

#### ➔ Aguas superficiales

Las fuentes superficiales utilizadas para el abastecimiento de agua potable son las siguientes: Río Calan, Río Guaratoro y Quebrada Chamalucuar. Todas llegan al sistema por efecto de la gravedad.

#### ➔ Aguas subterránea

A continuación se presentan en el cuadro 6.3 la información de los pozos antes mencionados.

**Cuadro 6.3** Información General de los Pozos de Aguas de Siguatepeque

No.	Nombre	Caudal l/s	Observaciones
1	Oficinas SANAA	11.36	Se encuentra ubicado en los predios de la oficina del SANAA. Este pozo casi no se utiliza en la temporada de invierno debido a que el caudal de agua que produce el Río Calan, es suficiente para abastecer la demanda de los barrios a los cuales suministra.
2	La Curtiembre	12.62	Ubicado en el Barrio Campo Alegre, el terreno tiene un área de 244.2 m <sup>2</sup> cercado con bloque y malla ciclón, cuenta además con una caseta de 3.00 x 2.50 m hecha de ladrillo y techada con lámina de asbesto en donde se ubica el panel de control eléctrico. El consumo de energía eléctrica de esta bomba varía en todo el año consumiendo más energía en el periodo comprendido entre junio y agosto.
3	Zaragoza	12.62	Se ubica en el barrio Zaragoza, el terreno tiene un área de 216.00 m <sup>2</sup> está cercado con bloque y malla ciclón, tiene una caseta para panel de control eléctrico de 4.40 x 2.50 m, construida con bloque repellido y techo de lámina de asbesto. Esta bomba consume bastante energía en los meses de junio-julio.

Continuación del cuadro 6.3

No.	Nombre	Caudal l/s	Observaciones
4	Macaruyá	10.73	Se ubica en el Barrio Macaruyá, el terreno tiene un área de 297.00 m <sup>2</sup> está cercado con bloque y malla ciclón, la caseta para panel de control eléctrico está hecha de bloque repellido y esta techada con lamina de asbesto con dimensiones 4.30 x 2.50 m.
b	San Juan	22.16	Situado en el Barrio San Juan, el terreno tiene un área de 480.00 m <sup>2</sup> tiene un cerco perimetral hecho de bloque con malla ciclón, la caseta donde se ubica el panel de control eléctrico está hecha de bloque repellido y tiene las siguientes dimensiones 4.40 x 2.50 m. No se está utilizando debido a daños en la bomba.
6	Alcaravanes III	6.3	Se ubica en el barrio El Carmen, el terreno tiene un área de 221.00 m <sup>2</sup> y está cercado con bloque y malla ciclón, tiene una caseta donde se ubica el panel de control eléctrico de 4.35 x 2.50 m y está hecha de bloque repellido y techo de lámina de asbesto.
7	La Fresera	25.25	Se encuentra ubicado en el barrio San Juan frente al Estadio Municipal el terreno tiene un área de 217.50 m <sup>2</sup> y tiene un cerco perimetral de bloque y malla ciclón, la caseta donde se ubica el panel de control eléctrico tiene las siguientes dimensiones 4.40 x 2.50 m y está hecha de ladrillo repellido, techada con lamina de asbesto.
8	ESNACIFOR	8.1	Está situado en el parque experimental San Juan que pertenece a la Escuela Nacional de Ciencias Forestales, el terreno de este pozo tiene un área de 217.00 m <sup>2</sup> y tiene un cerco hecho de bloque y malla ciclón, también tiene una caseta para el panel de control de energía, la cual tiene las siguientes dimensiones 4.00 x 2.50 m y está fabricada de bloque repellido y con techo de lámina de asbesto. Actualmente este pozo no se está utilizando debido a que los exámenes bacteriológicos determinaron la presencia de coliformes.
9	San Pablo	2.52	Se ubica en la Plaza San Pablo en el centro de la ciudad, el terreno que le corresponde tiene un área de 9.00 m <sup>2</sup> y no está cercado, tiene una caseta de bloque y lámina de asbesto, donde se instaló el panel de control de energía, dicha caseta está muy deteriorada. Este pozo no se utiliza porque su caudal de producción es muy bajo.
10	San Miguel II	10	Se ubica en el barrio San Miguel, cuenta con un terreno de 84.00 m <sup>2</sup> y está cercado con malla ciclón este cerco se encuentra en regulares condiciones, el perímetro de dicho cerco es de 38.00 m, el panel de control de energía está instalado en una pequeña garita de madera en mal estado. Este pozo es el que más problemas causa, ya que la tubería se llena de arena, por lo que se tiene que limpiar cada dos meses; dicha limpieza se realiza utilizando un compresor que impulsa aire a través de una manguera.
11	San Miguel IV	10	Se ubica en el barrio San Miguel frente a la planta de la ENEE, el terreno tiene un área de 820.00 m <sup>2</sup> y está cercado con malla ciclón tiene un perímetro de 94.60 m, tiene una caseta donde está instalado el panel de control de energía.
12	San Antonio	3.79	Se ubica dentro del estadio San Miguel en el barrio San Antonio. La importancia de este pozo es fundamental para los pobladores del barrio San Antonio, ya que si este pozo deja de producir agua, la población de dicho barrio queda desabastecida. No está cercado.
13	San Francisco	2.52	Se ubica en el barrio San Francisco, cuenta con un terreno cuya área es de 25.00 m <sup>2</sup> , está cercado con malla ciclón y tiene un perímetro de 20.00 m, tiene una caseta donde está instalado el panel de control de energía.
<b>Fuente:</b> Línea base, balance hídrico y plan de acción inmediata elaborado por Latin Consult Sabesp, 2011:11			

### 6.1.5 Distribución de los subsistemas de agua

El sistema de agua potable de la ciudad de Siguatepeque cuenta con cuatro (4) obras de captación, trece (13) pozos, dos (2) plantas de tratamiento, ocho (8) tanques de almacenamiento y otro tanque que se encuentra en construcción.

Para la aplicación de la metodología PSA, se ha dividido el funcionamiento del sistema en ocho (8) subsistemas como se detalla a continuación:

1. Subsistema de Río Calan que integra los siguientes componentes: Cuenca, Microcuenca del Río Calan, Represa El Tablón, Represa de sedimentación del Tablón, Represa La Porra, Represa de Sedimentación de La Porra, Desarenador de La Porra, Rompecarga, Planta de Tratamiento Jaime Rosenthal Oliva, Tanque Jaime Rosenthal (200,000gls), Tanque de Calanterique (150,000 gls), Tanque de Altos de Calanterique (10,000 gls), Pozo Alcaravanes III, Pozo Macaruyá, Tanque Santa Martha (100,000 gls), Tanque Altos de Santa Martha (10,000 gls), línea de conducción y distribución, válvulas y lugares de consumo.
2. Subsistema del Río Guaratoro que integra los siguientes componentes: Microcuenca Guaratoro, Represa Guaratoro, Represa de Sedimentación de Guaratoro, Tanque Rompe Carga de Guaratoro (15,000gls), Planta de Tratamiento Guaratoro, Tanque de Guaratoro (65,000 gls), Pozo La Curtiembre, Pozo ESNACIFOR, Tanque El Parnaso (100,000 gls), línea de conducción y distribución, válvulas y lugares de consumo.
3. Subsistema de Quebrada Chamalucara se involucran los siguientes componentes: Microcuenca Chamalucara, Represa de Chamalucara, Tanque Las Colinas N.1 (1,000 gls), Tanque Las Colinas N.2 (25,000 gls), línea de conducción y distribución, válvulas y lugares de consumo.
4. Subsistema de Pozo de San Francisco que abastece la parte media y baja de San Francisco se integró los siguientes elementos: Pozo de San Francisco, línea de distribución y lugares de consumo.
5. Subsistema de los Pozos San Miguel II y IV que abastecen el Barrio San Miguel y la parte baja de San Francisco, a la cual se integran los siguientes componentes: Pozo San Miguel II, Pozo San Miguel IV, línea de distribución y lugares de consumo.
6. Subsistema Pozo de San Antonio que abastece un sector del Barrio San Antonio, se integró los siguientes componentes: Pozo San Antonio, línea de distribución y lugares de consumo.
7. Subsistema de Pozo de los Bomberos que abastece a los bomberos y personas del casco urbano de Siguatepeque, lo cual se integraron los siguientes componentes: Pozo de los Bomberos, línea de conducción y tanque de almacenamiento (15,600 galones).
8. Subsistema de pozos SANAA, San Juan, Zaragoza y Fresera que ayudará abastecer parte del sector número uno que actualmente abastece el subsistema de Río Calan, lo cual se integran los siguientes componentes: Pozo SANAA, Pozo San Juan, Pozo Zaragoza, Pozo La Fresera, Tanque de Calanterique (230,000 galones).

A continuación se describe cada subsistema de forma independiente siguiendo el orden antes mencionado.

## 6.2 Evaluación del subsistema de abastecimiento del “Río Calan”

### 6.2.1 Descripción del subsistema de abastecimiento de agua

A continuación se describen los diferentes componentes con las respectivas características del subsistema del río Calan.

#### ➔ Cuenca del Río Calan

La Cuenca del Río Calan se ubica geográficamente entre los meridianos 87°49'35" y 87°53'27" Longitud Oeste y entre los paralelos 14°35'16" y 14°29'40" Latitud Norte. Cuenta con una extensión aproximada de 4,275 ha, y está ubicada al Sur Oeste de la ciudad de Siguatepeque. La distancia entre el punto más bajo y el más alto es de 12.5 km y la anchura máxima de 4.2 km. La altitud mínima es de 1,070 y la máxima de 2,163 msnm, que corresponde al Cerro San Juanillo, en el parte aguas que divide las Cuencas de los Ríos Humuya y Grande de Otoro. Se encuentra ubicada en la zona núcleo de la Reserva Biológica de Montecillos. La Cuenca está políticamente ubicada dentro de los municipios de Siguatepeque y El Rosario del Departamento de Comayagua y Masaguara en Intibucá (tesis Cruz, Fernando, 2002:29).

Se delimitó la zona de recarga en dos microcuencas que abastece de agua a las dos represas (el Tablón y la Porra), abarcando la mayor parte del área protegida de Montecillos que se localiza dentro de la cuenca.

#### ➔ Microcuenca del Tablón

La microcuenca se encuentra en regular estado, teniendo rendimientos en invierno del orden de los 149.30 l/s, pero hay mucho arrastre de sedimento. Aguas arriba de la toma existen centros poblados y actividades agropecuarias que contaminan la fuente (Latin Consult Sabesp, 2011:9).

En el cuadro 6.4 se muestra la cobertura de uso de la tierra en la zona de recarga de la represa El Tablón, que se encuentra dentro de la cuenca del Río Calan.

**Cuadro 6.4** Tamaño de los estratos de uso actual por cobertura para las zonas de recarga de las represa del Tablón dentro de la microcuenca del río Calan, Siguatepeque.

Uso actual	Área (ha)	Porcentaje (%)
Agricultura	155.4	36.6
Bosque de pino	3.9	0.9
Bosque latifoliado	263.4	62.1
Guamil y pastos	0.1	0.1
Poblaciones	1.4	0.3
Sub-total	424.2	100.0

Fuente: Tesis de valoración económica del recurso hídrico para determinar el pago por servicios ambientales en la microcuenca del río Calan, Siguatepeque de Fernando Cruz, 2002: 32.

## Microcuenca La Porra

Dicha microcuenca se encuentra en estado regular, teniendo rendimientos en invierno del orden de los 129.36 l/s, habiendo mucho arrastre de sedimento. Aguas arriba de la toma existen centros poblados y actividades agropecuarias, que contaminan la fuente. (Latin Consult Sabesp, 2011:9).

En el cuadro 6.5 se muestra la cobertura de uso de la tierra en la zona de recarga de la represa La Porra, que se encuentra dentro de la microcuenca del Río Calan.

**Cuadro 6.5** Tamaño de los estratos de uso actual por cobertura para las zonas de recarga de las represa de La Porra, dentro de la microcuenca del Río Calan, Siguatepeque

Uso actual	Área (ha)	Porcentaje (%)
Agricultura	148.0	30.4
Bosque de pino	17.5	3.6
Bosque latifoliado	321.0	65.9
Guamil y pastos	0.6	0.1
Sub-total	487.1	100.0

Fuente: Tesis de valoración económica del recurso hídrico para determinar el pago por servicios ambientales en la microcuenca del río Calan, Siguatepeque de Fernando Cruz, 2002: 32.

## Represas de captación y sedimentación del Tablón

El Tablón está conformada por una represa de captación (véase cuadro 6.6) y una represa de sedimentación, esta última fue construida en el primer trimestre del 2011 como parte de un programa de mejoras para Aguas de Siguatepeque apoyado por el Programa de Modernización del Sector Agua y Saneamiento (PROMOSAS) (Latin Consult Sabesp, 2011:14). Sus coordenadas geográficas en UTM son las siguientes: X = 406.497 m; Y = 1.604.919 m; Z = 1,469 m (Rivera, Gabriel, 2009:6).

**Cuadro 6.6** Información general de la represa de captación El Tablón

Concepto	Características
Tipo de captación	Represa derivadora de concreto reforzado con caja sumergida
Materiales	Concreto reforzado
Tubería de salida	HFD 300 mm con válvula de control
Tubería de limpieza	PVC 300 mm con válvula de control
Estado	Fuga en uno de sus extremos
Dimensiones aproximadas	L= 16 m; h= 5 m
Elevación	1,469 msnm
Año de construcción	2002-2003

Fuente: Informe Intermedio Diagnostico del Sistema de Agua (Rivera, Gabriel, 2009:6)

## ➔ Represas de captación y sedimentación de La Porra

La Porra cuenta con una represa de captación (véase cuadro 6.7), un desarenador y dos represas de sedimentación, construidas para disminuir la cantidad de sólidos que la fuente arrastra durante la época de invierno. El desarenador y las represas de sedimentación fueron construidas en el primer trimestre del 2011 como parte de un programa de mejoras para Aguas de Siguatepeque apoyado por PROMOSAS. De la represa de captación sale una tubería adicional de 75 mm (3") de diámetro, con la que se abastecen las instalaciones de Productos Norteños, S.A (PRONORSA), propietaria del sitio de la obra de toma y de los terrenos aledaños (Latin Consult Sabesp, 2011:13). Sus coordenadas geográficas en UTM son las siguientes: X = 405.528 m; Y = 1.606.175 m; Z = 1.467 m. (Rivera, Gabriel, 2009).

**Cuadro 6.7** Información general de la represa de captación de La Porra

Concepto	Características
Tipo de captación	Represa derivadora de concreto reforzado con caja sumergida
Materiales	Concreto reforzado
Tubería de salida	HFD 250 mm con válvula de control
Tubería de limpieza	HG 200 mm con válvula de control
Dimensiones aproximadas	L= 22 m; h= 3.50 m
Elevación	1467 msnm
Año de construcción	2001
Fuente: Informe intermedio Diagnostico del sistema de Agua (Rivera, Gabriel, 2009:5)	

## ➔ Línea de conducción y distribución del Río Calan (compuesto por La Porra y El Tablón)

A continuación se presentan en el cuadro 6.8 las características de la tubería como: diámetro, material, longitud y fecha de construcción de algunos tramos de la línea de conducción; cabe destacar que no se tiene planos topográficos que indiquen la distancia exacta de la línea de conducción y distribución del subsistema de agua del Río Calán. Actualmente Latin Consult está realizando un levantamiento de información para actualizar los planos de la red de distribución y contar con información referente a diámetros, existencia tubería y válvulas; esto como etapa previa a la actualización del catastro de redes.

**Cuadro 6.8** Características de las líneas de conducción del subsistema del Río de Calan

Parte de:	Llega a:	Diámetro (mm)	Material	Longitud (m)	Fecha de Construcción
Represa El Tablón	Unión Línea El Tablón	300 (12")	HFD	300,00	2001-2003
		250 (10")	HFD	96,00	
		300 (12")	PVC RD-26	1,884.00	
		250 (10")	PVC RD-26	1,002.00	
		Sub Total			

Continuación del cuadro 6.8

Parte de:	Llega a:	Diámetro (mm)	Material	Longitud (m)	Fecha de Construcción
Represa La Porra	Unión Línea La Porra	200 (8")	HFD	264,00	2001-2003
		150 (6")	HFD	192,00	
		200 (8")	PVC RD-26	1,464.00	
		150 (6")	PVC RD-26	1,062.00	
		Sub total		<b>2,982.00</b>	
Unión La Porra-El Tablón	Planta de Tratamiento Rosenthal Oliva	300	N.D	N.D*	
Planta de Tratamiento Rosenthal Oliva	A los tanque de Calanterique y Santa Martha	N.D	N.D	N.D	
Pozo Macaruya	Línea Distribución II PT Rosenthal Oliva	150 (6")	N.D	168.00	N.D
Pozo Alcaravanes III	Línea Distribución II PT Rosenthal Oliva	150 (6")	N.D	148.00	N.D
Fuente: Informe Intermedio Diagnostico del Sistema de Agua (Rivera, Gabriel, 2009:13 y 14) definido					*N.D: No definido

### ➔ Planta Convencional Mecanizada "Jaime Rosenthal Oliva"

Esta planta comenzó operaciones en Diciembre de 2007 y es una planta de proceso convencional, con capacidad de procesar 100 l/s y cuenta con cuatro operaciones unitarias que son: coagulación (mezcla rápida y floculación mecánica), decantación, filtración y desinfección. Sus coordenadas geográficas en UTM (por las siglas en ingles Universal Transverse Mercator) son: X =406,938m; Y =1, 610,513m; y elevación 1,206 msnm (Latin Consult Sabesp, 2011:19 al 20).

La línea de tratamiento mecanizada y sus componentes principales son las siguientes:

- Medición y regulación de caudal de entrada de agua cruda.
- Precloración con cloro gas.
- Mezcla rápida en línea.
- Cámaras de floculación con tres (3) agitadores lentos de velocidad variable.
- Decantador lamelar en tanque de concreto.
- Purga de sólidos decantados mediante temporizador y envío por bombeo al espesador de fangos.
- Almacenamiento en tolva y dosificación granular de coagulante (sulfato de aluminio) y neutralizante (cal química), con preparación de la disolución acuosa automática en depósito de 2,000 litros para la dosificación.
- Sistema de dosificación de cloro gas con reguladores de vacío.
- Filtración de agua decantada, mediante filtros de arena abiertos.
- Sistema de lavado de filtros, con inducción previa de flujo de aire generado por un grupo soplante y agua de lavado posterior.
- Almacenamiento de agua filtros hacia cisterna y posteriormente al tanque de almacenamiento de agua tratada.
- Sistema de deshidratación de fangos (espesador dinámico, floculador, filtro de banda, bombas helicoidales, bombas de lavado de telas del filtro prensa, bombas dosificadoras de polímero).

- Equipos de presión de agua para servicios y compresor neumático.
- Control automático en los siguientes equipos: caudal mediante medidores electromagnéticos instalados en la línea de tubería, medición del potencial hidrógeno, analizador continuo para medición de cloro residual en post-cloración y cuadro general de protección y control con sinóptico, autómatas programables, monitorización en planta mediante el Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) cargado en computadora y una impresora.

## ➔ Tanques de almacenamiento

El subsistema de abastecimiento de agua del Río Calan cuenta con cinco (5) tanques de almacenamiento de agua. El cuadro 6.9 describe las características de cada uno de los tanques de almacenamiento.

**Cuadro 6.9** Características de los tanques de almacenamiento del subsistema del Río Calan

Nombre del Tanque y año de construcción	Elevación (msnm)	Coordenadas en UTM		Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen (gls)	Fuente de abastecimiento	Tubería de salida
		X	Y				
Rosenthal Oliva (2007)	1,203	406,967	1,610,544	758	200,000	Planta de Tratamiento Rosenthal Oliva	10"
Calanterique (1989)	1,121	409,185	1,614,764	568	150,000	Tanque Rosenthal Oliva	12"
Altos de Calanterique (1989)	1,152	409,174	1,614,922	38	10,000	Tanque Calanterique	2"
Santa Marta (1989)	1,131	407,145	1,614,434	378	100,000	Tanque Rosenthal Oliva; Pozos: Alcaravanes III y Macaruyá	8" y 12"
Altos de Santa Marta (2008)	1,170	406,728	1,614,805	38	10,000	Tanque Santa Marta	2"

Fuente: Informe Intermedio Diagnostico del Sistema de Agua (Rivera, Gabriel, 2009:15)

## ➔ Pozos que se anexan al subsistema del Río Calan

Los pozos Alcaravanes III y Macaruyá son anexados a la línea de conducción hacia el tanque de Santa Martha. El cuadro 6.10 hace una descripción general de las características de cada uno de los pozos.

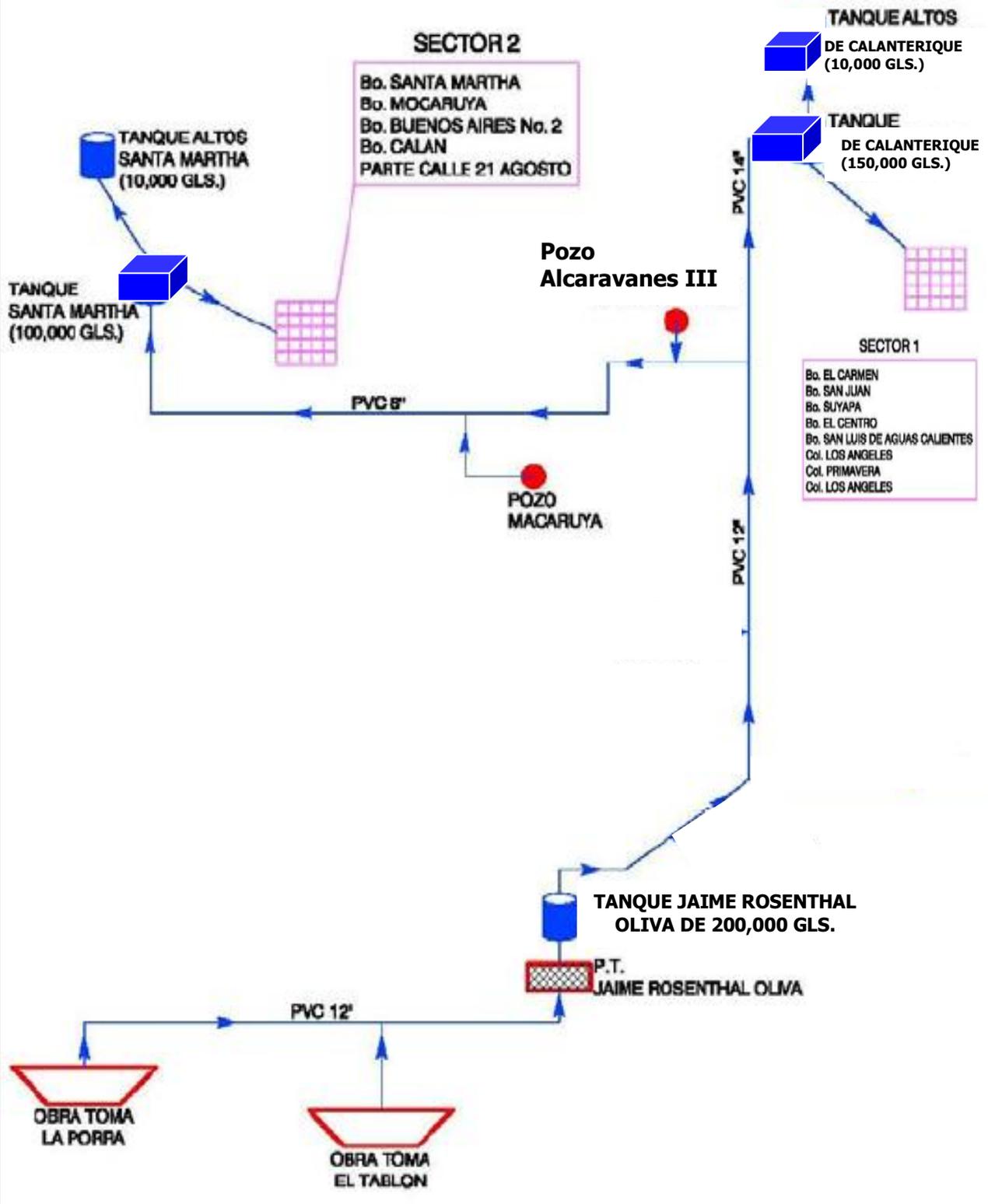
**Cuadro 6.10** Características de los pozos de Alcaravanes III y Macaruyá

Nombre del pozo	Elevación (msnm)	Coordenadas en UTM		Caudal (l/s)	Profundidad (m)	Abastece:	Tubería de salida
		X	Y				
Pozo Alcaravanes III	1,088.00 msnm	409,064	1,613,999	6.3	140	Tanque Santa Marta	6"
Pozo Macaruyá	1,088.00	408,417	1,613,747	10.73	134.25	Tanque Santa Marta	6"

Fuente: Informe Intermedio Diagnostico del Sistema de Agua( Rivera, Gabriel, 2009:9)

La ilustración 6.1 muestra los diferentes componentes que integran el subsistema del Río Calan así como los sectores No.1 y No.2 que son abastecidos por este subsistema.

**Ilustración 6.1** Diagrama del subsistema de abastecimiento de agua del "Río Calán"



Fuente: Plan Maestro SEFIN/UAP-AIF-4335-HO No. 01-2008, 2009:50

## 6.2.2 Evaluación de peligros y caracterización de riesgos

El cuadro 6.11 muestra los eventos peligrosos identificados durante la visita de campo en cada uno de los componentes del subsistema de abastecimiento de agua del Río Calan y detalla las consecuencias y nivel de riesgos que genera y/o generaría cada uno de los eventos ya sea en la estructura física del subsistema de abastecimiento y por ende en la calidad del agua.

**Cuadro 6.11** Evaluación de peligro y caracterización del riesgo del subsistema de abastecimiento de agua del “Río Calan”

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
Microcuenca del Río Calan	Existe deforestación, incendios forestales, asentamiento humano y actividades agropecuarias (cultivos de café), aguas arriba de la represa.	Disminución del caudal de agua, arrastre de sedimentos y contaminación por químicos.	20	Muy alto
	La tenencia de la tierra en su mayoría es privada y cierta parte de ella corresponde a otros municipios.	No se logran desarrollar actividades concretas de manejo agroforestal que garanticen una sostenibilidad del recurso hídrico del municipio.	20	Muy alto
Represa El Tablón	Acumulación de sedimentación (arena y palos) en represa de captación.	Reducción de la capacidad de captación de la fuente.	12	Alto
	La captación del agua se realiza en la parte inferior de la represa.	Reduce la capacidad de captación de la fuente.	12	Alto
	Fuga de agua en extremo inferior de la cortina (filtración)	Disminución del caudal de agua y daños a la estructura.	10	Alto
	Difícil acceso en la entrada a la represa	Accidentes de personas.	5	Bajo
	Desborde del Río “Calan” en temporada de lluvias.	Arrastres de sólidos, aumento de la turbiedad y daño estructural	16	Muy alto
	Construcción de obras de captación para uso personal y actividades agropecuarias sin ningún control y regulación aguas arriba de la represa.	Disminución del caudal de agua en la época de verano.	12	Alto
	No tiene desarenador	Obstrucción en la tubería y mayor cantidad de sedimentos.	15	Alto
	No se cuenta con título de propiedad ni paso de servidumbre	No hay garantías legales para acceso e inversión.	20	Muy alto
Represa de sedimentación El Tablón	Acumulación de sedimentación (arena y palos) en la represa de sedimentación	Aumenta la sedimentación en la represa de captación.	10	Alto
Represa La Porra	Fuga de agua en extremo inferior y lateral de la cortina (filtraciones).	Disminución del caudal de agua y daños en la estructura.	10	Alto
	Acumulación de sedimentación (arena) en la represa de captación.	Reducción de la capacidad de captación de la fuente.	12	Alto
	Construcción de obras de captación para uso personal y actividades agropecuarias sin ningún control y regulación aguas arriba de la represa.	Disminución del caudal de agua en el verano.	12	Alto
Represa de sedimentación La Porra	Acumulación de sedimentación (arena y palos) en la represa de sedimentación.	Aumenta la cantidad de sedimentación en la represa de captación.	10	Alto
Desarenador de La Porra	Presencia de residuos generados por la naturaleza (hojas)	Obstrucción de la tubería	5	Bajo

Continuación del cuadro 6.11

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
Línea de Conducción y Distribución	Falta de limpieza en los alrededores de la línea	Dificultad para inspección	10	Alto
	Fugas de agua en la tubería	Entrada de contaminación y disminución del caudal de agua	15	Alto
	Falta de soportes para sostener tubería y algunos dañados (anclajes de concreto)	Interrupción del servicio	10	Alto
	Tubería de PVC al descubierto	Interrupción del servicio	12	Alto
	Tubería que pasa por debajo de viviendas y otras propiedades privadas.	Inundaciones y asentamientos en las viviendas	20	Muy alto
	Faltas de muros de protección para tubería	Interrupción del servicio	10	Alto
	Desconocimiento de rutas, diámetros y tipo de material de la tubería de la línea de conducción y distribución.	Dificultad para inspección y reparación	16	Muy alto
	Falta de legislación de los pasos de servidumbre.	Dificultad para inspección y reparación	20	Muy alto
	Falta de limpieza interna en tubería	Colapso de tubería	10	Alto
	No existe en bodega disponibilidad de materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores	Limitada capacidad de respuesta ante eventuales acontecimientos.	10	Alto
	No se cuenta con un estudio topográfico y catastral de las líneas de conducción y red de distribución.	Limita correcciones y mejoras técnicas.	20	Muy alto
	Intersección de línea de conducción de represa El Tablón y La Porra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menor captación de caudal de agua</li> <li>Aumenta la posibilidad de un desabastecimiento por daños en la tubería al no contar con líneas independientes.</li> </ul>	10	Alto
Válvulas de control, de presión, aire y limpieza	Válvulas expuestas al sol y al agua, en ocasiones no cuentan con estructuras de protección.	Deterioro de las válvulas	12	Alto
	Falta de válvulas de aire	Disminución del caudal de agua	4	Bajo
	Presencia de residuos sólidos y tierra en las cajas de registros	Contaminación	10	Alto
	Desconocimiento de la ubicación de ciertas válvulas de control, de aire y limpieza.	Dificultad para inspección y reparación	10	Alto
	Fugas de agua en válvulas	Disminución del caudal de agua y entrada de contaminación	10	Alto
	Inexistencia de estudios topográfico que permitan identificar lugares para la instalación de nuevas válvulas.	Se limita a la instalación de válvulas de control, de aire y limpieza en base a los requerimientos y necesidades de cada línea.	20	Muy alto
	No existe en bodega disponibilidad de materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores	Capacidad de respuesta limitada ante eventuales acontecimientos.	10	Alto

Continuación del cuadro 6.11

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
Planta de Tratamiento convencional Jaime Rosenthal Oliva con capacidad de potabilización de 100 l/s	Fuga de agua en una junta 12" ubicada en la entrada principal	Disminución del caudal de agua	8	Medio
	El generador eléctrico se encuentra en mal estado y la capacidad de voltaje no cubre la demanda completa de los componentes de la planta.	Desabastecimiento	20	Muy alto
	Existe un déficit de transformación energética que reduce la eficiencia operativa de la planta.	Reduce la eficiencia del proceso de potabilización	16	Muy alto
	El volumen de agua que ingresa en temporada de invierno (aprox. 440m <sup>3</sup> /h) sobrepasa la capacidad instalada de potabilización de la planta (360m <sup>3</sup> /h).	Se desaprovecha un importante porcentaje de agua superficial disponible en la temporada de invierno, en alguna medida aumenta los costos por utilizar agua subterránea.	16	Muy alto
	Planta procesadora de lodos sin funcionamiento.	Lodos no tratados	15	Alto
	Falta de medidas de prevención en caso de incendios o emergencias	Accidentes laborales	25	Muy alto
	Según Diagnóstico de Latin Consult SABESP, componentes dañados impiden la aplicación de: proceso de pre-cloración, cal química hidratada para corrección del pH, sulfato de aluminio, dosificación de floculante (polímero) DOSAPRO MILTON ROY; Además falta de una buena floculación con gradientes de velocidades decrecientes, fallas en el proceso de decantación, fallas en la filtración, torre de absorción de cloro totalmente dañada. La mayor parte de esto fue generado por la fuga de cloro gas que provocó la corrosión de ciertos equipos y daño la computadora donde se encuentra el Sistema SCADA, por lo que la planta está inoperable en opción automática ( <b>Véase Anexo D</b> ).	Reduce la eficiencia del proceso de potabilización.	25	Muy alto
	Tecnología no adaptada a las condiciones del municipio (dificultad en encontrar algunos componentes dañados y altos costos en caso de que se encuentren).			
Tanque e Hipoclorador Jaime Resenthal Oliva (200,000 galones)	Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua	Deterioro progresivo de la estructura	20	Muy alto
	Hierro corroído (tubería, tapaderas y válvulas)	Deterioro de los componentes y expone la calidad de agua.	8	Medio
	Sistema de ventilación inadecuado	Contaminación	6	Bajo
	Falta de protección del hipoclorador.	Contaminación y variación en la concentración de cloro residual	10	Alto
	Falta de limpieza y pintura en la pared.	Contaminación y deterioro	10	Alto

Continuación del cuadro 6.11

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
Tanque de 150,000 galones de Calanterique	Falta de iluminación en los perímetros del tanque	Dificulta la vigilancia y operación nocturna	10	Alto
	Hierro corroído (tubería, escaleras, tapaderas, válvulas y cerco)	Deterioro de los componentes y contaminación	10	Alto
	Falta de protección del hipoclorador.	Contaminación y variación en la concentración de cloro residual	10	Alto
	Falta de mantenimiento y acondicionamiento de estación de rebombeo y línea de conducción	Posible desabastecimiento de agua para el sector alto de Calanterique	10	Alto
	Falta de limpieza y pintura en la pared	Contaminación y deterioro	8	Medio
Tanque de 10,000 gls de Altos de Calanterique	Hierro corroído (tubería, válvulas y cerco)	Deterioro de los componentes y contaminación	10	Alto
	Falta de iluminación	Dificulta la vigilancia y operación nocturna	8	Medio
	Falta de limpieza y pintura en la pared.	Contaminación y deterioro	10	Alto
Pozo de Alcaravanes III	Corrosión de estructuras metálicas y rupturas en la malla del cerco perimetral	Deterioro de la estructura	10	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.	Reduce el caudal de extracción, el deterioro progresivo podría en algún momento hacer que colapse la estructura interna del pozo, además la contaminación	15	Alto
	No se cuenta con perfil estructural del pozo	Riesgo de adquirir e instalar equipo electromecánico inapropiado.	10	Alto
	El pozo se encuentra a pocos metros de viviendas	Expone o hace vulnerable el agua a eventos (por ejemplo derrames de químico) que puedan ser causados por los vecinos.	12	Alto
	No hay desinfección a la salida del pozo	Riesgo de contaminación bacteriológica.	20	Muy alto
	No se cuenta con un estudio geofísico que determine el potencial hídrico subterráneo que asegure la disponibilidad y abastecimiento de agua para el municipio.	Sobre explotación del acuífero	16	Muy alto
Pozo Macaruyá	Quema de residuos y presencia de maleza en el perímetro del pozo	Contaminación	10	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas y rupturas en la malla del cerco perimetral	Deterioro de la estructura	10	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas interna del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.	Reduce el caudal de extracción, el deterioro progresivo podría en algún momento hacer que colapse la estructura interna del pozo, además la contaminación	15	Alto

Continuación del cuadro 6.11

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
Pozo Macaruyá	No se cuenta con perfil estructural del pozo	Riesgo de adquirir e instalar equipo electromecánico inapropiado.	10	Alto
	No hay desinfección a la salida del pozo	Riesgo de contaminación bacteriológica.	20	Muy alto
	No se cuenta con un estudio geofísico que determine el potencial hídrico subterráneo que asegure la disponibilidad y abastecimiento de agua para el municipio.	Sobre explotación del acuífero	16	Muy alto
	El pozo se encuentra a pocos metros de viviendas.	Expone o hace vulnerable el agua a eventos (por ejemplo derrames de químico) que puedan ser causados por los vecinos.	12	Alto
Tanque e hipoclorador de (100,000 galones) de Santa Martha	Hierro corroído (tubería, válvulas, cerco y tapaderas del tanque)	Deterioro de los componentes y expone la calidad de agua.	10	Alto
	Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua	Deterioro progresivo de la estructura	10	Alto
	Puerta de la caseta de controles en mal estado y falta de iluminación	Dificulta la vigilancia y operación nocturna	10	Alto
	Falta de protección del hipoclorador	Contaminación y variación en la concentración de cloro residual	10	Alto
	Falta de limpieza y pintura en la pared externa de la losa	Contaminación y deterioro	8	Medio
	Falta de mantenimiento y acondicionamiento de estación de rebombeo.	Posible desabastecimiento de agua para el sector alto de Santa Martha	10	Alto
Tanque de 10,000 galones de Altos de Santa Martha	Maleza en el perímetro del tanque	Dificultad para inspección	10	Alto
	Falta de dispositivo de rebose	Derrame de agua	10	Alto
	Hierro corroído (tubería, válvulas, cerco y tapaderas del tanque)	Deterioro de los componentes y expone la calidad de agua.	10	Alto
	Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua	Deterioro progresivo de la estructura	10	Alto
	Falta de limpieza y pintura en la pared externa de la losa	Contaminación y deterioro	8	Medio
	Capacidad de almacenamiento limitada	No se cubre la demanda de agua del sector	10	Alto
	Caudal disponible es reducido en comparación a la demanda	Hora de servicio reducido, servicio intermitente.	12	Alto
Lugares de consumo	Los usuarios tienen desconocimiento de: las fuentes de consumo, los procesos de potabilización, conducción y distribución.	Los consumidores no valoran el costo del vital líquido.	10	Alto
	Intermitencia del servicio de agua en algunos barrios	Inconformidad en los consumidores.	12	Alto
	No se cuenta con buenas prácticas de uso del servicio de agua.	Uso irracional del servicio de agua potable.	20	Muy alto

### 6.2.3 Determinación de puntos críticos de control (PCC), medidas de control y acciones correctivas

Existen eventos peligrosos que es necesario controlar y monitorear, porque afectan directamente la calidad de agua de consumo humano, por tal razón fue necesario la determinación de Puntos Críticos de Control y Puntos de Control en eventos con riesgo alto y muy alto.

En esta etapa se presentan actividades y operaciones (medidas de control y acciones correctivas), encaminadas a evitar y/o eliminar los peligros que pongan en riesgo la estructura física del subsistema de abastecimiento y por ende la calidad del agua (véase cuadro 6.12).

**Cuadro 6.12** Determinación de puntos críticos de control (PCC), Medidas de Control y/o acciones correctivas en los componentes del subsistema de "Río Calan"

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Microcuenca del Río Calan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe deforestación, incendios forestales, asentamiento humano y actividades agropecuarias (cultivos de café), aguas arriba de la represa.</li> <li>• La tenencia de la tierra en su mayoría es privada y cierta parte de ella corresponde a otros municipios.</li> </ul>	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Conformación de una Unidad de Manejo de Recursos Hídricos adscrita a la administración municipal, con independencia de gestión de recursos económicos, financieros y técnico, orientados a la conservación de las microcuencas y mejoramiento de la calidad de agua.</li> <li>* Formulación y aplicación del Plan de Protección para la Reserva Biológica de Montecillo en el marco de la conformación de la mancomunidad, con el propósito de lograr la sostenibilidad del mismo.</li> <li>* Establecer convenios con la Dirección Distrital de Educación, Asociación de Patronatos, Fuerzas Armadas, Cuerpo de Bomberos, ONG`s y sociedad civil en general, para lograr el involucramiento y desarrollo de acciones conjuntas, orientadas a la protección y manejo de las áreas productoras de agua, así como en el desarrollo de programas y campañas educativas orientadas a los usuarios del servicio de agua potable.</li> <li>* Establecer convenio con las universidades presentes en el casco urbano para que brinde apoyo técnico a la Unidad Municipal Desconcentrada "Aguas de Siguatepeque" en el desarrollo de acciones conjuntas orientadas a la protección de la microcuenca y al manejo operativo y administrativo del sistema de agua potable.</li> <li>* Gestionar ante el Instituto Nacional de Conservación Forestal (ICF) la declaratoria de la microcuenca como área productora de agua de interés público.</li> <li>* Elaboración y aplicación de planes de manejo agroforestal en las áreas productoras de agua.</li> <li>* Elaboración y aplicación de mecanismos de Pago por Servicios Ambientales (PSA) y/o servidumbres ecológicas.</li> <li>* Establecimiento de fondo ambiental para la compra de terrenos localizados en las áreas productoras de agua.</li> </ul>

Continuación del cuadro 6.12

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Represa El Tablón	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desborde del Río “Calan” en temporada de lluvias.</li> <li>Acumulación de sedimentación (arena y palos) en represa de captación.</li> <li>La captación del agua se realiza en la parte inferior de la represa.</li> </ul>	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Desasolvamiento en la represa de captación.</li> <li>* Construcción de una obra de almacenamiento (diques)</li> <li>* Construcción de presas de sedimentación aguas arriba de la represa de captación.</li> <li>* Protección y restauración de la cobertura forestal en franjas cercanas a la represas de captación (dependerá de los diagnósticos de los planes de manejo).</li> </ul>
	Fuga de agua en extremo inferior de la cortina (filtración)	PC	Reparación de fugas y filtraciones en la represa. Previamente debe hacerse una evaluación general de obra civil que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
	Construcción de obras de captación para uso personal y actividades agropecuarias sin ningún control y regulación aguas arriba de la represa	PCC	La Unidad de Recursos Hídricos propuesta para el manejo del área productora de agua, deberá establecer programas integrales de cooperación mutua con los productores y propietarios legales de terrenos, que realizan actividades de producción agropecuaria en la zona. Estos programas deberán contener la estrategia de pago por servicios ambientales.
	No tiene desarenador	PC	Construcción y mantenimiento de un desarenador
	No se cuenta con título de propiedad ni paso de servidumbre	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Se sugiere que la municipalidad inicie procesos legales para los trámites de pasos de servidumbre.</li> <li>* Compra de terrenos aledaños a la represa como inicio a la municipalización de la microcuenca.</li> </ul>
Represa de sedimentación el Tablón	Acumulación de sedimentación (arena y palos) en la represa de sedimentación	PCC	Aseo y limpieza general de represa de sedimentación.
Represa La Porra	Fuga de agua en extremo inferior y lateral de la cortina (filtraciones)	PC	Reparación de fugas y filtraciones en la represa. Previamente debe hacerse una evaluación general de obra civil que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
	Acumulación de sedimentación (arena) en la represa de captación	PCC	Aseo y limpieza general de represa de captación.
	Construcción de obras de captación para uso personal y actividades agropecuarias sin ningún control y regulación aguas arriba de la represa	PCC	La Unidad de Recursos Hídricos propuesta para el manejo del área productora de agua, deberá establecer programas integrales de cooperación mutua con los productores y propietarios legales de terrenos, que realizan actividades de producción agropecuaria en la zona. Estos programas deberán contener la estrategia de pago por servicios ambientales.
Represa de sedimentación la Porra	Acumulación de sedimentación (arena y palos) en la represa de sedimentación	PCC	Aseo y limpieza general de represa de sedimentación.
Línea de Conducción y Distribución	Falta de limpieza en los alrededores de la línea	PC	Limpieza de maleza en los alrededores de la tubería.
	Fugas de agua en la tubería	PCC	Reparación de fugas.
	Falta de soportes para sostener tubería y algunos dañados (anclajes de concreto)	PC	Reparación y construcción de soportes para tubería
	Tubería de PVC al descubierto	PCC	Recubrimiento de tubería PVC al descubierto.

Continuación del cuadro 6.12

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Línea de Conducción y Distribución	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tubería que pasa debajo de viviendas y otras propiedades privadas.</li> <li>Falta de legalización de los pasos de servidumbre.</li> </ul>	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Realineamiento de líneas de conducción previo estudio de factibilidad.</li> <li>* Se sugiere que la municipalidad debe iniciar procesos para la firma de convenios de servidumbre o compra de terrenos donde pasa la línea de conducción.</li> <li>* Se propone que la municipalidad junto a propietarios de terrenos privados, gestionen ante las instituciones del estado, la protección de bienes y propiedades de utilidad pública (ICF, Instituto Nacional Agrario (INA), Instituto de la Propiedad entre otros) utilizados por Aguas de Siguatepeque para el abastecimiento de agua potable, ante la posible presencia de invasores o depredadores.</li> </ul>
	Faltas de muros de protección para tubería	PC	Construcción de obras de protección para la tubería.
	Desconocimiento de rutas, diámetros y tipo de material de la tubería de la línea de conducción y distribución.	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Elaboración de diagnóstico estructural de la línea.</li> <li>* Señalizar la línea de conducción y distribución.</li> </ul>
	Falta de limpieza interna en tubería	PCC	Realizar limpieza interna en la tubería dos veces por año
	No existe en bodega disponibilidad de materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores	PC	Gestionar la compra de accesorios de fontanería según el banco de necesidades de Aguas de Siguatepeque.
	No se cuenta con un estudio topográfico y catastral de las líneas de conducción y red de distribución.	PC	Realización de un estudio topográfico y catastral de las líneas de conducción y red de distribución.
	Intersección de línea de conducción de represa de El Tablón y La Porra.	PC	Elaborar un estudio de factibilidad que permita la independización de la línea de conducción de la represa de El Tablón y La Porra.
Válvulas de control, de aire y limpieza	Válvulas expuestas al sol y al agua, en ocasiones no cuentan con estructuras de protección.	PC	Construcción de drenajes y estructuras de protección (cadenas, candados, tapaderas y cajas) en válvulas desprotegidas.
	Presencia de residuos sólidos y tierra en las cajas de registros	PCC	Aseo y limpieza general de las cajas de registros
	Desconocimiento de la ubicación de ciertas válvulas de control, de aire y limpieza	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Debe tomarse como base el estudio topográfico de la línea de conducción y distribución.</li> <li>* Señalizar válvulas de control, de aire y limpieza.</li> </ul>
	Fugas de agua en la válvulas	PCC	Cambiar las válvulas dañadas por nuevas.
	No existe en bodega disponibilidad de materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores	PC	Gestionar la compra de accesorios de fontanería según el banco de necesidades de Aguas de Siguatepeque.
	Inexistencia de estudios topográfico que permitan identificar lugares para la instalación de nuevas válvulas.	PC	Debe tomarse como base el estudio topográfico de la línea de conducción y distribución.

Continuación del cuadro 6.12

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Planta de Tratamiento convencional Jaime Resenthal Oliva con capacidad de potabilización de 100 l/s	El generador eléctrico se encuentra en mal estado y la capacidad de voltaje no cubre la demanda completa de los componentes de la planta.	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Reparación del generador eléctrico que actualmente está instalado en la planta.</li> <li>* Compra de un nuevo generador para completar la carga necesaria para el funcionamiento eficiente de la planta, en los casos que no se cuente con el servicio público de energía eléctrica; previo a estudio de requerimiento de voltaje.</li> </ul>
	Existe un déficit de transformación energética que reduce la eficiencia operativa de la planta.	PC	Compra de dos transformadores de 75 KVA, previamente evaluados por un experto electromecánico.
	El volumen de agua que ingresa en temporada de invierno (aprox. 440m <sup>3</sup> /h) sobrepasa la capacidad instalada de potabilización de la planta (360m <sup>3</sup> /h)	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Elaboración de estudio de factibilidad para aumentar la capacidad de procesamiento de la planta.</li> <li>* Construcción de una planta de tratamiento como complemento a la existente y/o la ampliación de la actual.</li> </ul>
	Planta procesadora de lodos sin funcionamiento.	PC	Elaboración de estudio de factibilidad para la reactivación del sistema de tratamientos de lodos.
	Falta de medidas de prevención en caso de incendios o emergencias	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Solicitar al Cuerpo de Bomberos una inspección de riesgos de incendios y emergencias.</li> <li>* Fortalecer mediante programas de capacitaciones y asistencia técnica el conocimiento de operadores de planta.</li> </ul>
	Según diagnostico de Latin Consult SABESP, componentes dañados impiden la aplicación de: proceso de pre-cloración, cal química hidratada para corrección del pH, sulfato de aluminio, dosificación de floculante (polímero) DOSAPRO MILTON ROY; además no hay buena floculación con gradientes de velocidades decrecientes, fallas en el proceso de decantación, fallas en la filtración, torre de absorción de cloro totalmente dañada. La mayor parte de esto fue generado por la fuga de cloro gas que provocó la corrosión de ciertos equipos y daño la computadora donde se encuentra el Sistema SCADA, por lo que la planta está inoperable en opción automática (Véase Anexo D).	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Por el alto costo que representa la reparación de los componentes dañados del sistema, la municipalidad debe gestionar a través de cooperantes el acondicionamiento y restauración de componentes en mal estado que existen en la planta.</li> <li>* Se recomienda a la municipalidad solicitar al SANAA la asistencia y asesoría técnica tal y como lo exige la Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento.</li> <li>* Para garantizar la sostenibilidad operativa y administrativa del sistema de agua potable, se sugiere que la Municipalidad a través de su operador Aguas de Siguatepeque, ajuste su pliego tarifario a los costos reales de administración, operación y mantenimiento. Paralelamente se debe iniciar un proceso sistemático de micromedición, que permita al operador recuperar vía facturación sus costos operativos.</li> </ul>
Tecnología no adaptada a las condiciones del municipio (dificultad para encontrar algunos componentes dañados y altos costos en caso de que se encuentren).		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Estudio de factibilidad que permita que la tecnología actual de potabilización, se adapte a una tecnología (reconversión) con disponibilidad de materiales, accesorios y equipo en el mercado nacional.</li> </ul>	

Continuación del cuadro 6.12

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Tanque e Hipoclorador Jaime Resenthal Oliva (200,000 galones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua (véase fotografía 6.1)</li> <li>Falta de protección del hipoclorador.</li> <li>Falta de limpieza y pintura en la pared.</li> </ul>	PC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño de una tapadera de uso práctico y resistente a la corrosión en el hipoclorador.</li> <li>Reparación de fugas y filtraciones en el tanque. Previamente debe hacerse una evaluación general de obra civil que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.</li> <li>Limpieza y pintado de las paredes del tanque.</li> </ul>
Tanque de 150,000 galones de Calanterique	Falta de iluminación en los perímetros del tanque.	PC	Instalación de lámparas en los lugares donde se requiera.
	Hierro corroído (tubería, escaleras, tapaderas, válvulas y cerco).	PC	Pintar los componentes (tubería, escaleras y tapaderas, válvulas y cerco).
	Falta de protección del hipoclorador.	PC	Diseño de una tapadera de uso práctico y resistente a la corrosión
	Falta de mantenimiento y acondicionamiento de estación de rebombeo y línea de conducción	PC	Rediseño de equipo electromecánico y línea de conducción.
	Falta de limpieza y pintura en la pared	PC	Limpieza y pintado de las paredes del tanque.
Tanque de 10,000 gls de Altos de Calanterique	Hierro corroído (tubería, válvulas y cerco)	PC	Pintar los componentes tubería, escaleras, válvulas y cerco.
	Falta de limpieza y pintura en la pared.	PC	Limpieza y pintado de las paredes del tanque.
Pozo de Alcaravanes III	Corrosión de estructuras metálicas y rupturas en la malla del cerco perimetral	PC	Pintar hierro y reparar rupturas en la malla.
	El pozo se encuentra a pocos metros de viviendas	PCC	Inspeccionar la conexión de alcantarillado en la zona, con el fin de establecer medidas ante cualquier foco potencial de contaminación. En caso de no existir alcantarillado la alcaldía municipal deberá invertir en una nueva red.
	No hay desinfección a la salida del pozo	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar la cloración de HTH en el tanque Santa Martha.</li> <li>Adquirir equipo para desinfección de agua a la salida del pozo</li> </ul>
	* Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas. * No se cuenta con perfil estructural del pozo	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limpieza y acondicionamiento interna (revestimiento) de la estructura metálica del pozo.</li> <li>Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.</li> </ul>
	No se cuenta con un estudio geofísico que determine el potencial hídrico subterráneo que asegure la disponibilidad y abastecimiento de agua para el municipio.	PCC	Elaborar un estudio geofísico hídrico subterráneo que asegure, regulación, control y la disponibilidad de abastecimiento de agua para el municipio.
Pozo Macaruyá	Corrosión de estructuras metálicas y rupturas en la malla del cerco perimetral	PC	Pintar hierro y reparar rupturas en la malla.
	Quema de residuos y presencia de maleza en el perímetro del pozo	PCC	Limpieza de maleza

Continuación del cuadro 6.12

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Pozo Macaruyá	No hay desinfección a la salida del pozo	PCC	* Implementar la cloración de HTH en el tanque Santa Martha. * Adquirir equipo para desinfección de agua a la salida del pozo
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrosión de estructuras metálicas internas del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.</li> <li>• No se cuenta con perfil estructural del pozo</li> </ul>	PCC	* Limpieza y acondicionamiento interno (revestimiento) de la estructura metálica del pozo. * Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
	No se cuenta con un estudio geofísico que determine el potencial hídrico subterráneo que asegure la disponibilidad y abastecimiento de agua para el municipio.	PCC	Elaborar un estudio geofísico hídrico subterráneo que asegure la disponibilidad y abastecimiento de agua para el municipio.
	El pozo se encuentra a pocos metros de viviendas.	PCC	Inspeccionar la conexión de alcantarillado en la zona, con el fin de reparar cualquier foco de potencial de contaminación. En caso de no existir alcantarillado la alcaldía municipal deberá invertir en una nueva red.
Tanque e hipoclorador de (100,000 galones) de Santa Martha	Hierro corroído (tubería, válvulas, cerco y tapaderas del tanque)	PC	Pintar los componentes (tubería, escaleras y tapaderas, válvulas y cerco).
	Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua	PC	Reparación de fugas y filtraciones en el tanque. Previamente debe hacerse una evaluación general de obra civil que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puerta en mal estado de la caseta de controles</li> <li>• Falta de iluminación</li> </ul>	PC	Reparación de la puerta e instalación de iluminación
	• Falta de protección del hipoclorador	PC	Diseño de una tapadera de uso práctico y resistente a la corrosión
	Falta de mantenimiento y acondicionamiento de estación de rebombeo.	PC	Rediseño de equipo electromecánico.
Tanque de 10,000 galones de Altos de Santa Martha	Maleza en el perímetro del tanque	PCC	Limpieza de maleza.
	Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua	PC	Reparación de fugas y filtraciones en el tanque. Previamente debe hacerse una evaluación general de obra civil que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
	Hierro corroído (tubería, válvulas, cerco y tapaderas del tanque)	PC	Pintar los componentes (tubería, escaleras y tapaderas, válvulas y cerco).
	Falta de dispositivo de rebose	PC	Diseño y construcción de sistema de rebose.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de almacenamiento limitada.</li> <li>• Caudal disponible es reducido en comparación a la demanda</li> </ul>	PC	Diseño y construcción de tanque de almacenamiento para cubrir la demanda actual y potencial del sector.

Continuación del cuadro 6.12

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Lugares de consumo	Los usuarios tienen desconocimiento de: las fuentes de consumo, los procesos de potabilización, conducción y distribución.	PC	Informar a la población a través de los medios de comunicación, cuál es la fuente de donde proviene el agua, la distancia, el tratamiento y el costo que implica; con el propósito de concientizar a la población en el cuidado del agua y garantizar la sostenibilidad del subsistema.
	Intermitencia del servicio de agua en algunos barrios	PCC	Con la independización de cuatro líneas de bombeo y la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento con capacidad de 230,000 galones, que actualmente se ejecuta con fondos PROMOSAS y contraparte municipal, se pretende mejorar las horas de servicio de un sector de la ciudad. Quedará pendiente de evaluación los sectores con déficit de almacenamiento para la ejecución de nuevas inversiones.
	No se cuenta con buenas prácticas de uso del servicio de agua.	PCC	Desarrollar programas educativos orientados a la población, con el propósito de garantizar la calidad, ahorro y buen uso del servicio de agua potable.

¿Qué significa un PCC, PC, medida de control y acción correctiva?



**Punto de Control (PC):** es una etapa en el sistema de agua, donde se puede aplicar una medida de control para prevenir o eliminar un peligro para la seguridad del agua potable.

**Punto Crítico de Control (PCC):** son aquellos que en la etapa del proceso puede ocurrir un riesgo para la salud y que es necesario monitorear toda la vida.

**Medida de control:** son acciones, actividades y procesos que se aplican para prevenir o minimizar los peligros en el sistema de abastecimiento.

**Acción Correctiva:** se define como aquella que debe tomarse cuando los resultados del monitoreo indican una desviación de límite operacional o Crítico.



**Fotografía 6.1** Panorámica de la situación de la estructura del tanque Jaime Rosenthal Oliva 200,000 galones; la estructura tiene fugas de agua debido a que la pared tiene fisuras (filtraciones). OPS/OMS, 2012.

## 6.3 Evaluación del subsistema de abastecimiento del Río Guaratoro

### 6.3.1 Descripción del subsistema de abastecimiento de agua

A continuación se describen los diferentes componentes con las respectivas características del subsistema del Río de Guaratoro.

#### ➔ Microcuenca Guaratoro

La microcuenca del Río Guaratoro cuenta con 800.65 ha, está ubicada en el extremo nor-oeste de la ciudad de Siguatepeque, a 3.2 km del centro urbano de la población. Localizada entre los 1,200 a 1,650 metros sobre el nivel del mar (SECOPT, 1992), su ubicación geográfica se ubica en los meridianos 87°46'55" y 87°48'31" Longitudes Oeste y entre los paralelos 14°38'28" y 14°35'34" Latitudes Norte.

En el área de la microcuenca existen diferentes usos de la tierra los cuales son: área urbana, bosque de pino, sin cobertura, hortaliza, matorral, pasto y agricultura (véase cuadro 6.13), este último uso es uno de los más importantes, debido al ingreso económico que brinda a los productores. La ubicación de parcelas agrícolas, se encuentran en la parte alta de la microcuenca. (Tesis Javier, Libny, 2004:15).

**Cuadro 6.13** Tamaño de los estratos de uso actual por cobertura para la microcuenca del Río Guaratoro

Uso actual	Área (ha)	Porcentaje (%)
Área urbana	15.38	1.9
Bosque de pino	488.32	61.0
Sin cobertura	26.02	3.2
Agricultura	85.39	10.7
Hortaliza	10.18	1.3
Matorral	107.71	13.5
Pasto	67.65	8.4
<b>Total</b>	<b>800.65</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Tesis de valoración del recurso hídrico para determinar el pago por servicio ambiental en la microcuenca del Río Guaratoro, Siguatepeque. Libny Javier Flores, 2004:15.

El río tiene una producción de 40.97 l/s en invierno, en estiaje su producción se reduce. El estado de su microcuenca se califica de regular, porque se encuentra poblada y existe actividad agropecuaria aguas arriba de la toma, con los consiguientes riesgos de contaminación. Las variaciones estacionales en sus rendimientos son marcadas a consecuencia de la deforestación.

En la actualidad no existen planes de conservación y manejo. Cabe destacar que aguas arriba de la represa existe otra obra de toma del acueducto que capta agua para las colonias Brisas del Bosque, Víctor Chávez y Guillermo Martínez Suazo, esta represa es administrada por una Junta de Agua. La presencia de esta represa disminuye el caudal del río sobre todo en verano, época en la cual la fuente de agua, en el punto donde se ubica la represa de Aguas de Siguatepeque, disminuye la producción ocasionando problemas para satisfacer la demanda de la población que habita los barrios a los cuales les brinda servicio dicha fuente (Latin Consult Sabesp, 2011:8).

## Represas de captación y sedimentación de Guaratoro

La obra de toma de Guaratoro está conformada por una represa (véase cuadro 6.14) y una represa de sedimentación; esta última con el propósito de disminuir la cantidad de sólidos que arrastra durante el invierno. Fue construida en el primer trimestre del 2011 como parte de un programa de mejoras para Aguas de Siguatepeque apoyado por PROMOSAS. Contaba con un desarenador, el cual fue demolido ya que se encontraba en mal estado (Latin Consult Sabesp, 2011:12). Sus coordenadas geográficas en UTM son las siguientes: X = 413.469 m; Y = 1.614.605 m; Z = 1.214 m. (Rivera, Gabriel, 2009:3).

**Cuadro 6.14** Información general de la represa de captación de Guaratoro

Concepto	Características
Tipo de captación	Represa derivadora de mampostería con caja sumergida
Materiales	Concreto reforzado
Tubería de salida	HG 150 mm con válvula de control
Tubería de limpieza	2 Niples de HG 150 mm con tapón de HG
Dimensiones aproximadas	L= 5.00 m; h= 1.00 m
Elevación	1,214 msnm
Año de construcción	1988
Fuente: Informe Intermedio Diagnostico del Sistema de Agua (Rivera, Gabriel, 2009:3)	

## Línea de conducción y distribución de Guaratoro

A continuación se presentan en el cuadro 6.15 las características de la tubería como: diámetro, material, longitud y fecha de construcción de algunos tramos de la línea de conducción. Cabe destacar que no se tiene planos topográficos que indiquen la distancia exacta de la línea de conducción y distribución del subsistema de agua de Guaratoro. La línea de conducción tiene dos (2) válvulas de limpieza, tres (3) de retención y tres (3) válvulas de aire.

Como parte del trabajo del Consorcio y previo al catastro de redes, se está realizando un levantamiento de información para actualizar los planos de la red de distribución para contar con información sobre diámetros, existencia tubería y válvulas.

**Cuadro 6.15** Características de las líneas de conducción del subsistema de Guaratoro

Parte de:	Llega a:	Diámetro (mm)	Material	Longitud (m)	Fecha de Construcción
Represa Guaratoro	Planta Tratamiento Guaratoro	200 (8")	PVC RD-26	1,062	1946
		150 (6")	PVC RD-26	1,002	
		Total		<b>2,064</b>	
Tanque Guaratoro de 84,000 galones	Tanque del Parnaso de 100,000 galones	N.D	N.D	N.D	
Pozo La Curtiembre	Unión al pozo de Esnacifor	6"	N.D*	509	N.D
Pozo ESNACIFOR	Unión al pozo de La Curtiembre	6"	N.D	1794	N.D
Fuente: Informe Intermedio Diagnostico del Sistema de Agua (Rivera, Gabriel, 2009:13 y 14)				*N.D: No definido	

## ➔ Planta Potabilizadora Modular "Guaratoro"

La Planta Potabilizadora Modular de Guaratoro consiste de un módulo con capacidad de 25 l/s. Comprende los procesos de coagulación mediante una mezcla rápida mecánica y floculación mecánica de una sola cámara; sedimentación en un decantador laminar; filtración en un módulo de tres filtros rápidos verticales a presión. El módulo se construyó en 1980-1983 y empezó su funcionamiento en el año 1983 (Latin Consult Sabesp, 2011:26 y27).

Según Latin Consult Sabesp, la línea de tratamiento mecanizada y sus componentes principales por módulo de 25 l/s son los siguientes:

- Sistema de regulación de entrada por flotador y válvula automática de mariposa.
- Mezcla rápida tipo mecánico con agitador.
- Floculación mecánica de una sola cámara.
- Canal de reparto de agua floculada.
- Decantador laminar con paquetes de lamelas.
- Canales de recolección de agua decantada.
- Depósito de almacenamiento y acumulación de agua decantada con sondas de nivel.
- Tolvas para el almacenamiento de lodos, para su extracción se utilizan válvulas neumática y de tipo mariposa.
- Purga general de línea.
- Bomba de recirculación de lodos.
- Bomba de alimentación a filtros y de lavado.
- Conjunto de tuberías de llenado e impulsión.
- Cuadro eléctrico tipo "A" de control con periferia de conexión a pupitre de control y conjunto de electroválvulas con regulador.
- Tres (3) filtros rápidos verticales a presión de arena, equipados con visor, falso fondo para alojamiento de boquillas.
- Cada filtro tiene seis (6) válvulas neumáticas.
- Un (1) conjunto de tuberías con válvulas de mariposa con actuadores de simple y doble efecto.
- Un (1) medidor de caudal electromagnético.
- Un (1) cuadro eléctrico con periferia de comunicación con el cuadro principal.
- Depósitos de soluciones químicas cada una con su agitador.
- Tres (3) bombas dosificadoras.
- Dos (2) soplantes de canal lateral de 3 KW.
- Grupo de presión con dos bombas CR-8.
- La sala de cloración en base a cilindros de 62.5 Kg

## ➔ Tanques de almacenamiento

El subsistema de abastecimiento de agua del Río Guaratoro tiene tres (3) tanques de almacenamiento de agua. El cuadro 6.16 describe las características de cada tanque de almacenamiento.

**Cuadro 6.16** Características de los tanques de almacenamiento del subsistema del Río Guaratoro

Nombre Tanque y fecha de construcción	Elevación (msnm)	Coordenadas en UTM		Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen (gls)	Fuente	Tubería de salida
		X	Y				
Tanque rompecarga de Guaratoro	1,142	411,882	1,612,446	57	15,000	Guarataro	
Tanque Guaratoro	1,142	411,882	1,612,446	246	65,000	Planta de Tratamiento Guaratoro	6"
Tanque El Parnaso	1,128	411,812	1,613,657	378	100,000	Tanque Guaratoro; Pozos: Curtiembre y ESNACIFOR (no está en funcionamiento)	8" y 6"

Fuente: Informe Intermedio Diagnóstico del Sistema de Agua (Rivera, Gabriel, 2009:15)

### ➤ Pozos que se anexan al subsistema del Río Guaratoro

Las características del pozo que se anexa al tanque El Parnaso, se describen en el cuadro 6.17.

**Cuadro 6.17** Características de los pozos La Curtiembre y ESNACIFOR

Nombre del pozo	Elevación (msnm)	Coordenadas en UTM		Caudal (l/s)	Profundidad (m)	Bomba a:	Tubería de salida
		X	Y				
Pozo La Curtiembre	1,094.00	411,418	1,613,174	12.62	156.05	Tanque el Parnaso	6"
Pozo ESNACIFOR	1,078.00	410,332	1,612,826	8.1	135.9	No está en función	6"

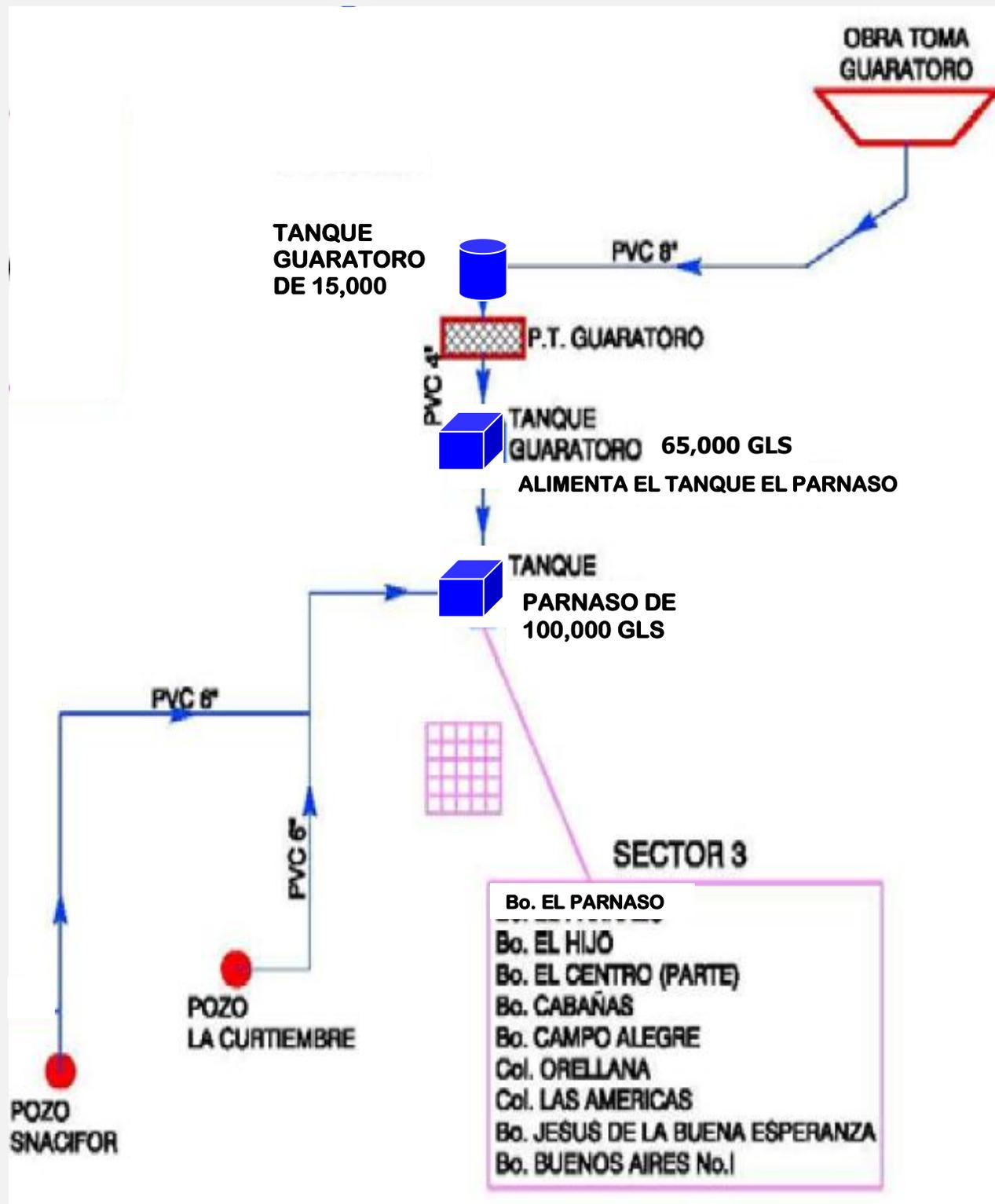
Fuente: Informe Intermedio Diagnóstico del Sistema de Agua (Rivera, Gabriel, 2009:8)

### ➤ Lugares que abastece el subsistema de agua del Río Guaratoro

Este subsistema abastece actualmente al sector N.3 que corresponde a las colonias y los barrios siguientes: El Parnaso, El Hijo, El Centro (parte), Cabañas, Campo Alegre, Orellana, Las Américas, Jesús de la Buena Esperanza y Buenos Aires No.1. Actualmente no se tiene identificado el número de viviendas y población atendida por este subsistema.

La ilustración 6.2 muestra los diferentes componentes que integran el subsistema del Río Guaratoro así como los sectores No.3 que son abastecidos por el mismo.

**Ilustración 6.2** Diagrama del subsistema de abastecimiento de agua del "Río Guaratoro"



Fuente: Plan Maestro SEFIN/UAP-AIF-4335-HO No. 01-2008, 2009:50

### 6.3.2 Evaluación de peligros y caracterización de riesgos

El cuadro 6.18 muestra los eventos peligrosos identificados durante la visita de campo en cada uno de los componentes del subsistema de abastecimiento de agua del Río Guaratoro y detalla las consecuencias y nivel de riesgos que genera y/o generaría cada uno de los eventos ya sea en la estructura física del subsistema de abastecimiento y por ende en la calidad del agua.

**Cuadro 6.18** Evaluación de peligro y caracterización del riesgo del sistema de abastecimiento de agua de “Río Guaratoro”

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
Microcuenca de Guaratoro	Existe deforestación, incendios forestales, asentamiento humano y actividades agropecuarias (cultivo de maíz y hortalizas), aguas arriba de la represa (véase fotografía 6.2).	Disminución del caudal de agua, arrastre de sedimentos y contaminación por químicos.	20	Muy alto
	Tenencia de la tierra en su mayoría es privada.	No se logran desarrollar actividades concretas de manejo agroforestal que garanticen una sostenibilidad del recurso hídrico del municipio.	20	Muy alto
Represa de Guaratoro	Acumulación de sedimentación (arena y piedras) en la represa de captación	Reducción de la capacidad de captación de la fuente.	12	Alto
	Fuga de agua en extremo inferior de la cortina (filtración)	Disminución del caudal de agua y daños a la estructura.	10	Alto
	Desborde del Río “Guaratoro” en temporada de lluvias	Arrastres de sólidos, aumento a la turbiedad y daño estructural	16	Muy alto
	Existe obras de captación de agua para las colonias Brisas del Bosque, Víctor Chávez y Guillermo Martínez Suazo, administrada por una JAAS. Además Construcción de obras de captación para uso personal y actividades agropecuarias sin ningún control y regulación aguas arriba de la represa.	Disminución del caudal de agua en el verano.	12	Alto
	No tiene desarenador	Obstrucción en la tubería y mayor cantidad de sedimentos.	15	Alto
	Falta de una válvula de control	Dificultad para realizar una reparación.	10	Alto
	No se cuenta con título de propiedad ni paso de servidumbre	No hay garantías legales para acceso e inversión.	20	Muy alto
Represa de sedimentación de Guaratoro	Acumulación de sedimentación (arena y palos) en la represa de sedimentación	Aumenta la sedimentación en la represa de captación.	10	Alto
Línea de conducción y distribución	Falta de limpieza en los alrededores de la línea.	Dificultad para inspección	10	Alto
	Tubería de PVC al descubierto en ríos y terrenos (véase fotografía 6.3)	Interrupción del servicio	12	Alto
	Tubería que pasa debajo de viviendas y otras propiedades privadas.	Inundaciones y asentamientos en las viviendas.	20	Muy alto
	Desconocimiento de rutas, diámetros y tipo de material de la tubería de la línea de conducción y distribución.	Dificultad para inspección y reparación.	16	Muy alto

Continuación del cuadro 6.18

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
Línea de conducción y distribución	Falta de legislación de los pasos de servidumbre.	Dificultad para inspección y reparación.	20	Muy alto
	Falta de limpieza interna en tubería.	Colapso de tubería	10	Alto
	No existe en bodega disponibilidad de materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores.	Limitada capacidad de respuesta ante eventuales acontecimientos.	10	Alto
	No se cuenta con un estudio topográfico y catastral de las líneas de conducción y red de distribución.	Limita correcciones y mejoras técnicas.	20	Muy alto
Válvulas de control de presión, aire y limpieza	Válvulas expuestas al sol y al agua, en ocasiones no cuentan con estructuras de protección.	Contaminación y manipulación por personas ajenas	12	Alto
	Presencia de residuos sólidos y tierra en las cajas de registros	Contaminación	10	Alto
	Desconocimiento de la ubicación de ciertas válvulas de control, de aire y limpieza.	Dificultad para inspección y reparación	10	Alto
	Inexistencia de estudios topográfico que permitan identificar lugares para la instalación de nuevas válvulas.	Se limita a la instalación de válvulas de control, de aire y limpieza en base a los requerimientos y necesidades de cada línea.	20	Muy alto
	No existe en bodega disponibilidad de materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores.	Capacidad de respuesta limitada ante eventuales acontecimientos.	10	Alto
Planta de tratamiento de Guaratoro con capacidad de potabilización 25 l/s	Según Latin Consult SABESP <ul style="list-style-type: none"> <li>En el área de dosificación los depósitos de preparación de soluciones tienen filtraciones y está dañado el reductor del agitador de polímero.</li> <li>En el área de decantación se necesita aumentar el diámetro de la tubería de evacuación de lodos de la tolva, y es necesario realizar unos cortes en acero inoxidable en la parte superior del decantador y cambiar las válvulas neumáticas para evacuar lodos, ya que las 3 están dañadas y no extraen el lodo.</li> <li>En el área de cloración están dañados los reguladores de vacío.</li> </ul>	Reduce la eficiencia del proceso de potabilización	25	Muy alto
	Falta de medidas de prevención en caso de incendios o emergencias	Accidentes laborales	25	Muy alto
Tanque de 65,000 galones de Guaratoro	Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua	Deterioro progresivo de la estructura	20	Muy alto
	Hierro corroído (tubería, escaleras, tapaderas, válvulas y cerco)	Deterioro de los componentes y expone la calidad de agua.	10	Alto
	Falta de protección del tanque	Contaminación	10	Alto

Continuación del cuadro 6.18

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
Pozo La Curtiembre	Cables eléctricos al intemperie sobre losa del pozo.	Ocasionar un cortocircuito	16	Muy alto
	Corrosión de estructuras metálicas y rupturas en la malla del cerco perimetral	Deterioro de la estructura	10	Alto
	No hay desinfección a la salida del pozo	Riesgo de contaminación bacteriológica.	20	Muy alto
	Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.	Reduce el caudal de extracción, el deterioro progresivo podría en algún momento hacer que colapse la estructura interna del pozo, además la contaminación	15	Alto
	No se cuenta con perfil estructural del pozo	Riesgo de adquirir e instalar equipo electromecánico inapropiado.	10	Alto
	No se cuenta con un estudio geofísico que determine el potencial hídrico subterráneo que asegure la disponibilidad y abastecimiento de agua para el municipio.	Sobre explotación del acuífero	16	Muy alto
Pozo ESNACIFOR (no se encuentra en función)	Altos niveles de contaminación del Río Celan afectan el acuífero del pozo ESNACIFOR.	Análisis bacteriológicos determinaron altos niveles de contaminación por coliformes fecales	25	Muy alto
	Corrosión de estructuras metálicas y rupturas en la malla del cerco perimetral	Deterioro de la estructura	10	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.	Reduce el caudal de extracción, el deterioro progresivo podría en algún momento hacer que colapse la estructura interna del pozo, además la contaminación	15	Alto
	No se cuenta con perfil estructural del pozo	Riesgo de adquirir e instalar equipo electromecánico inapropiado.	10	Alto
	No hay desinfección a la salida del pozo	Riesgo de contaminación bacteriológica.	20	Muy alto
Tanque de 100,000 galones de El Parnaso	Hierro corroído (tubería, válvulas, cerco y tapaderas del tanque)	Deterioro de los componentes y contaminación	10	Alto
	Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua	Deterioro progresivo de la estructura	20	Muy alto
	La caseta de vigilancia no tiene puerta	Dificulta la vigilancia	6	Bajo
	Hipoclorador en mal estado	Dificultad para cloración del agua en caso de emergencia	16	Muy alto
	Falta de limpieza y pintura en la pared externa de la losa	Contaminación y deterioro	10	Medio
Lugares de consumo	Los usuarios tienen desconocimiento de: las fuentes de consumo, los procesos de potabilización, conducción y distribución.	Los consumidores no valoran el costo del vital líquido.	10	Alto
	No se cuenta con buenas prácticas de uso del servicio de agua.	Uso irracional del servicio de agua potable.	20	Muy alto

**Fotografía 6.2** En la microcuenca de Guaratoro se encuentra impactada por deforestación y actividades agropecuarias (cultivo de maíz), aguas arriba de la represa, 2012.



Cultivo de maíz  
y deforestación

**Fotografía 6.3** En la línea de conducción del subsistema de Guaratoro, se encuentra tubería de PVC al descubierto, 2012.



Tubería de PVC  
al descubierto

### 6.3.3 Determinación de puntos críticos de control (PCC), medidas de control y acciones correctivas

Existen eventos peligrosos que es necesario controlar y monitorear porque afectan directamente la calidad de agua de consumo humano, por tal razón fue necesario la determinación de Puntos Críticos de Control y Puntos de Control en eventos con riesgo alto y muy alto.

En esta etapa se presentan actividades y operaciones (medidas de control y acciones correctivas), encaminadas a evitar y/o eliminar los peligros que ponen en riesgo la estructura física del subsistema de abastecimiento y por ende la calidad del agua (véase cuadro 6.19).

**Cuadro 6.19** Determinación de puntos críticos de control (PCC), medidas de control y/o acciones correctivas en los componentes del subsistema de "Guaratoro"

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Microcuenca de Guaratoro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe deforestación, incendios forestales, asentamiento humano y actividades agropecuarias (cultivo de maíz y hortalizas), aguas arriba de la represa.</li> <li>• Tenencia de la tierra en su mayoría es privada.</li> </ul>	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Conformación de una Unidad de Manejo de Recursos Hídricos adscrita a la administración municipal, con independencia de gestión de recursos técnicos y económicos, orientados a la conservación de la microcuencas y mejoramiento de la calidad de agua.</li> <li>* Establecer convenios con la Dirección Distrital de Educación, Asociación de Patronatos, Fuerzas Armadas, Cuerpo de Bomberos, ONG's y sociedad civil en general, para lograr el involucramiento y desarrollo de acciones conjuntas orientadas a la protección y manejo de las áreas productoras de agua, así como en el desarrollo de programas y campañas educativas orientadas a los usuarios del servicio de agua potable.</li> <li>* Establecer convenio con las universidades presentes en el casco urbano, que permita desarrollar acciones conjuntas orientadas a la protección de las microcuencas y como apoyo técnico a la Unidad Municipal Desconcentrada Aguas de Siguatepeque en aspectos relacionados al manejo operativo y administrativo del sistema de agua potable.</li> <li>* Tramite de declaratoria como área productora de agua de interés público ante el ICF.</li> <li>* Elaboración y aplicación de planes de manejo agroforestal en las áreas productoras de agua.</li> <li>* Elaboración y aplicación de mecanismos de Pago por Servicios Ambientales (PSA) y/o servidumbres ecológicas.</li> <li>* Establecimiento de fondo ambiental para la compra de terrenos localizados en las áreas productoras de agua.</li> <li>* Gestión de convenio municipal comanejo de la microcuenca del río Guaratoro con el municipio del Rosario.</li> <li>* Establecimiento de fondo ambiental para la compra de terrenos localizados en las áreas productoras de agua.</li> </ul>

Continuación del cuadro 6.19

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Represa de Guaratoro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acumulación de sedimentación (arena y piedras) en la represa de captación.</li> <li>Desborde del Río “Guaratoro” en temporada de lluvias.</li> </ul>	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desasolvamiento en la represa de captación.</li> <li>Construcción de represas de sedimentación aguas arriba de la represa de captación.</li> <li>Protección y restauración de la cobertura forestal en franjas cercanas a la represas de captación (dependerá de los diagnósticos de los planes de manejo).</li> </ul>
	Fuga de agua en extremo inferior de la cortina (filtración)	PC	Reparación de fugas y filtraciones en la represa. Previamente debe hacerse una evaluación general de obra civil que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
	Existe obras de captación de agua para las colonias Brisas del Bosque, Víctor Chávez y Guillermo Martínez Suazo, administrada por una JAAS. Además construcción de obras de captación para uso personal y actividades agropecuarias sin ningún control y regulación aguas arriba de la represa.	PCC	La Unidad de Recursos Hídricos propuesta para el manejo del área productora de agua, deberá establecer programas integrales de cooperación mutua con los productores y propietarios legales de terrenos, que realizan actividades de producción agropecuaria en la zona. Estos programas deberán contener la estrategia de pago por servicios ambientales.
	No tiene desarenador	PC	Construcción y mantenimiento de un desarenador
	Falta de una válvula de control	PC	Instalación de una válvula de control
	No se cuenta con título de propiedad ni paso de servidumbre.	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se sugiere que la municipalidad inicie procesos legales para los trámites de pasos de servidumbre.</li> <li>Compra de terrenos aledaños a la represa como inicio a la municipalización de la microcuenca.</li> </ul>
Represa de sedimentación de Guaratoro	Acumulación de sedimentación (arena y palos) en la represa de sedimentación	PCC	Aseo y limpieza general de represa de sedimentación.
Línea de conducción y distribución	Falta de limpieza en los alrededores de la línea.	PC	Limpieza de maleza en los alrededores de la tubería.
	Tubería de PVC al descubierto en ríos y terrenos	PCC	Recubrimiento de tubería PVC al descubierto.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tubería que pasa por debajo de viviendas y otras propiedades privadas.</li> <li>Falta de legalización de los pasos de servidumbre.</li> </ul>	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realineamiento de líneas de conducción previo estudio de factibilidad.</li> <li>Se sugiere que la municipalidad inicie procesos para la firma de convenios de servidumbre o compra de terrenos donde pasa la línea de conducción.</li> <li>Se propone que la municipalidad junto a los propietarios de terrenos privados, gestionen ante las instituciones del estado, la protección de bienes y propiedades de utilidad pública (ICF, INA, Instituto de la Propiedad entre otros) utilizados por Aguas de Siguatepeque para el abastecimiento de agua potable, ante la posible presencia de invasores o depredadores.</li> </ul>
	Desconocimiento de rutas, diámetros y tipo de material de la tubería de la línea de conducción y distribución.	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboración de diagnóstico estructural de la línea.</li> <li>Señalar la línea de conducción y distribución.</li> </ul>

Continuación del cuadro 6.19

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Línea de conducción y distribución	Falta de limpieza interna en tubería.	PCC	Realizar limpieza interna en la tubería dos veces por año
	No existe en bodega disponibilidad de materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores.	PC	Gestionar la compra de accesorios de fontanería según el banco de necesidades de Aguas de Siguatepeque.
	No se cuenta con un estudio topográfico y catastral de las líneas de conducción y red de distribución.	PC	Realización de un estudio topográfico y catastral de las líneas de conducción y red de distribución.
Válvulas de control y limpieza	Válvulas expuestas al sol y al agua, en ocasiones no cuentan con estructuras de protección.	PC	Construcción de drenajes y estructuras de protección (cadenas, candados, tapaderas y cajas) en válvulas desprotegidas.
	Presencia de residuos sólidos y tierra en las cajas de registros	PCC	Aseo y limpieza general de las cajas de registros
	Desconocimiento de la ubicación de ciertas válvulas de control, de aire y limpieza	PCC	* Debe tomarse como base el estudio topográfico de la línea de conducción y distribución. * Señalizar válvulas de control, de aire y limpieza.
	Inexistencia de estudios topográfico que permitan identificar lugares para la instalación de nuevas válvulas.	PC	Debe tomarse como base el estudio topográfico de la línea de conducción y distribución.
	No existe en bodega disponibilidad de materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores.	PC	Gestionar la compra de accesorios de fontanería según el banco de necesidades de Aguas de Siguatepeque.
Planta de tratamiento de Guaratoro con capacidad de potabilización 25 l/s	Según Latin Consult SABESP <ul style="list-style-type: none"> <li>En el área de dosificación los depósitos de preparación de soluciones tienen filtraciones y está dañado el reductor del agitador de polímero.</li> <li>El área de decantación necesita aumentar el diámetro de la tubería de evacuación de lodos de la tolva y es necesario realizar unos cortes en acero inoxidable en la parte superior del decantador y cambiar las válvulas neumáticas para evacuar lodos, ya que las 3 están dañadas y no extraen el lodo.</li> <li>En el área de cloración están dañados los reguladores de vacío.</li> </ul>	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por el alto costo que representa, la municipalidad debe gestionar a través de cooperantes el acondicionamiento y restauración de componentes en mal estado que existen en la planta.</li> <li>Se recomienda que la municipalidad gestione ante el SANAA la asistencia y asesoraría técnica tal y como lo exige la Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento.</li> <li>Para garantizar la sostenibilidad operativa y administrativa del sistema de agua potable, se sugiere que la Municipalidad a través de su operador Aguas de Siguatepeque, ajuste su pliego tarifario a los costos reales de administración, operación y mantenimiento. Paralelamente se debe iniciar un proceso sistemático de micromedición, que le permita al operador recuperar vía facturación sus costos operativos.</li> <li>Estudio de factibilidad que permita que la tecnología actual de potabilización, se adapte a una tecnología (reconversión) con disponibilidad de materiales, accesorios y equipo en el mercado nacional.</li> <li>Elaboración de estudio de factibilidad para aumentar la capacidad de procesamiento de la planta.</li> <li>Construcción de una planta de tratamiento como complemento a la existente y/o la ampliación de la actual.</li> </ul>

Continuación del cuadro 6.19

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Planta de tratamiento de Guaratoro con capacidad de potabilización 25 l/s	Falta de medidas de prevención en caso de incendios o emergencias	PCC	* Solicitar al Cuerpo de Bomberos una inspección de riesgos de incendios y emergencias.  * Fortalecer mediante programas de capacitaciones y asistencia técnica el conocimiento de operadores de planta.
Tanque de 65,000 galones de Guaratoro	Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua	PC	Reparación de fugas y filtraciones en el tanque. Previamente debe hacerse una evaluación general de obra civil que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
	Hierro corroído (tubería, escaleras, tapaderas, válvulas y cerco).	PC	Pintar los componentes (tubería, escaleras y tapaderas, válvulas y cerco).
	Falta de protección del tanque	PC	Diseño de una tapadera de uso práctico y resistente a la corrosión
Pozo La Curtiembre	Corrosión de estructuras metálicas y rupturas en la malla del cerco perimetral	PC	Pintar hierro y reparar rupturas en la malla.
	No hay desinfección a la salida del pozo	PCC	* Implementar la cloración de HTH en el tanque Santa Martha. * Adquirir equipo para desinfección de agua a la salida del pozo
	Cables eléctricos al interperie sobre losa del pozo	PC	Acondicionar el cableado
	Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas. * No se cuenta con perfil estructural del pozo	PCC	* Limpieza y acondicionamiento interna (revestimiento) de la estructura metálica del pozo. * Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
	No se cuenta con un estudio geofísico que determine el potencial hídrico subterráneo que asegure la disponibilidad y abastecimiento de agua para el municipio.	PCC	Elaborar un estudio geofísico hídrico subterráneo que asegure, regulación, control y la disponibilidad de abastecimiento de agua para el municipio.
Pozo ESNACIFOR (no se encuentra en función)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis bacteriológicos determinaron altos niveles de contaminación por coliformes fecales.</li> <li>Altos niveles de contaminación del río de Celan afectan el acuífero del pozo ESNACIFOR.</li> </ul>	PCC	La alcaldía debe gestionar la construcción de mejoramiento de redes colectoras y plantas de tratamiento para las aguas negras.
	Corrosión de estructuras metálicas y rupturas en la malla del cerco perimetral	PC	Pintar hierro y reparar rupturas en la malla.
	No hay desinfección a la salida del pozo	PCC	Adquirir equipo para desinfección de agua a la salida del pozo

Continuación del cuadro 6.19

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Pozo ESNACIFOR (no se encuentra en función)	* Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas. * No se cuenta con perfil estructural del pozo	PCC	* Limpieza y acondicionamiento interna (revestimiento) de la estructura metálica del pozo. * Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
Tanque de 100,000 galones del Parnaso	Hierro corroído (tubería, válvulas, cerco y tapaderas del tanque)	PC	Pintar los componentes (tubería, escaleras y tapaderas, válvulas y cerco).
	Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua	PC	Reparación de fugas y filtraciones en el tanque. Previamente debe hacerse una evaluación general de obra civil que permita identificar otras inversiones.
	Hipoclorador en mal estado	PC	Reparación del hipoclorador
	Falta de limpieza y pintura en la pared	PC	Limpieza y pintado de las paredes del tanque.
Lugares de consumo	Los usuarios tienen desconocimiento de las fuentes de consumo, los procesos de potabilización, conducción y distribución.	PC	Informar a la población a través de los medios de comunicación, la fuente de donde proviene el agua, la distancia, el tratamiento y el costo que implica; con el propósito de concientizar a la población en el cuidado del agua y garantizar la sostenibilidad del subsistema.
	No se cuenta con buenas prácticas de uso del servicio de agua.	PCC	Desarrollar programas educativos orientados a la población, con el propósito de garantizar la calidad, ahorro y buen uso del servicio de agua potable.

¿Qué significa un PCC, PC, medida de control y acción correctiva?



**Punto de Control (PC):** es una etapa en el sistema de agua, donde se puede aplicar una medida de control para prevenir o eliminar un peligro para la seguridad del agua potable.

**Punto Crítico de Control (PCC):** son aquellos que en la etapa del proceso puede ocurrir un riesgo para la salud y que es necesario monitorear toda la vida.

**Medida de control:** son acciones, actividades y procesos que se aplican para prevenir o minimizar los peligros en el sistema de abastecimiento.

**Acción Correctiva:** se define como aquella que debe tomarse cuando los resultados del monitoreo indican una desviación de límite operacional o crítico.

## 6.4 Evaluación del subsistema de abastecimiento de la Quebrada "Chamalucuará"

### 6.4.1 Descripción del subsistema de abastecimiento de agua

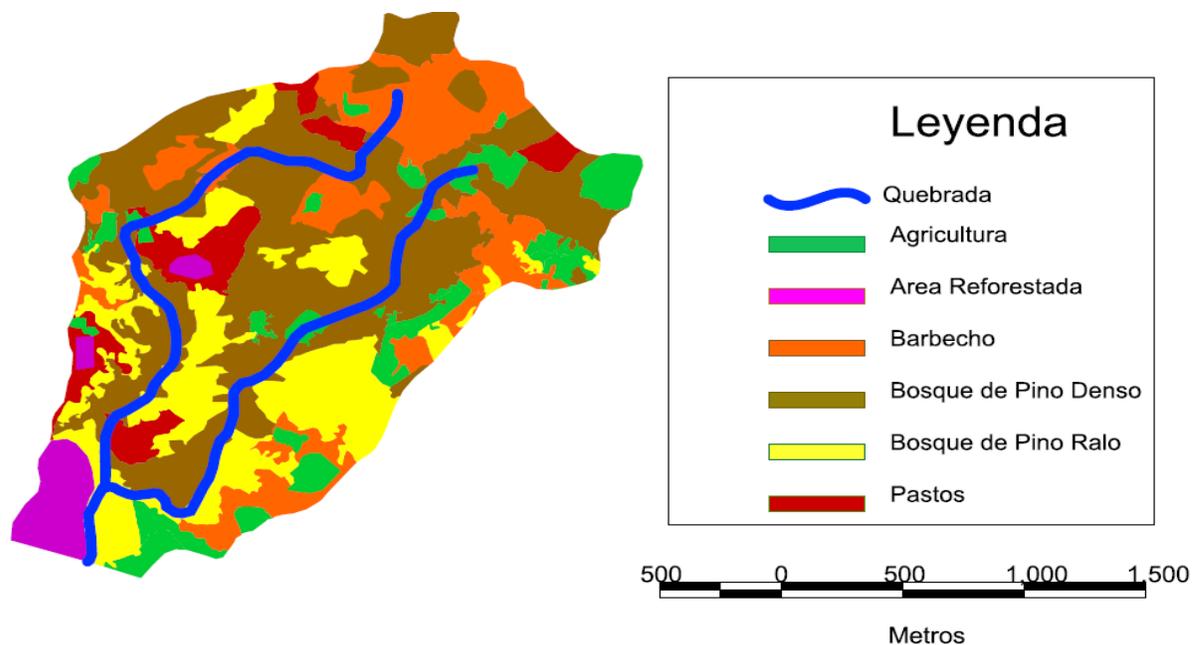
A continuación se describen los diferentes componentes con las respectivas características del subsistema de la Quebrada Chamalucuará.

#### Microcuenca Chamalucuará

Las áreas de mayor atención son las zonas de guamiles y pastizales que se encuentran en las zonas de recarga y amortiguamiento que son 84.59 hectáreas (ha), las que se obtuvieron del mapa de uso de suelos de la microcuenca como se muestra en el Mapa No. 2. En el año 2009 se reforestaron 14.79 ha, quedando un total de hectáreas para reforestar de 69.81 ha. (Tesis Morales, Saida, 2010:49).

Microcuenca en mal estado de conservación, con rendimientos en invierno de 12.62 l/s, reduciéndose considerablemente su producción en el período de estiaje. Salvo un programa de reforestación que desarrollado en un sector de la microcuenca el ejército en conjunto con la municipalidad e ICF, no existen acciones de protección, conservación y manejo, situación que se agrava con el corte permanente del bosque. La microcuenca está poblada y tiene actividades agropecuarias aguas arriba del sitio de la represa, con las consiguientes consecuencias de contaminación del río. Durante la época de invierno el agua es turbia. Hay que señalar que se ha construido una obra toma aguas arriba para abastecer otras comunidades, lo que disminuye la producción de agua ocasionando problemas para satisfacer la demanda de agua de la población que habitan los barrios a los cuales le brinda agua dicha fuente. (Latin Consult Sabesp, 2011:9).

**Ilustración 6.3** Usos Actual de Suelos de la Microcuenca de Chamalucuará



**Fuente:** Tesis Modelo de Gestión para el Sostenimiento de la Microcuenca Quebrada de Chamalucuará, Siguatepeque. Elaborado por Saida Morales, 2010: 49).

## ➤ Represa de Captación de Chamalucuará

La captación se hace a través de un tubo de PVC de 150 mm (6") de diámetro, perforado y sumergido a la mitad de la altura de la represa (véase cuadro 6.20); este tubo se conecta con una caja de concreto de 1,00 x 2,00 m con una profundidad de 1,00 m, dicha caja tiene una tapadera de concreto. Esta represa presenta filtraciones, lo que afecta en verano la cantidad de agua captada. En época de invierno esta represa rebosa (Latin Consult Sabesp, 2011:12). Sus coordenadas geográficas en UTM son las siguientes: X = 412.129 m; Y = 1.617.033 m; Z = 1,210 m. (Rivera, Gabriel, 2009:4).

**Cuadro 6.20** Información general de la represa de captación de Chamalucuará

Concepto	Características
Tipo de captación	Represa derivadora de concreto reforzado con caja sumergida
Materiales	Mampostería
Tubería de salida	HG 150 mm con válvula de control
Tubería de limpieza	2 niples de HG 150 mm con tapón hembra HG
Estado	Bueno
Dimensiones aproximadas	L= 6.60 m; h= 1.00 m
Elevación	1,210 msnm
Año de construcción	1988
Fuente: Informe Intermedio Diagnostico del Sistema de Agua (Rivera, Gabriel, 2009:4)	

## ➤ Línea de conducción y distribución

A continuación se presentan en el cuadro 6.21 las características de la tubería como: diámetro, material, longitud y fecha de construcción de los tramos de la línea de conducción. Cabe destacar que no se tiene planos topográficos que indiquen la distancia exacta de la línea de conducción y distribución del subsistema de agua de Chamalucuará. Cuenta con cuatro válvulas de tipo compuerta de 150 mm (6") de diámetro y dos (2) válvulas de aire.

Como parte del trabajo del Consorcio y previo al catastro de redes, se está realizando un levantamiento de información para actualizar los planos de la red de distribución en cuanto a diámetros, existencia tubería y válvulas.

**Cuadro 6.21** Características de las líneas de conducción del subsistema de la Quebrada Chamalucuará

Parte de:	Llega a:	Diámetro (mm)	Material	Longitud (m)	Fecha de Construcción
Represa Chamalucuará	Tanque Chamalucuará	150 (6")	PVC RD-26	690	1946
		150 (6")	HG SCH-40	1,302	
		Total		<b>1,992</b>	
Fuente: Informe Intermedio Diagnostico del Sistema de Agua (Rivera, Gabriel, 2009:13 y 14)					

## ➤ Tanques de almacenamiento

El subsistema de abastecimiento de agua de la quebrada Chamalucuará tiene dos tanques de almacenamiento de agua. El cuadro 6.22 describe las características de cada tanque.

**Cuadro 6.22** Características de los tanques de almacenamiento del subsistema de Chamalucuará

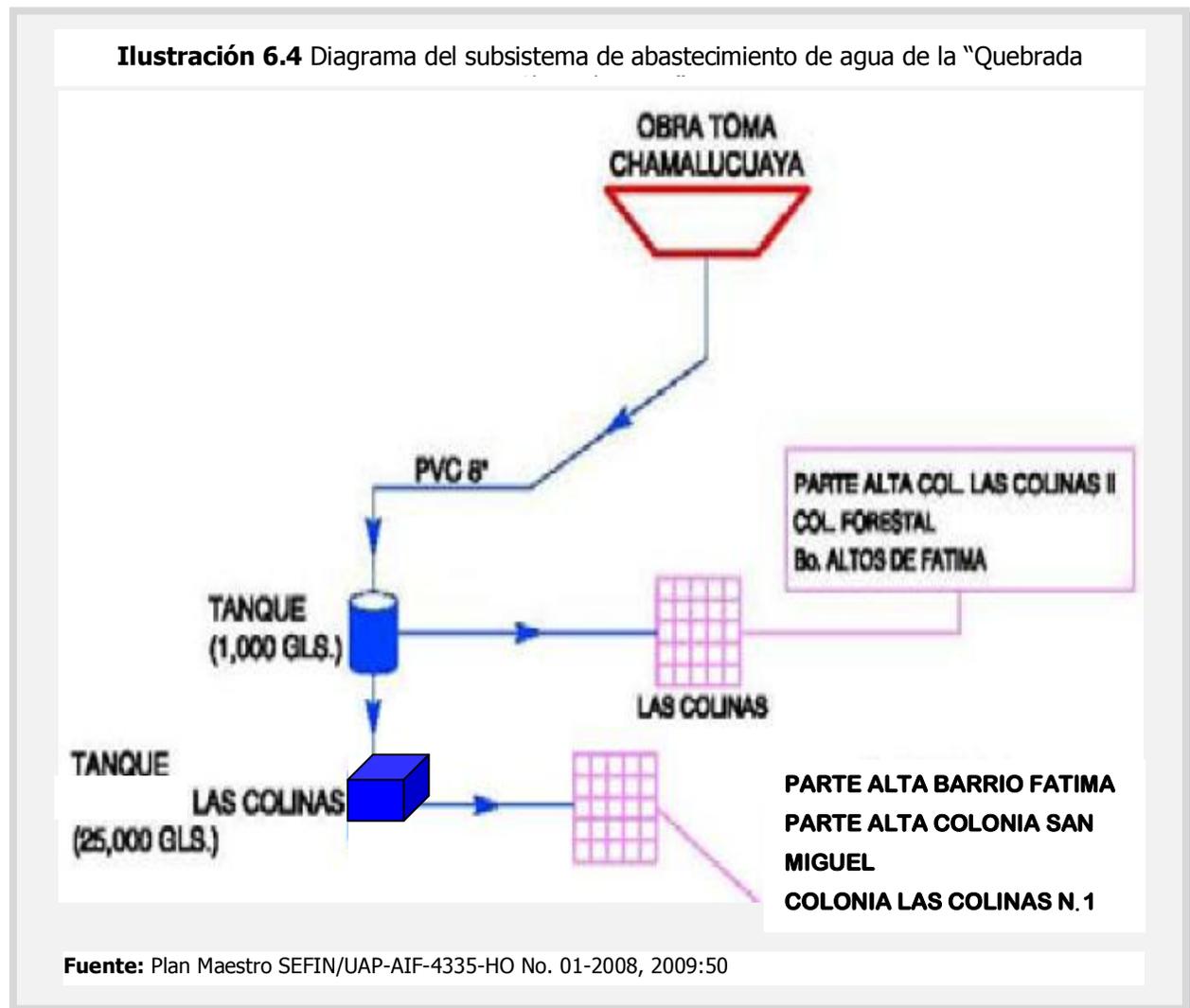
Nombre Tanque	Elevación (msnm)	Coordenadas en UTM		Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen (gls)	Fuente	Tubería de salida
		X	Y				
Las Colinas N.1	1,167	411,185	1,615,759	3.8	1,000	Represa Chamalucuará	N.D
Las Colinas N.2	1,167	411,185	1,615,759	95	25,000	Represa Chamalucuará	4"

Fuente: Informe Intermedio Diagnostico del Sistema de Agua (Rivera, Gabriel, 2009:15)

➤ Lugares de consumo

Abastece un total de población aproximado de 7,130 habitantes, que equivale a las zonas beneficiadas por la microcuenca que representa el 11% de la población de Siguatepeque (Tesis Morales, Saida, 2010:40).

La ilustración 6.4 muestra los diferentes componentes que integran el subsistema de Chamalucuará así como los sectores que son abastecidos por este subsistema.



## 6.4.2 Evaluación de peligros y caracterización de riesgos

El cuadro 6.23 muestra los eventos peligrosos identificados durante la visita de campo en cada uno de los componentes del subsistema de abastecimiento de agua de la quebrada Chamalucara y detalla las consecuencias y nivel de riesgos que genera y/o generaría cada uno de los eventos ya sea en la estructura física del subsistema de abastecimiento y por ende la calidad del agua.

**Cuadro 6.23** Evaluación de peligro y caracterización del riesgo del subsistema de abastecimiento de agua de “Chamalucara”

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
Microcuenca de Chamalucara	Existe deforestación, incendios forestales y actividades agropecuarias (cultivo de maíz y café), aguas arriba de la represa.	Disminución del caudal de agua, arrastre de sedimentos y contaminación por químicos.	20	Muy alto
	Tenencia de la tierra en su mayoría es privada.	No se logran desarrollar actividades concretas de manejo agroforestal que garanticen una sostenibilidad del recurso hídrico del municipio.	20	Muy alto
Represa de Chamalucara	Acumulación de sedimentación (arena y piedra) en la represa de captación	Reducción de la capacidad de captación de la fuente.	12	Alto
	Fuga de agua en uno de los extremos inferiores de la cortina (filtración)	Disminución del caudal de agua y daños a la estructura.	10	Alto
	No tiene represas de sedimentación	Aumenta la sedimentación en la represa de captación.	10	Alto
	No se cuenta con título de propiedad ni paso de servidumbre.	No hay garantías legales para acceso e inversión	20	Muy alto
	No tiene desarenador	Obstrucción en la tubería y mayor cantidad de sedimentos	15	Alto
	Desborde de la quebrada “Chamalucara” en temporada de lluvias	Arrastres de sólidos, aumento a la turbiedad y daño estructural.	16	Muy alto
Línea de conducción y distribución	Falta de limpieza en los alrededores de la línea.	Dificultad para inspección	10	Alto
	Falta de soportes para sostener tubería y algunos dañados (anclajes de concreto)	Interrupción del servicio	10	Alto
	Fugas de agua en la tubería	Entrada de contaminación y disminución del caudal de agua	15	Alto
	Tubería de PVC al descubierto	Interrupción del servicio	12	Alto
	Tubería que pasa por debajo de viviendas y otras propiedades privadas.	Inundaciones y asentamientos en las viviendas	20	Muy alto
	Realización de uniones por calentamiento	Disminución de la resistencia de la tubería	2	Bajo
	Existencia de tubería vieja en la red de distribución.	Dificulta al momento de inspección y reparación	10	Alto
	Desconocimiento de rutas, diámetros y tipo de material de la tubería de la línea de conducción y distribución.	Dificultad para inspección y reparación	16	Muy alto
	Falta de legislación de los pasos de servidumbre.	Dificultad para inspección y reparación	20	Muy alto
Falta de limpieza interna en tubería	Colapso de tubería	10	Alto	

Continuación al cuadro 6.23

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
Línea de conducción y distribución	No existe en bodega disponibilidad de materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores.	Limitada capacidad de respuesta ante eventuales acontecimientos.	10	Alto
	No se cuenta con un estudio topográfico y catastral de las líneas de conducción y red de distribución.	Limita correcciones y mejoras técnicas.	20	Muy alto
Válvulas de control, de aire y limpieza	Válvulas expuestas al sol y al agua, en ocasiones no cuentan con estructuras de protección.	Deterioro de las válvulas, contaminación y manipulación por personas ajenas.	12	Alto
	Presencia de residuos sólidos y tierra en las cajas de registros.	Contaminación	10	Alto
	Desconocimiento de la ubicación de ciertas válvulas de control, de aire y limpieza.	Dificultad para inspección y reparación	10	Alto
	Inexistencia de estudios topográfico que permitan identificar lugares para la instalación de nuevas válvulas.	Se limita a la instalación de válvulas de control, de aire y limpieza en base a los requerimientos y necesidades de cada línea.	20	Muy alto
	No existe en bodega disponibilidad de materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores.	Capacidad de respuesta limitada ante eventuales acontecimientos.	10	Alto
Tanque N.1 e Hipoclorador (1,000 galones) de las Colinas	Corrosión de estructuras metálicas y rupturas en la malla del cerco perimetral	Deterioro de la estructura	10	Alto
	Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua	Deterioro progresivo de la estructura	10	Alto
	Hierro corroído (tubería, válvulas, cerco y tapaderas del tanque)	Deterioro de los componentes y contaminación	10	Alto
	Falta de tubería de ventilación	Contaminación	5	Bajo
	Hipoclorador descubierto	Contaminación y variación en la concentración de cloro residual	10	Alto
	Falta de limpieza y pintura en la pared.	Contaminación y deterioro	10	Alto
Tanque N.2 (25,000 galones) de Las Colinas	Falta de tubería de ventilación	Contaminación	4	Bajo
	Falta de protección del hipoclorador	Contaminación y variación en la concentración de cloro residual	10	Alto
	Hierro corroído (tubería, válvulas y tapaderas del tanque).	Deterioro de los componentes y expone la calidad de agua.	10	Alto
	Falta de limpieza y pintura en la pared.	Contaminación y deterioro	10	Alto
Lugares de consumo	Características físicas observadas en el agua durante la visita en algunas viviendas del Barrio las Flores y la colonia las Colinas N.1, se observo las siguientes características: Color, sedimento y sabor ( <b>véase fotografías 6.4 y 6.5</b> ).	Contaminación microbiológica y inconformidad en los consumidores.	20	Muy alto
	No se cuenta con buenas prácticas de uso del servicio de agua.	Uso irracional del servicio de agua potable.	20	Muy alto

**Fotografía 6.4** Durante la visita a una de las viviendas de la colonia Las Colinas N.1 se observo que el agua llega con mucha turbiedad. 2012.



**Fotografía 6.5** Durante la visita a las viviendas a la colonia Las Colinas N.1 se observo que las estructuras de almacenamiento sirven como sedimentadores, debido que el agua llega con mucha turbiedad y sedimento, 2012.



### 6.4.3 Determinación de puntos críticos de control (PCC), medidas de control y acciones correctivas

Existen eventos peligrosos que es necesario controlar y monitorear, porque afectan directamente la calidad de agua de consumo humano, por tal razón fue necesario la determinación de puntos críticos de control y puntos de control en eventos con riesgo alto y muy alto.

En esta etapa se presentan actividades y operaciones (medidas de control y acciones correctivas), encaminadas a evitar y/o eliminar los peligros que pongan en riesgo la estructura física del subsistema de abastecimiento y por ende la calidad del agua (véase cuadro 6.24).

**Cuadro 6.24** Determinación de Puntos Críticos de Control (PCC), Medidas de Control y Acciones Correctivas en los componentes del subsistema de "Chamalucara"

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Microcuenca de Chamalucara	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existe deforestación, incendios forestales y actividades agropecuarias (cultivo de maíz y café), aguas arriba de la represa.</li> <li>Tenencia de la tierra en su mayoría es privada.</li> </ul>	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Conformación de una Unidad de manejo de Recursos Hídricos adscrita a la administración municipal, con independencia de gestión de recursos económicos, financieros y técnico, orientados a la conservación de las microcuencas y mejoramiento de la calidad de agua.</li> <li>* Establecer convenios con la Dirección Distrital de Educación, Asociación de Patronatos, Fuerzas Armadas, Cuerpo de Bomberos, ONG's y sociedad civil en general, para lograr el involucramiento y desarrollo de acciones conjuntas orientadas a la protección y manejo de las áreas productoras de agua, así como en el desarrollo de programas y campañas educativas orientadas a los usuarios del servicio de agua potable.</li> <li>* Establecer convenio con las universidades presentes en el casco urbano, que permita desarrollar acciones conjuntas orientadas a la protección de las microcuencas y como apoyo técnico a la Unidad Municipal Desconcentrada Aguas de Siguatepeque en aspectos relacionados al manejo operativo y administrativo del sistema de agua potable.</li> <li>* Tramite de declaratoria como área productora de agua de interés público ante el ICF.</li> <li>* Elaboración y aplicación de planes de manejo agroforestal en las áreas productoras de agua.</li> <li>* Elaboración y aplicación de mecanismos de Pago por Servicios Ambientales (PSA) y/o servidumbres ecológicas.</li> <li>* Establecimiento de fondo ambiental para la compra de terrenos localizados en las áreas productoras de agua.</li> <li>* Establecimiento de fondo ambiental para la compra de terrenos localizados en las áreas productoras de agua.</li> <li>* Incentivar la continuación con la tecnología de ahorro de leña y búsqueda de alternativas para las personas que se dedican a su venta.</li> </ul>

Continuación del cuadro 6.24

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Represa de Chamalucuará	No tiene represa de sedimentación	PC	Construcción de dos gaviones aguas arriba de la represa
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acumulación de sedimentación (arena y piedras) en la represa de captación.</li> <li>Desborde de la Quebrada “Chamalucuará” en temporada de lluvias</li> </ul>	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Desasolvamiento en la represa de captación.</li> <li>* Construcción de represas de sedimentación aguas arriba de la represa de captación.</li> <li>* Protección y restauración de la cobertura forestal en franjas cercanas a la represas de captación (Dependerá de los diagnósticos de los planes de manejo).</li> </ul>
	Fuga de agua en extremo inferior de la cortina (filtración)	PC	Reparación de fugas y filtraciones en la represa. Previamente debe hacerse una evaluación general de obra civil que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
	No se cuenta con título de propiedad ni paso de servidumbre.	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Se sugiere que la municipalidad inicie procesos legales para los trámites de pasos de servidumbre.</li> <li>* Compra de terrenos aledaños a la represa como inicio a la municipalización de la microcuenca.</li> </ul>
	No tiene desarenador	PC	Construcción y mantenimiento de un desarenador
Línea de conducción y distribución	Falta de limpieza en los alrededores de la línea.	PC	Limpieza de maleza en los alrededores de la tubería.
	Falta de soportes para sostener tubería y algunos dañados (anclajes de concreto)	PC	Reparación y construcción de soportes para tubería
	Fugas de agua en tubería	PCC	Reparación de fugas.
	Tubería de PVC al descubierto	PCC	Recubrimiento de tubería PVC al descubierto.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tubería que pasa debajo de viviendas y otras propiedades privadas.</li> <li>Falta de legalización de los pasos de servidumbre.</li> </ul>	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Realineamiento de la red de distribución previo estudio de factibilidad.</li> <li>* Se sugiere que la municipalidad inicie los procesos para la firma de convenios de servidumbre o compra de terrenos donde pasa la línea de conducción.</li> <li>* Se propone que la municipalidad junto a los propietarios de terrenos privados, gestionen ante las instituciones del estado, la protección de bienes y propiedades de utilidad pública (ICF, INA, Instituto de la Propiedad entre otros) utilizados por Aguas de Siguatepeque para el abastecimiento de agua potable, ante la posible presencia de invasores o depredadores.</li> </ul>
	Existencia de tubería vieja en la red de distribución.	PC	Eliminar la tubería que realmente no esté en uso.
	No existe en bodega disponibilidad de materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores.	PC	Gestionar la compra de accesorios de fontanería según el banco de necesidades de Aguas de Siguatepeque.
	No se cuenta con un estudio topográfico y catastral de las líneas de conducción y red de distribución.	PC	Realización de un estudio topográfico y catastral de las líneas de conducción y red de distribución.

Continuación del cuadro 6.24

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Línea de conducción y distribución	Falta de limpieza interna en tubería.	PCC	Realizar limpieza interna en la tubería dos veces por año
	Desconocimiento de rutas, diámetros y tipo de material de la tubería de la línea de conducción y distribución.	PCC	* Elaboración de diagnóstico estructural de la línea. * Señalizar la línea de conducción y distribución.
Válvulas de control, de aire y limpieza	Inexistencia de estudios topográfico que permitan identificar lugares para la instalación de nuevas válvulas.	PC	Debe tomarse como base el estudio topográfico de la línea de conducción y distribución.
	Válvulas expuestas al sol y al agua, en ocasiones no cuentan con estructuras de protección.	PC	Construcción de drenajes y estructuras de protección (cadenas, candados, tapaderas y cajas) en válvulas desprotegidas.
	No existe en bodega disponibilidad de materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores.	PC	Gestionar la compra de accesorios de fontanería según el banco de necesidades de Aguas de Siguatepeque.
	Desconocimiento de la ubicación de ciertas válvulas de control, de aire y limpieza	PCC	* Debe tomarse como base el estudio topográfico de la línea de conducción y distribución. * Señalizar válvulas de control, de aire y limpieza.
	Presencia de residuos sólidos y tierra en las cajas de registros	PCC	Aseo y limpieza general de las cajas de registros
Tanque N.1 (1,000 galones) y Hipoclorador de Las Colinas	Falta de candados y cadenas en tapaderas de la estructura	PC	Colocar cadenas y candados en tapaderas de las estructuras.
	Corrosión de estructuras metálicas y rupturas en la malla del cerco perimetral	PC	* Pintar hierro y reparar rupturas en la malla. * Implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo.
	Paredes deterioradas	PC	Inspección y resaneamiento del tanque
Tanque N.1 (1,000 galones) y Hipoclorador de Las Colinas	Hierro corroído (tubería, escaleras, tapaderas, válvula)	PC	Pintar los componentes (tubería, escaleras y tapaderas, válvulas y cerco).
	Hipoclorador descubierto	PC	Diseño de una tapadera de uso práctico y resistente a la corrosión
	Falta de limpieza y pintura en la pared.	PC	Limpieza y pintado de las paredes del tanque.
	Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua	PC	Reparación de fugas y filtraciones en el tanque. Previamente debe hacerse una evaluación general de obra civil que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
	Corrosión de estructuras metálicas y rupturas en la malla del cerco perimetral	PC	Pintar hierro y reparar rupturas en la malla.
Tanque N.2 (25,000 galones) y hipoclorador de Las Colinas	Hipoclorador descubierto	PC	Diseño de una tapadera de uso práctico y resistente a la corrosión.
	Hierro corroído (tubería, escaleras, tapaderas, válvulas y cerco).	PC	Pintar los componentes (tubería, escaleras y tapaderas, válvulas y cerco).
	Falta de limpieza y pintura en la pared	PC	Limpieza y pintado de las paredes del tanque.

Continuación del cuadro 6.24

Componentes	Eventos peligrosos	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Lugares de consumo	Características físicas observadas en el agua durante la visita en algunas viviendas del Barrio las Flores y la colonia las Colinas N.1: Color, sedimento y sabor (véase fotografía 6.2).	PCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Construcción de una planta de tratamiento tipo Agua Clara.</li> <li>* Proponer algunas formas de desinfección del agua ya sea mediante agentes físicos (sedimentación natural, filtración, el calor, luz solar) o químicos (cloro), con el propósito de reducir la turbidez y contaminación desde el punto de vista microbiológico.</li> <li>* Compra y uso de filtros para las viviendas que son abastecidos de agua por subsistema de Chamalucuará.</li> </ul>
	No se cuenta con buenas prácticas de uso del servicio de agua	PCC	Desarrollar programas educativos orientados a la población, con el propósito de garantizar la calidad, ahorro y buen uso del servicio de agua potable.

¿Qué significa un PCC, PC, medida de control y acción correctiva?



**Punto de Control (PC):** es una etapa en el sistema de agua, donde se puede aplicar una medida de control para prevenir o eliminar un peligro para la seguridad del agua potable.

**Punto Crítico de Control (PCC):** son aquellos que en la etapa del proceso puede ocurrir un riesgo para la salud y que es necesario monitorear toda la vida.

**Medida de control:** son acciones, actividades y procesos que se aplican para prevenir o minimizar los peligros en el sistema de abastecimiento.

**Acción Correctiva:** se define como aquella que debe tomarse cuando los resultados del monitoreo indican una desviación de límite operacional o Crítico.

## 6.5 Evaluación de los cinco subsistemas de abastecimiento de agua

como: Pozo San Francisco (1), Pozos San Miguel II y IV (2), Pozo San Antonio (3), Pozo de los Bomberos (4) y Pozos SANAA, San Juan, Zaragoza y la Fresera (5)

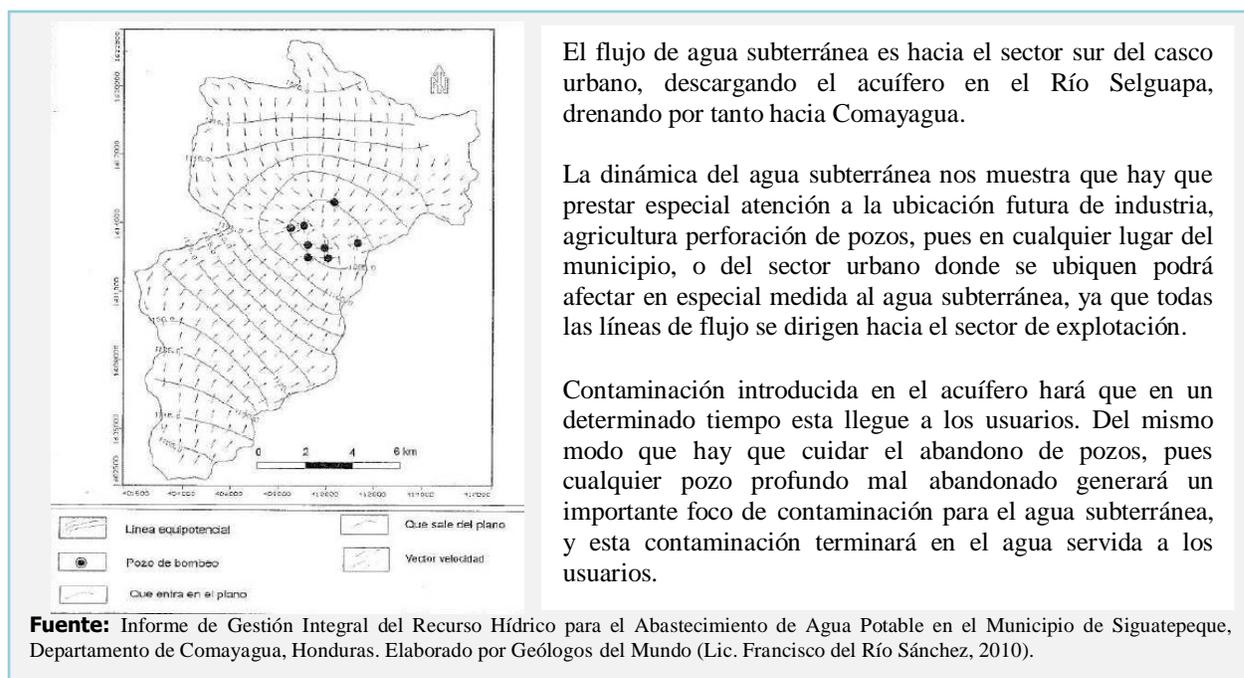
### 6.5.1 Descripción de los subsistemas de abastecimiento de agua

A continuación se describen los diferentes componentes con las respectivas características de los subsistemas que se abastecen por medio de fuentes subterráneas como: Pozo de San Francisco (1), Pozos San Miguel II y IV (2), Pozo San Antonio (3), Pozo de los Bomberos (4) y Pozos SANAA, San Juan, Zaragoza y la Fresera (5).

#### ➔ Dinámica del agua en el Acuífero de Siguatepeque

Un aspecto importante para evaluar la sobreexplotación de un acuífero es la disposición natural del nivel del agua en el mismo. En el acuífero de Siguatepeque se reconocen dos niveles distintos: Un nivel freático que es el nivel en profundidad al que se corta el agua, y un nivel piezométrico, que es el nivel hasta el que asciende el agua en los pozos como resultado de la presión a la que se encuentra el agua.

El nivel freático varía en función de donde nos encontremos, pudiendo observar que en el sector norte del área municipal, el acuífero tiene el agua en torno a los 80 metros de profundidad, tal como pudimos comprobar durante la perforación de los Pozos de Las Flores y el Pozo de Altos de Fátima (Sánchez, Francisco, 2010).



## ➔ Pozos que se encuentran dentro de los cinco subsistemas

El cuadro 6.25 se describen las características de cada uno de los pozos antes mencionados.

**Cuadro 6.25** Características de los pozos de los cinco subsistemas

Nombre del pozo	Elevación (msnm)	Coordenadas en UTM		Caudal (l/s)	Profundidad (m)	Bombea a:	Tubería de salida
		X	Y				
Pozo San Francisco	1,124.00	409,894	1,616,955	2.52	61	Parte alta y media del Barrio San Francisco.	2"
Pozo San Miguel II	1,078.00	410,332	1,612,826	10	70.4	Barrio San Miguel y parte del Barrio San Francisco	6"
Pozo San Miguel IV	1,106.00	410,512	1,615,092	10	125.7		4"
Pozo San Antonio	1,097.00	410,902	1,614,546	3.79	107	Barrio San Antonio	4"
Pozo los Bomberos	N.D*	N.D	N.D	5.45	134.11	Tanque de los Bomberos	4"
Pozo SANAA	1,080.00	410,030	1,612,644	11.36	130.45	Tanque Altos de Calentarique de 320,000 gls (en construcción) que distribuirá agua hacia el sector N.1	12"
Pozo San Juan	1,082.00	409,880	1,613,083	22.16	122		6"
Pozo Saragoza	1,089.00	409,190	1,612,686	12.62	138.68		6"
Pozo la Fresera	1,088.00	409,258	1,613,238	25.25	151.18		6"

Fuente: Informe Intermedio Diagnostico del Sistema de Agua (Rivera, Gabriel, 2009)  
\* N.D: No definido

## ➔ Línea de conducción y distribución de los subsistemas

No se cuenta con planos topográficos que indiquen la distancia exacta de la línea de conducción y distribución de los cinco subsistemas que se abastecen por medio de fuente subterránea (pozos). La línea de conducción y la red de distribución de los cinco subsistemas cuenta con válvulas de control, válvula para limpieza y de expulsión de aire (se desconoce el número).

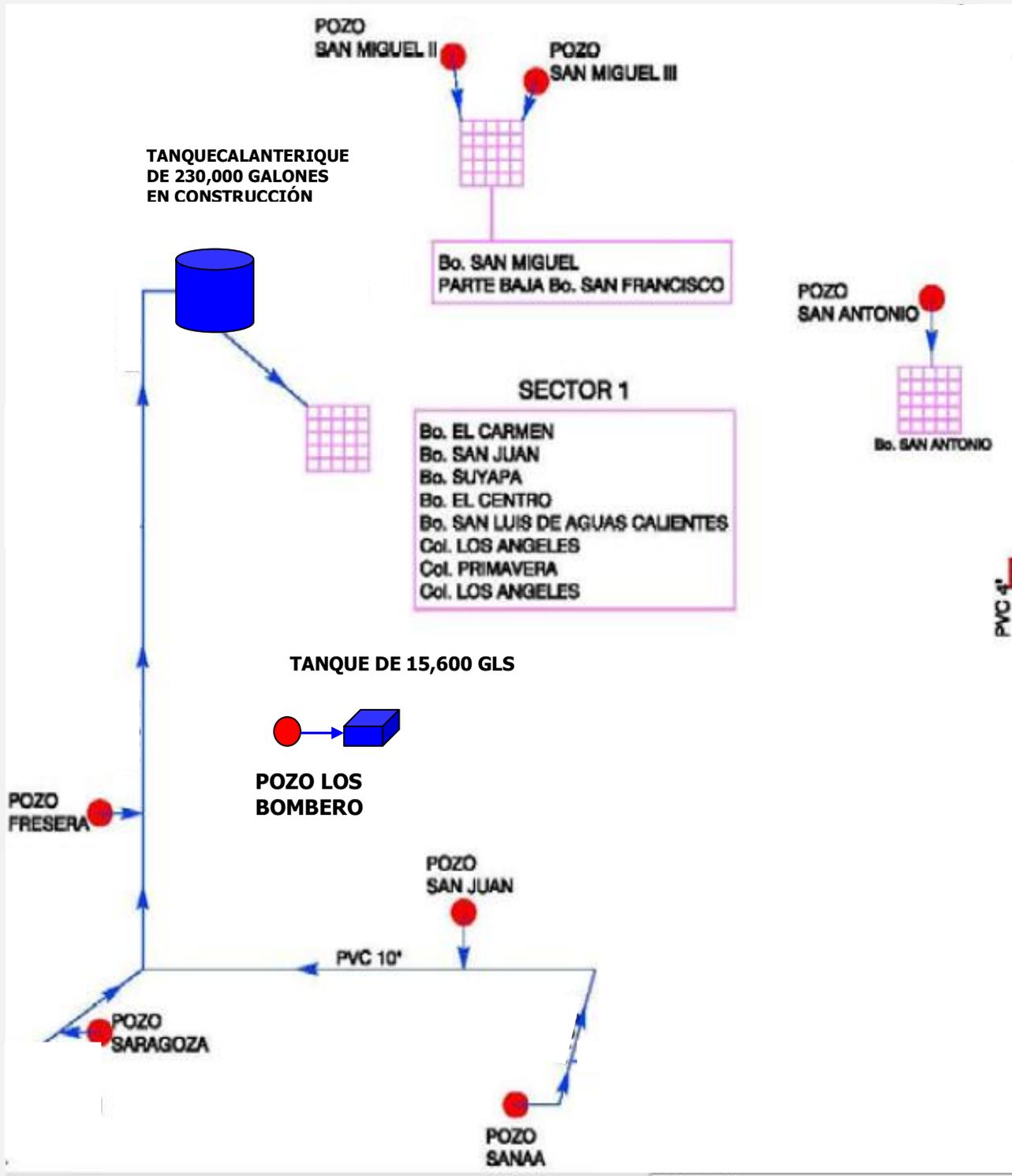
Como parte del trabajo del Consorcio y previo al catastro de redes, se está realizando un levantamiento de información para actualizar los planos de la red de distribución para contar con información de diámetros, existencia tubería y válvulas.

## ➔ Tanque de almacenamiento de Calanterique de 230,000 galones (en construcción)

Se tiene un déficit de almacenaje del 39,58% (1638 m<sup>3</sup>), el cual se verá disminuido a 18,54% (767 m<sup>3</sup>) con el tanque de almacenamiento que actualmente se encuentra en construcción en Calanterique, apoyado por PROMOSAS. Este tanque será abastecido por los pozos: SANAA, San Juan, Zaragoza y la Fresera y prestará servicio de abastecimiento para el sector N.1.

La ilustración 6.5 muestra los diferentes componentes que integran los cinco subsistemas, así como los sectores que serán abastecidos por estos subsistemas.

**Ilustración 6.5** Diagrama de los cinco subsistema de abastecimiento de agua del "Pozo San Francisco (1), Pozos San Miguel II y IV (2), Pozo San Antonio (3), Pozo de los Bomberos (4) y Pozos SANAA, San Juan, Zaragoza y la Fresera (5)"



Fuente: Plan Maestro SEFIN/UAP-AIF-4335-HO No. 01-2008, 2009:50

## 6.5.2 Evaluación de peligros y caracterización de riesgos

El cuadro 6.26 muestra los eventos peligrosos identificados durante la visita de campo en cada uno de los componentes de los cinco subsistema de abastecimiento de agua, y detalla las consecuencias y nivel de riesgos que genera y/o generaría cada uno de los eventos, ya sea en la estructura física de los subsistema de abastecimiento y por ende la calidad del agua.

**Cuadro 6.26** Evaluación de peligro y caracterización del riesgo de los cinco (5) subsistemas de abastecimiento de agua

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
<b>Subsistema del Pozo San Francisco (Parte media y baja de San Francisco)</b>				
Pozo San Francisco y estación de bombeo	Quema de residuos y presencia de maleza en el perímetro del pozo.	Contaminación	10	Alto
	El pozo se encuentra a pocos metros del río.	Expone o hace vulnerable el agua a eventos de contaminación	12	Alto
	No hay desinfección a la salida del pozo.	Riesgo de contaminación bacteriológica.	20	Muy alto
	No se cuenta con perfil estructural del pozo.	Riesgo de adquirir e instalar equipo electromecánico inapropiado.	10	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.	Reduce el caudal de extracción, el deterioro progresivo podría en algún momento hacer que colapse la estructura interna del pozo, además la contaminación	15	Alto
Lugares de consumo	Los usuarios tienen desconocimiento de: las fuentes de consumo y distribución.	Los consumidores no valoran el costo del vital líquido.	10	Alto
	No se cuenta con buenas prácticas de uso del servicio de agua.	Uso irracional del servicio de agua potable.	20	Muy alto
<b>Subsistema de los pozos San Miguel II y IV (Barrio San Miguel y parte baja de San Francisco)</b>				
Pozo de San Miguel II y estación de bombeo	Presencia de residuos sólidos dentro del perímetro de la estación.	Contaminación	10	Alto
	Cables eléctricos al intemperie sobre losa del pozo.	Ocasionar un cortocircuito	16	Muy alto
	No hay desinfección a la salida del pozo.	Riesgo de contaminación bacteriológica.	20	Muy alto
	No se cuenta con perfil estructural del pozo.	Riesgo de adquirir e instalar equipo electromecánico inapropiado.	10	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas.	Deterioro de la estructura	10	Alto
	El pozo se encuentra a pocos metros del río.	Expone o hace vulnerable el agua a eventos de contaminación	12	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas interna del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.	Reduce el caudal de extracción y el deterioro progresivo podría en algún momento hacer que colapse la estructura interna del pozo, además de la contaminación	15	Alto

Continuación del cuadro 6.26

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
Pozo de San Miguel IV y estación de bombeo	No se cuenta con perfil estructural del pozo	Riesgo de adquirir e instalar equipo electromecánico inapropiado.	10	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas interna del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.	Reduce el caudal de extracción y el deterioro progresivo podría en algún momento hacer que colapse la estructura interna del pozo, además la contaminación	15	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas.	Deterioro de la estructura	10	Alto
	Bomba en mal estado	Interrupción del servicio	12	Alto
	No hay desinfección a la salida del pozo	Riesgo de contaminación bacteriológica.	20	Muy alto
Lugares de consumo	No se cuenta con buenas prácticas de uso del servicio de agua.	Uso irracional del servicio de agua potable.	20	Muy alto
	Según la información obtenida en la visita realizada a dos viviendas en la parte baja de San Francisco, los pobladores manifestaron que el servicio de agua los abastece cada dos días.	Inconformidad en los consumidores.	12	Alto
<b>Subsistema Pozo San Antonio (Barrio San Antonio)</b>				
Pozo San Antonio	Presencia de residuos sólidos dentro del perímetro de la estación.	Contaminación	10	Alto
	No hay desinfección a la salida del pozo	Riesgo de contaminación bacteriológica.	20	Muy alto
	Falta de un tubo de sondeo de muestra	Dificulta monitorear el caudal de agua.	10	Alto
	No tiene cerco	Manipulación por personas particulares.	8	Medio
	No se cuenta con perfil estructural del pozo	Riesgo de adquirir e instalar equipo electromecánico inapropiado.	10	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas interna del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.	Reduce el caudal de extracción, el deterioro progresivo podría en algún momento hacer que colapse la estructura interna del pozo, además la contaminación	15	Alto
Lugares de consumo	No se cuenta con buenas prácticas de uso del servicio de agua.	Uso irracional del servicio de agua potable.	20	Muy alto
	Según la información obtenida en la visita realizada a dos viviendas en el Barrio San Antonio, los pobladores manifestaron que el servicio de agua los abastece cada dos días.	Inconformidad en los consumidores.	12	Alto

Continuación del cuadro 6.26

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
<b>Subsistema del pozo de los Bomberos (<i>Bomberos y personas del casco urbano</i>)</b>				
Pozo de los Bomberos y estación de bombeo	No hay desinfección a la salida del pozo.	Riesgo de contaminación bacteriológica.	20	Muy alto
	Tapadera de la estación de bombeo corroída.	Deterioro de los componentes	10	Alto
	Drenaje cerca del pozo que sirve como resumidero.	Contaminación	16	Muy alto
	No se cuenta con perfil estructural del pozo.	Riesgo de adquirir e instalar equipo electromecánico inapropiado.	10	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas interna del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.	Reduce el caudal de extracción y el deterioro progresivo podría en algún momento hacer que colapse la estructura interna del pozo, además de la contaminación al mismo	15	Alto
Tanque de almacenamiento 15,600 galones	Falta de un cerco de seguridad por encima del tanque y en la escalera.	Accidentes de personas	12	Alto
	Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua.	Deterioro progresivo de la estructura	20	Muy alto
<b>Subsistema de los pozo SANAA, San Juan, Zaragoza y la Fresera (<i>Que ayudará abastecer al sector N° 1</i>)</b>				
Pozo del SANAA y estación de bombeo	No hay desinfección a la salida del pozo.	Riesgo de contaminación bacteriológica.	20	Muy alto
	Corrosión de estructuras metálicas interna del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.	Reduce el caudal de extracción y el deterioro progresivo podría en algún momento hacer que colapse la estructura interna del pozo, además la contaminación al mismo	15	Alto
	Presencia de maleza en el perímetro del pozo.	Contaminación	10	Alto
	No se cuenta con perfil estructural del pozo.	Riesgo de adquirir e instalar equipo electromecánico inapropiado.	10	Alto
Pozo de San Juan y estación de bombeo	No hay desinfección a la salida del pozo.	Riesgo de contaminación bacteriológica.	20	Muy alto
	Corrosión de estructuras metálicas.	Deterioro de la estructura.	10	Alto
	No se cuenta con perfil estructural del pozo.	Riesgo de adquirir e instalar equipo electromecánico inapropiado.	10	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas interna del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.	Reduce el caudal de extracción y el deterioro progresivo podría en algún momento hacer que colapse la estructura interna del pozo, además de la contaminación al mismo	15	Alto
Pozo Zaragoza	No hay desinfección a la salida del pozo	Riesgo de contaminación bacteriológica.	20	Muy alto
	Corrosión de estructuras metálicas.	Deterioro de la estructura	10	Alto

Continuación del cuadro 6.26

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	Consecuencias	Riesgo	Tipo de riesgo
<b>Subsistema del Pozo de los Bomberos (<i>Bomberos y personas del casco urbano</i>)</b>				
Pozo Zaragoza	Presencia de residuos sólidos dentro del perímetro de la estación.	Contaminación	10	Alto
	Drenaje cerca del pozo que sirve como resumidero.	Contaminación	16	Muy alto
	No se cuenta con perfil estructural del pozo	Riesgo de adquirir e instalar equipo electromecánico inapropiado.	10	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas interna del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.	Reduce el caudal de extracción y el deterioro progresivo podría en algún momento hacer que colapse la estructura interna del pozo, además de la contaminación al mismo	15	Alto
Pozo La Fresera	No hay desinfección a la salida del pozo.	Riesgo de contaminación bacteriológica.	20	Muy alto
	El pozo se encuentra a pocos metros de viviendas.	Expone o hace vulnerable el agua a eventos (por ejemplo derrames de químico) que puedan ser causados por los vecinos.	12	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas	Deterioro de la estructura	10	Alto
	No se cuenta con perfil estructural del pozo.	Riesgo de adquirir e instalar equipo electromecánico inapropiado.	10	Alto
	Corrosión de estructuras metálicas interna del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.	Reduce el caudal de extracción, el deterioro progresivo podría en algún momento hacer que colapse la estructura interna del pozo, además la contaminación	15	Alto
Tanque de Calentarique de 230,000 gls (en construcción)	Falta de un by-pass del tanque de 150,000 galones.	Dificultad en abastecer de agua a la población en caso de emergencia.	12	Alto

### 6.5.3 Determinación de puntos críticos de control (PCC), medidas de control y acciones correctivas

Existen eventos peligrosos que es necesario controlar y monitorear, porque afectan directamente la calidad de agua de consumo humano; por tal razón fue necesario la determinación de puntos críticos de control y puntos de control en eventos con riesgo alto y muy alto, que puedan contaminar el agua.

En esta etapa se presentan las actividades y operaciones (medidas de control y acciones correctivas), encaminadas a evitar y/o eliminar los peligros que podrían poner en riesgo la estructura física de los subsistemas de abastecimiento y por ende la calidad del agua (véase cuadro 6.27).

**Cuadro 6.27** Determinación de Puntos Críticos de Control (PCC), Medidas de Control y/o acciones correctivas en los componentes de los cinco (5) subsistemas de abastecimiento de agua

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
<b>Subsistema del Pozo San Francisco (Parte media y baja de San Francisco)</b>			
Pozo San Francisco y estación de bombeo	Quema de residuos y presencia de maleza en el perímetro del pozo.	PCC	No quemar residuos sólidos y realizar limpieza de maleza en el perímetro del pozo.
	El pozo se encuentra a pocos metros del río.	PCC	* Por medio de los análisis de calidad de agua, identificar y establecer medidas ante cualquier foco potencial de contaminación. * Se sugiere que la alcaldía gestione programas educativos para la población, orientados a concientizar sobre la protección de los ríos y disminuir la contaminación.
	No hay desinfección a la salida del pozo.	PCC	Adquirir equipo para desinfección de agua a la salida del pozo
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.</li> <li>• No se cuenta con perfil estructural del pozo</li> </ul>	PCC	* Limpieza y acondicionamiento interna (revestimiento) de la estructura metálica del pozo. * Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
Lugares de consumo	Los usuarios tienen desconocimiento de las fuentes de consumo y distribución.	PC	Informar a la población a través de los medios de comunicación, la fuente de donde proviene el agua, la distancia, el costo que implica; con el propósito de concientizar a la población en el cuidado del agua y garantizar la sostenibilidad del subsistema.
	No se cuenta con buenas prácticas de uso del servicio de agua.	PCC	Desarrollar programas educativos orientados a la población, con el propósito de garantizar la calidad, ahorro y buen uso del servicio de agua potable.
<b>Subsistema de los pozos San Miguel II y IV (Barrio San Miguel y parte baja de San Francisco)</b>			
Pozo de San Miguel II y estación de bombeo	Presencia de residuos sólidos dentro del perímetro de la estación.	PCC	Realizar limpieza de maleza y residuos sólidos en el perímetro del pozo.
	Cables eléctricos al intemperie sobre losa del pozo.	PC	Acondicionar el cableado
	No hay desinfección a la salida del pozo.	PCC	* Adquirir equipo para desinfección de agua a la salida del pozo. * Construcción de un tanque de almacenamiento elevado
	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Corrosión de estructuras metálicas interna del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas.</li> <li>* No se cuenta con perfil estructural del pozo.</li> </ul>	PCC	* Limpieza y acondicionamiento interna (revestimiento) de la estructura metálica del pozo. * Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
	Corrosión de estructuras metálicas.	PC	Pintar las estructuras metálicas.

Continuación del cuadro 6.27

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
<b>Subsista de los Pozo San Miguel II y IV (Barrio San Miguel y parte baja de San Francisco)</b>			
Pozo de San Miguel II y estación de bombeo	El pozo se encuentra a pocos metros del río.	PCC	* Por medio de los análisis de calidad de agua, identificar y establecer medidas ante cualquier foco potencial de contaminación. * Se sugiere que la alcaldía gestione programas educativos para la población, orientados a concientizar sobre la protección de los ríos y disminuir la contaminación.
Pozo de San Miguel IV y estación de bombeo	* Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas. * No se cuenta con perfil estructural.	PCC	* Limpieza y acondicionamiento interna (revestimiento) de la estructura metálica * Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
	Corrosión de estructuras metálicas.	PC	Pintar las estructuras metálicas.
	Bomba en mal estado	PCC	Reparar bomba.
	No hay desinfección a la salida del pozo	PCC	Adquirir equipo para desinfección de agua a la salida del pozo.
Lugares de consumo	No se cuenta con buenas prácticas de uso del servicio de agua.	PCC	Desarrollar programas educativos orientados a la población, con el propósito de garantizar la calidad, ahorro y buen uso del servicio de agua potable.
	En la visita realizada a dos viviendas en la parte baja de San Francisco, se obtuvo que existe intermitencia del servicio cada dos días.	PC	Se recomienda a la Municipalidad que a través de su operador Aguas de Siguatepeque, ajuste su pliego tarifario a los costos reales de su administración, operación y mantenimiento, que permita disminuir la intermitencia del servicio.
<b>Subsistema Pozo San Antonio (Barrio San Antonio)</b>			
Pozo San Antonio	Presencia de residuos sólidos dentro del perímetro de la estación.	PCC	Realizar limpieza de maleza residuos sólidos en el perímetro del pozo.
	No hay desinfección a la salida del pozo	PCC	Adquirir equipo para desinfección de agua a la salida del pozo.
	Falta de un tubo de sondeo de muestra	PC	Colocar tubos de sondeo de muestras
	* Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas. * No se cuenta con perfil estructural.	PCC	* Limpieza y acondicionamiento interna (revestimiento) de la estructura metálica del pozo. * Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
Lugares de consumo	No se cuenta con buenas prácticas de uso del servicio de agua.	PCC	Desarrollar programas educativos orientados a la población, con el propósito de garantizar la calidad, ahorro y buen uso del servicio de agua potable.
	Según la información obtenida en la visita realizada a dos viviendas en el Barrio San Antonio, los pobladores manifestaron que el servicio de agua los abastece cada dos días.	PC	Se recomienda a la Municipalidad que a través de su operador Aguas de Siguatepeque, ajuste su pliego tarifario a los costos reales de su administración, operación y mantenimiento, que permita disminuir la intermitencia del servicio.

Continuación del cuadro 6.27

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
<b>Subsistema del pozo de los Bomberos (<i>Bomberos y personas del casco urbano</i>)</b>			
Pozo de los Bomberos y estación de bombeo	No hay desinfección a la salida del pozo	PCC	Adquirir equipo para desinfección de agua a la salida del pozo.
	Tapadera de la estación de bombeo corroída.	PC	Pintar la estructura metálica.
	Drenaje cerca del pozo que sirve como resumidero.	PC	Construcción de un canal de concreto
	* Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas. * No se cuenta con perfil estructural del pozo	PCC	* Limpieza y acondicionamiento interna (revestimiento) de la estructura metálica del pozo. * Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
Tanque de almacenamiento 15,600 galones	Falta de un cerco de seguridad por encima del tanque y en la escalera.	PC	Construcción de un cerco de seguridad encima del tanque y escaleras.
	Fisuras en las paredes del tanque que ocasionan fugas de agua.	PC	Reparación de fugas y filtraciones en el tanque. Previamente debe hacerse una evaluación general de obra civil que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
<b>Subsistema de los Pozos SANAA, San Juan, Zaragoza y la Fresera (que ayudará abastecer al sector N<sup>o</sup> 1)</b>			
Pozo del SANAA y estación de bombeo	No hay desinfección a la salida del pozo	PCC	* Implementar la cloración de HTH en el tanque de Calanterique de 230,000 galones. * Adquirir equipo para desinfección de agua a la salida del pozo.
	* Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas. * No se cuenta con perfil estructural del pozo	PCC	* Limpieza y acondicionamiento interna (revestimiento) de la estructura metálica del pozo. * Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
	Presencia de maleza en el perímetro del pozo	PCC	Realizar limpieza de maleza y residuos sólidos en el perímetro del pozo.
Pozo de San Juan y estación de bombeo	No hay desinfección a la salida del pozo	PCC	* Implementar la cloración de HTH en el tanque de Calanterique de 230,000 galones. * Adquirir equipo para desinfección de agua a la salida del pozo.
	Corrosión de estructuras metálicas.	PC	Pintar las estructuras metálicas.
	* Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas. * No se cuenta con perfil estructural del pozo	PCC	* Limpieza y acondicionamiento interna (revestimiento) de la estructura metálica del pozo. * Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
Pozo Zaragoza y estación de bombeo	No hay desinfección a la salida del pozo	PCC	* Implementar la cloración de HTH en el tanque de Calanterique de 230,000 galones. * Adquirir equipo para desinfección de agua a la salida del pozo.

Continuación al cuadro 6.27

Componente	Eventos peligrosos identificados durante la visita de campo	PCC o PC	Medidas de control y acciones correctivas
Subsistema de los Pozos SANAA, San Juan, Zaragoza y la Fresera (que ayudará abastecer al sector N° 1)			
Pozo Zaragoza y estación de bombeo	Corrosión de estructuras metálicas.	PC	Pintar las estructuras metálicas.
	Drenaje cerca del pozo que sirve como resumidero.	PC	Construcción de un canal de concreto
	Presencia de residuos sólidos dentro del perímetro de la estación.	PCC	Realizar limpieza de maleza y residuos sólidos en el perímetro del pozo.
	* Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas. * No se cuenta con perfil estructural del pozo	PCC	* Limpieza y acondicionamiento interna (revestimiento) de la estructura metálica del pozo. * Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
Pozo La Fresera	No hay desinfección a la salida del pozo	PCC	Adquirir equipo para desinfección de agua a la salida del pozo.
	El pozo se encuentra a pocos metros de viviendas	PCC	Inspeccionar la conexión de alcantarillado en la zona, con el fin de reparar cualquier foco de potencial de contaminación. En caso de no existir alcantarillado la alcaldía municipal deberá invertir en una nueva red.
	Corrosión de estructuras metálicas	PC	Pintar las estructuras metálicas.
	* Corrosión de estructuras metálicas a nivel interno del pozo (revestimiento) y saturación de rejillas metálicas. * No se cuenta con perfil estructural del pozo	PCC	* Limpieza y acondicionamiento interna (revestimiento) de la estructura metálica del pozo. * Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.
Tanque de Calentarique de 230,000 gls (en construcción)	Falta de un by-pass del tanque de 150,000 galones al tanque de 320,000 gls.	PC	Instalación de un by-pass del tanque de 150,000 gls. al tanque de 320,000 gls.

¿Qué significa un PCC, PC, medida de control y acción correctiva?



**Punto de Control (PC):** es una etapa en el sistema de agua, donde se puede aplicar una medida de control para prevenir o eliminar un peligro para la seguridad del agua potable.

**Punto Crítico de Control (PCC):** son aquellos que en la etapa del proceso puede ocurrir un riesgo para la salud y que es necesario monitorear toda la vida.

**Medida de control:** son acciones, actividades y procesos que se aplican para prevenir o minimizar los peligros en el sistema de abastecimiento.

**Acción Correctiva:** se define como aquella que debe tomarse cuando los resultados del monitoreo indican una desviación de límite operacional o Crítico.

## 6.6 Acciones indispensables que se recomienda realizar de forma general para ocho (8) subsistemas de abastecimiento de agua

- ➔ Elaboración e implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para el sistema de abastecimiento de agua, tomando en cuenta los eventos identificados en cada componente de los subsistemas.
- ➔ Elaboración e implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de las plantas potabilizadoras de agua (Jaime Rosenthal Oliva y Guaratoro), tomando en cuenta los eventos identificados en cada una de estas.
- ➔ Dar seguimiento al Reglamento para la Exploración, Perforación y Explotación de Pozos en el municipio de Siguatepeque.
- ➔ Conformación de una Unidad de Manejo de Recursos Hídricos, adscrita a la administración municipal, con independencia de gestión de recursos económicos, financieros y técnicos orientados a la conservación de la microcuencas y mejoramiento de la calidad de agua.
- ➔ Formulación y aplicación del plan de protección para la reserva biológica de Montecillo en el marco de la conformación de la mancomunidad, para lograr la sostenibilidad del mismo.
- ➔ Elaboración y aplicación de planes de manejo agroforestal en las áreas productoras de agua de Calan, Guaratoro y Chamalucuará.
- ➔ Elaborar un estudio geofísico hídrico subterráneo que asegure la disponibilidad y abastecimiento de agua para el municipio.
- ➔ Para garantizar la sostenibilidad operativa y administrativa del sistema de agua potable, se sugiere que la Municipalidad a través de su operador Aguas de Siguatepeque, ajuste su pliego tarifario a los costos reales de administración, operación y mantenimiento. Paralelamente se debe iniciar un proceso sistemático de micromedición, que le permita al operador recuperar vía facturación sus costos operativos.

## 6.7 Monitoreo operacional

### 6.7.1 Establecimiento de límites críticos

Se establecieron parámetros y porcentajes (límites de control), fácilmente mensurables, que permitirán verificar si las medidas adoptadas (actividades y operaciones), han contribuido a la reducción de peligros en cada parte o componente de los ocho (8) subsistemas de abastecimiento de agua, en caso de superarse exigirá habitualmente la adopción de medidas correctivas urgentes, con el propósito de garantizar continuamente la calidad de agua.

## ¿Qué significa un límite crítico?



**Límite crítico:** es un valor que permite distinguir si una situación es aceptable o inaceptable”. Además permiten verificar si un punto crítico de control (PCC) está controlado.

A continuación se especifican los límites críticos que permitirán verificar si los puntos críticos de control están controlados, con las medidas de control asignado a cada uno de los eventos.

- ➔ Asentamientos humanos localizados dentro de las microcuencas (Calan, Guaratoro y Chamalucuará) sin contar con el respaldo de las leyes ambientales del país y las regulaciones y controles de la Unidad Municipal Ambiental (UMA) de la municipalidad de Siguatepeque (respaldo Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre Decreto Legislativo No.156-2007 y Reglamento General de la Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre Acuerdo 031-2010, Ley de Municipalidades).
- ➔ Cuando se violenten las regulaciones especificadas en el artículo 123 de la Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre tales como:

Las de recarga hídrica o cuenca alta son zonas de protección exclusiva, se prohíbe todo tipo de actividad en estas zonas cuando estas microcuencas están declaradas legalmente como zonas abastecedoras de agua. Estas áreas estarán determinadas por el espacio de la microcuenca comprendido desde cincuenta metros (50m) abajo del nacimiento, hasta aguas comprendidas en la parte alta de la cuenca. Cuando exista un nacimiento en las zonas de recarga hídrica o cuenca alta dentro de un área que **no tenga declaratoria legal** de zona abastecedora de agua, se protegerá un área en un radio de doscientos cincuenta metros (250 m) partiendo del centro del nacimiento o vertiente.

En los ríos y quebradas permanentes se establecerán fajas de protección de ciento cincuenta metros (150 m), medidos en proyección horizontal a partir de la línea de ribera si la pendiente de la cuenca es igual o superior a treinta por ciento (30%); y de cincuenta metros (50 m) si la pendiente es inferior de treinta por ciento (30%). Dentro de las áreas forestales de los perímetros urbanos se aplicarán las regulaciones de la Ley de Municipalidades.

- ➔ Cuando sobrepase al menos un límite de los nueve parámetros de la primera etapa (E1) relacionados con la presencia o ausencia de contaminación fecal y las características organolépticas del agua como: Coliforme Total o Coliforme Termotolerante anteriormente denominada Coliforme Fecal, Olor, Sabor, Turbiedad, Color, Temperatura, Concentración de iones hidrógeno (pH), conductividad y cloro residual (véase anexo c). (referencia Norma Técnica de Nacional para la Calidad de Agua Potable).
- ➔ Cuando sobrepase al menos un límite de los parámetros de la segunda etapa (E2), que corresponde a un programa de análisis normal y comprende la ejecución de los parámetros de la primera etapa ampliado con: aluminio, cloruros, cobre, dureza, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, hierro, manganeso, fluoruro, arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, plomo, antimonio, selenio, sulfuro de hidrógeno y zinc (véase anexo c). (referencia Norma Técnica de Nacional para la Calidad de Agua Potable).

- Al momento de determinar el cloro residual mediante Ortotolidina el resultado no se encuentre dentro del rango de concentración de 0.5 a 1.0 mg/l, ya sea en las plantas de tratamiento de agua, tanques de almacenamiento o lugares de consumo. (referencia Norma Técnica de Nacional para la Calidad de Agua Potable).
- Al momento de determinar el PH mediante rojofenol, los resultados no se encuentren dentro del rango de 6.5-8.5, o sobrepase el límite de 15 UC de color y el límite de 5 NTU de turbiedad, ya sea en las plantas de tratamiento de agua, tanques de almacenamiento o lugares de consumo. (referencia Norma Técnica de Nacional para la Calidad de Agua Potable).
- Cuando las fuentes de abastecimiento de agua (El Tablón y La Porra) proporcionen volúmenes inferiores a la capacidad instalada de potabilización en planta de tratamiento convencional Jaime Rosenthal Oliva con capacidad de 100 l/s (referencia Medición y Regulación de Caudal de Entrada de Agua Cruda).
- La fuente de abastecimiento de agua del Río Guaratoro proporcione volúmenes inferiores a la capacidad instalada de potabilización en la planta de tratamiento de Guaratoro con capacidad de 75 l/s (referencia Medición y Regulación de Caudal de Entrada de Agua Cruda).
- Fuentes de abastecimiento de agua de la Quebrada de Chamalucuará no dé abasto a las necesidades requerida por los consumidores (referencia Medición de Caudal de Agua).
- Cuando haya interrupción del servicio mayor a dos días (referencia Libro de Registro de Fallas del sistema, Reglamento y Convenios de Prestación de Servicios).
- Cuando la tubería pase por debajo de al menos una vivienda (referencia Informes de Inspección por el Equipo PSA).
- Dos meses sin realizar una limpieza en las estructuras represa, desarenador, tanques de almacenamiento, rompecarga y cajas de registros de válvulas (referencia Informes de Inspección por el Equipo PSA).
- No haya inventario suficiente en bodega de materiales y accesorios de fontanería de diferentes tipos y dimensiones (referencia de Libros de Inventarios).
- Cuando los ingresos provenientes del pago del servicio de agua potable no cubran los costos operativos y administrativos, que se requieren para un eficiente manejo del servicio de agua potable.

### **6.7.2 Establecimiento del sistema de monitoreo de las medidas de control, acciones correctivas y límites críticos**

El sistema de monitoreo de las medidas de control, acciones correctivas y límites críticos consiste en establecer una serie planificada de observaciones o medidas, para evaluar si los componentes de los subsistema de abastecimiento de agua, están funcionando adecuadamente (véase cuadro 6.28)

**Cuadro 6.28** Establecimiento del sistema de monitoreo de las medidas de control, acciones correctivas y límites críticos para los subsistemas de abastecimiento de agua

<b>Actividades de inspección</b>	 <b>¿Qué monitorear?</b>	 <b>¿Dónde monitorear?</b>	 <b>¿Cuándo monitorear?</b>	 <b>¿Cómo monitorear?</b>	 <b>¿Quién va realizar el monitoreo?</b>
Reunión de evaluación con Aguas de Siguatepeque.	Medidas de control, límites críticos y acciones correctivas que se describen en cada uno de los eventos.	Documento del Plan de Seguridad del Agua	Trimestralmente	Indicadores de gestión.  En los libros de registros y planificaciones	<b>Monitores</b> El equipo PSA, Alcaldía, COMAS y USCL
Visita de campo a los subsistema de abastecimiento de agua	Condiciones físicas y operacionales de los subsistemas.	Componentes de los ocho (8) subsistemas de abastecimiento de agua.	Trimestralmente	Inspecciones y evaluaciones	<b>Monitores</b> El equipo PSA, Alcaldía, COMAS y USCL
Evaluación de los avances de la formulación y aplicación de planes de manejo agroforestal en las áreas productoras de agua de Calán, Guaratoro y Chamalucuará.	Avances del plan de protección ya sea en formulación y aplicación.	Avance de los documentos (planes de manejo agroforestal) y protección de las microcuencas.	Trimestralmente	A través de reuniones con los ejecutores del plan.	<b>Monitores</b> El equipo PSA, Alcaldía, UMA y COMAS
Evaluación de los avances de la formulación y aplicación del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los subsistemas de abastecimiento de agua.	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo y correctivo	Avance de documento (plan) y aplicación en los subsistemas de abastecimiento de agua.	Trimestralmente	A través de reuniones con los ejecutores del plan. Inspección del estado de las estructuras y a través de visitas de campo.	<b>Monitores</b> El equipo PSA, USCL y COMAS
Resultados de análisis de calidad de agua.	Parámetros E1 y E2	En la base de datos de aguas de Siguatepeque	Mensual	Comparar resultados obtenidos con la norma.	<b>Monitores</b> Equipo PSA Secretaría de Salud
Verificación de inventario de cloro.	Existencia en bodega del 50% de cloro HTH, más de lo que consume mensualmente.	En el banco de cloro	Mensual	Evaluación y control de inventario de cloro HTH	<b>Monitores</b> El equipo PSA USCL Secretaría de Salud

Continuación del cuadro 6.28

<b>Actividades de inspección</b>	 <b>¿Qué monitorear?</b>	 <b>¿Dónde monitorear?</b>	 <b>¿Cuándo monitorear?</b>	 <b>¿Cómo monitorear?</b>	 <b>¿Quién va realizar el monitoreo?</b>
Evaluación de los avances de la aplicación del Reglamento para la Exploración, Perforación y Explotación de Pozos en el municipio de Siguatepeque.	Que se cumpla la normativa de pozos.	Casco urbano de Siguatepeque.	Trimestralmente	Resultados obtenidos de la normativa.	<b>Monitores</b> El equipo PSA, alcaldía y COMAS
Monitorear el control de enfermedades de transmisión hídrica	Número de casos de enfermedades de transmisión hídrica de los CESAMOS Dr. Gustavo Boquín y el de El Parnaso y clínicas privadas.	En CESAMOS y clínicas privadas	Mensual	Mediante la comparación de datos anteriores con actuales.	<b>Monitores</b> El equipo PSA y Secretaría de Salud
Evaluar la ejecución del plan de inversión	Avances de la aplicación del plan de inversión	En la base de datos de aguas de Siguatepeque	Trimestralmente	A través de reuniones con los ejecutores del plan. Inspección de las estructuras a través de visitas de campo.	<b>Monitores</b> El equipo PSA, Alcaldía, COMAS y USCL

## 6.8 Gestión y comunicación

### 6.8.1 Plan de intervención (acciones correctivas, preventivas y nuevas inversiones) para el sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque

Este plan de intervención (véase cuadro 6.29), fue realizado a través de la integración de medidas y acciones correctivas de cada uno de los componentes de los subsistemas, con las prioridades de inversión definidas en el informe "banco de necesidades", elaborado por la Unidad Municipal Desconcentrada (UMD) Aguas de Siguatepeque y otras consultorías desarrolladas por PROMOSAS. Para la elaboración de dicho plan participaron actores claves como: Aguas de Siguatepeque, Equipo de Trabajo PSA, USCL, COMAS, ALCALDIA, Cuerpo de Bomberos, UNICAH y Secretaria de Salud.

**Cuadro 6.29** Plan de intervención para el sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque

N.	Proyecto	Cantidad	Ubicación y descripción	Planificación			Costo estimado en Lempiras
				Corto	Mediano	Largo	
<b>Gestión Administrativa Aguas de Siguatepeque</b>							
1	Plan de rendición de cuentas.	1	Aguas de Siguatepeque	✓			L. 50,000.00
2	Suministro e instalación de nuevo sistema de comercialización.	1	Acondicionar y eficientar el cobro y atención a los abonados de los servicios de agua potable y alcantarillado.	✓			L. 200,000.00
<b>Microcuencas</b>							
3	Estudios de tesis orientado al manejo agroforestal de las fuentes productoras de agua del municipio.	3	Chamalucara, Guaratoro y Calan	✓			L. 100,000.00
4	Formulación y ejecución del Plan de Protección para la Reserva Biológica de Montecillo.	1	Actividades de protección de la reserva biológica de Montecillo y conformación de la mancomunidad para lograr la sostenibilidad del mismo.		✓		? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
5	Elaboración e implementación de Planes de Manejo Agroforestal en las áreas productoras de agua.	3	Protección del bosque, nuevas plantaciones, asistencia técnica en las cuencas de Calán, Guaratoro y Chamalucara.		✓		L. 5,000,000.00
<b>Fuentes de abastecimiento de agua subterránea (Pozos)</b>							
6	Construcción de huellas y aceras (acceso para maquinaria y equipo).	12	12 pozos en operación	✓			L. 150,000.00
7	Elaborar diagnóstico estructural que permita identificar otras prioridades de inversión necesarias en la obra.	1	13 pozos en operación	✓			? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.

Continuación del cuadro 6.29

N.	Proyecto	Cantidad	Ubicación y descripción	Planificación			Costo estimado en lempiras
				Corto	Mediano	Largo	
8	Adquisición e instalación de sistemas de cloro gas, para desinfección de agua a la salida de los pozos, especificados a continuación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos (2) pozos con salida de 6"</li> <li>• Cuatro (4) pozos con salida de 4"</li> <li>• Ocho (8) pozos con salida de 2"</li> </ul>	13	13 pozos en operación	✓			L. 300,000.00
9	Mantenimiento y reparación de equipo electromecánico.	13	13 pozos en operación	✓			L. 600,000.00
10	Perforación de cuatro (4) pozos; Barrio San Francisco, San Miguel, Colinas y San Antonio (Eliminar pozo menor en Barrio San Francisco). El crecimiento poblacional y la baja producción de los pozos actuales hacen que el suministro sea deficitario.	4	Barrio San Francisco, San Miguel, Colinas y San Antonio (Eliminar pozo menor en Barrio San Francisco).		✓		L. 4,000,000.00
11	Elaborar un estudio geofísico hídrico subterráneo, que asegure la disponibilidad y abastecimiento de agua para el municipio.	1	Cobertura municipal, priorizando el casco urbano.		✓		? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
12	Limpieza y acondicionamiento interna (revestimiento) de la estructura metálica de los pozos.	13	13 pozos en operación		✓		? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
13	Reparar rupturas en la malla del cerco perimetral y pintar las estructuras metálicas.	12	12 pozos en operación		✓		? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
14	Readecuación del equipo electromecánico, después de pruebas y ensayos de bombeos.	13	13 pozos en operación		✓		L.1,000,000.00

Continuación del cuadro 6.29

N.	Proyecto	Cantidad	Ubicación y descripción	Planificación			Costo estimado en lempiras
				Corto	Mediano	Largo	
15	Equipamiento de pozo San Pablo (tubería de bombeo, bomba, motor y panel eléctrico).	1	Plaza Cívica La Amistad - San Pablo.		✓		L. 150,000.00
16	Aforo, limpieza e inspección con video cámara de estaciones de bombeo.	13	13 pozos en operación		✓		L.800,000.00
17	Sustitución y mantenimiento de tuberías y accesorios de columnas de bombeo.	13	13 pozos en operación		✓		L. 500,000.00
18	Colocación de tubería para sondeo del acuífero.	13	13 pozos en operación		✓		L.125,000.00
<b>Proyectos generales del sistema de abastecimiento de agua</b>							
19	Elaboración e implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para el sistema de abastecimiento de agua, tomando en cuenta los eventos identificados en cada componente de los subsistemas.	1	Para los ocho subsistemas de abastecimiento de agua.	✓			? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
20	Elaboración e implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de las plantas potabilizadoras de agua (Jaime Rosenthal Oliva y Guaratoro), tomando en cuenta los eventos identificados en cada una de estas.	2	Planta potabilizadora de agua Jaime Rosenthal y Guaratoro.	✓			? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
21	Compra de accesorios de fontanería según el banco de necesidades de Aguas de Siguatepeque (Véase Anexo E), ya que no existe en bodega disponibilidad de materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores.	Varias	Mantenimiento preventivo y correctivo.	✓			? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.

Continuación del cuadro 6.29

N.	Proyecto	Cantidad	Ubicación y descripción	Planificación			Costo estimado en lempiras
				Corto	Mediano	Largo	
22	Compra e instalación de macro medidores.	15	Medir la cantidad de agua que produce el sistema.		✓		L.478,952.00
23	Instalación de micro medidores.	2,500	Ejecución de proyecto piloto sujeto a la aprobación de las autoridades locales.		✓		L. 2,000,000.00
<b>Represas de captación</b>							
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reforzamiento, reparación de fugas y filtraciones en las represas.</li> <li>Construcción de obras de sedimentación aguas arriba de la represa de captación.</li> </ul>	4	La Porra, El Tablón, Guaratoro y Chamalucuar.	✓			L. 1,200,000.00
25	Construcción de filtros y desarenadores en represas de captación (obras de pretratamiento).	3	Chamalucuar, Tablón y Guaratoro	✓			L. 600,000.00
26	Instalación de válvula de control.	1	Guaratoro	✓			L. 1,500.00
27	Vertederos para medir caudales en cuencas.	4	El Tablón, La Porra, Chamalucuar y Guaratoro.	✓			L. 50,000.00
28	Construcción de gaviones para proteger represas de captación, contra derrumbes y deslizamientos.	4	Chamalucuar, El Tablón, Guaratoro y la Porra.		✓		L. 600,000.00
29	Diseño y construcción de represa Guaratoro y Chamalucuar, para mejorar capacidad de almacenamiento (las represas actuales son pequeñas y se encuentran obsoletas).	2	Guaratoro y Chamalucuar			✓	L. 1,500,000.00
30	Diseño y construcción de obra de almacenamiento (embalse).	1	Chamalucuar			✓	<p style="text-align: center;">?</p> Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.

Continuación del cuadro 6.29

N.	Proyecto	Cantidad	Ubicación y descripción	Planificación			Costo estimado en lempiras
				Corto	Mediano	Largo	
<b>Líneas de conducción y red de distribución</b>							
31	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recubrimiento y construcción de obras de protección de tubería.</li> <li>Reparación y construcción de soportes para tubería.</li> </ul>	<b>4</b>	El Tablón, La Porra, Chamalucuará y Guaratoro.	✓			L. 300,000.00
32	Realineamiento de tubería que pasa por debajo de viviendas y otras propiedades privadas.	<b>2</b>	De la línea de conducción del subsistema de Calan, subsistema Guaratoro y línea de distribución de Chamalucuará.	✓			? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
33	Realineamiento y ampliación de línea de conducción.	<b>1</b>	Planta Guaratoro-tanque El Parnaso	✓			L. 300,000.00
34	Eliminación de Conexiones, para evitar pérdidas de agua en la línea de conducción.	<b>3</b>	Línea de conducción Calan, Guaratoro y Chamalucuará.	✓			L. 50,000.00
35	Ampliación del sistema hidráulico-sanitario en calles y avenidas	<b>Varias</b>	Barrios y colonias	✓			L. 2,000,000.00
36	Elaboración de diagnóstico estructural de las líneas de conducción y distribución (especificación de diámetros y tipos de materiales), en la misma señalar, válvulas, línea de conducción y distribución.	<b>8</b>	De los ocho (8) subsistemas de abastecimiento de agua.		✓		? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
37	Realización de un estudio topográfico y catastral de las líneas de conducción y red de distribución de los subsistemas de abastecimiento.	<b>8</b>	De los ocho (8) subsistemas de abastecimiento de agua.		✓		? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
38	Independización de líneas de conducción de las represas el Tablón y La Porra.	<b>2</b>	La Porra y El Tablón		✓		L.2,000,000.00
39	Independización de líneas de bombeo.	<b>2</b>	Macaruya y Alcaravanes II		✓		L. 1,500,000.00

Continuación del cuadro 6.29

N.	Proyecto	Cantidad	Ubicación y descripción	Planificación			Costo estimado en lempiras
				Corto	Mediano	Largo	
40	Sustitución de tubería, línea de conducción planta Rosenthal Oliva.	1	Corregir cuello de botella frente a Estadio Municipal.		✓		L.200,000.00
41	Rediseño y sustitución línea de conducción.	2	Guaratoro y Chamalucuará.		✓		L.3,000,000.00
42	Eliminación de interconexiones de líneas de bombeo con línea de distribución. Requiere la construcción de un tanque para el almacenamiento de agua proveniente de los pozos a independizar.	1	Barrio San Miguel		✓		L.900,000.00
43	Refuerzo de redes y cierre de mallas.	Varias	Acueducto		✓		L. 2,945,760.00
44	Equipos de monitoreo de caudales, presiones, niveles y búsqueda de fugas.	Varias	Acueducto		✓		L. 562,500.00
45	Construcción de sistema de rebombeo	1	Víctor Chávez, es el único sector de la ciudad que recibe agua sin ningún tratamiento		✓		L. 1,150,000.00
46	Sistema de abastecimiento de agua potable.	1	Barrio Oriente y Barrio San Francisco		✓		L. 2,600,000.00
47	Acondicionamiento de cajas de distribución de agua y alcantarillado.	Varias	Barrios y Colonias		✓		L. 200,000.00
48	Rediseño de la línea de conducción. Considerar el aumento de la capacidad de potabilización y mejoramiento de las líneas de conducción.	1	De plantas a tanques y de tanques a tanques de los siete subsistemas.		✓		?
49	Incorporación de nueva fuente de agua, para cubrir la creciente demanda de la ciudad a un menor costo.	1	Río Cumes del municipio de Jesús de Otoro al casco urbano de Siguatepeque.			✓	L. 20,000,000.00
<b>Válvulas de presión, control, de aire y limpieza</b>							
50	Acondicionamiento y mantenimiento (limpieza y pintado) del sistema de válvulas de la línea de conducción y la red de distribución.	Varias	En siete (7) subsistemas.	✓			L. 70,000.00

Continuación al cuadro 6.29

N.	Proyecto	Cantidad	Ubicación y descripción	Planificación			Costo estimado en lempiras
				Corto	Mediano	Largo	
51	Reemplazo de válvulas de la red de distribución.	Varias	Todo el acueducto		✓		L. 2,945,760.00
52	Construcción de drenajes y estructuras de protección (cadenas, candados, tapaderas y cajas) en válvulas desprotegidas.	Varias	En siete (7) subsistemas.		✓		? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
53	Comprar e instalar nuevas válvulas (presión, control, aire y limpieza), las que serán identificadas a través del estudio topográfico de la línea de conducción y de la red de distribución.	Varias	Estudios topográficos que permitan identificar lugares para la instalación de nuevas válvulas.		✓		? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
<b>Plantas de Tratamiento</b>							
54	Acondicionamiento y mantenimiento preventivo de plantas de tratamiento (sustitución de válvulas, motores componentes eléctricos, electromecánicas y reparaciones en general) (Véase el anexo G)	2	Rosenthal y Guaratoro	✓			L. 2,100,000.00
55	Construcción de planta de tratamiento.	1	Quebrada Chamalucuar. Entregará agua potabilizada a los sectores de: Colinas, Las Flores, Fátima, Altos de Fátima, Los Forestales.	✓			L.3,000,000.00
56	Fortalecer mediante programas de capacitación y asistencia técnica el conocimiento de operadores de planta.	2	Plantas de tratamiento de Rosenthal y Guaratoro.	✓			? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
57	Acondicionamiento de áreas de trabajo (bodegas, galeras y otras estructuras).	2	Rosenthal y Guaratoro	✓			L. 100,000.00
58	Generador eléctrico	1	Guaratoro	✓			L. 500,000.00

Continuación del cuadro 6.29

N.	Proyecto	Cantidad	Ubicación y descripción	Planificación			Costo estimado en lempiras
				Corto	Mediano	Largo	
59	Construcción de techos y desagües para la protección de infraestructura y equipos.	Varias	Rosenthal y Guaratoro	✓			L. 70,000.00
60	Construcción de cerco perimetral.	1	Rosenthal	✓			L. 350,000.00
61	Pintura de infraestructura interna y externa (metálica y no metálica).	Varias	Rosenthal y Guaratoro	✓			L. 70,000.00
62	Construcción de Huellas y aceras (acceso para maquinaria y equipo).	Varias	Rosenthal y Guaratoro	✓			L. 70,000.00
63	Acondicionamiento zona descarga cloro-gas.	1	Rosenthal	✓			L. 30,000.00
64	Acondicionamiento de pasillos.	1	Rosenthal	✓			L. 50,000.00
65	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboración de un estudio de factibilidad para aumentar la capacidad de potabilización de las plantas.</li> <li>Diseño y ampliación de capacidad de potabilización en plantas de tratamiento de agua, para incrementar la cantidad de agua superficial disponible para suministro durante la temporada de invierno.</li> </ul>	2	Plantas de tratamiento de Rosenthal y Guaratoro.		✓		? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
66	Compra de un nuevo generador para completar la carga, para el funcionamiento eficiente de la planta, en los casos que no se cuente con el servicio público de energía eléctrica; previo a estudio de requerimiento de voltaje.	1	Plantas de tratamiento de Rosenthal.		✓		? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
67	Elaboración de un estudio de factibilidad que permita que la tecnología actual de potabilización, se adapte a una tecnología (reconversión) con disponibilidad de materiales, accesorios y equipo en el mercado nacional.	2	Plantas de tratamiento de Rosenthal y Guaratoro.		✓		? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.

Continuación del cuadro 6.29

N.	Proyecto	Cantidad	Ubicación y descripción	Planificación			Costo estimado en lempiras
				Corto	Mediano	Largo	
68	Elaboración de estudio de factibilidad para la reactivación del sistema de tratamientos de lodos.	1	Plantas de tratamiento Rosenthal.			✓	Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
<b>Tanques de almacenamiento</b>							
69	Saneamiento de tanques e hipocloradores (reparación de fugas y filtraciones en el tanque). Previamente debe hacerse una evaluación general de obra civil que permita identificar otras inversiones necesarias en la obra.	9	Todos los tanques de los subsistemas.	✓			L. 110,000.00
70	Acondicionamiento y mantenimiento (limpieza y pintado) de sistema de válvulas.	Varias	Todos los tanques de los subsistemas.	✓			L. 30,000.00
71	Iluminación externa	8	Todos los tanques de los subsistemas.	✓			L. 120,000.00
72	Diseño e instalación de tapaderas de acceso a tanques e hipocloradores, que sean de uso práctico y resistente a la corrosión.	8	Todos los tanques de los subsistemas.	✓			L. 50,000.00
73	Pintura de infraestructura de tanques, hipocloradores y componentes metálicos corroídos (tubería, escaleras, tapaderas y cerco).	8	Todos los tanques de los subsistemas.	✓			L. 100,000.00
74	Rediseño de equipo electromecánico.	2	Correspondiente a sistema de rebombeo de tanque (150,000 galones) de Calanterique, hacia Altos de Calanterique y de Tanque (100,000 galones) de Santa Martha hacia Altos de Santa Martha.	✓			? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
75	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño y construcción de tanque de almacenamiento para cubrir la demanda actual y potencial del sector.</li> <li>Rediseño de la línea de conducción.</li> </ul>	1	Tanque Altos de Santa Martha.		✓		? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.

Continuación del cuadro 6.29

N.	Proyecto	Cantidad	Ubicación y descripción	Planificación			Costo estimado en lempiras
				Corto	Mediano	Largo	
76	Diseño y construcción de tanque de almacenamiento, tomando como base el modelaje matemático generado por Latin Consult.	1	El Parnaso		✓		L.4,000,000.00
77	Construcción de huellas y aceras (acceso de maquinaria y equipo).	8	Todos los tanques de los subsistemas.		✓		L. 150,000.00
78	Construcción de un tanque de almacenamiento elevado.	1	Para los Pozos San Miguel II y IV		✓		Pendiente de calcular costo estimado.
<b>Lugares de consumo</b>							
79	Desarrollar programas educativos orientados a la población, con el propósito de garantizar la calidad, ahorro y buen uso del servicio de agua potable.	Varias	Casco urbano de la ciudad de Siguatepeque.	✓			? Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
80	Compra y uso de filtros.	Varias	Viviendas que son abastecidos de agua por subsistema de Chamalucuará.	✓			L. 1,400,000.00
<b>Equipo, Accesorios y Herramientas</b>							
81	Bombas	12	Para stock de repuestos.	✓			L. 700,000.00
82	Radio para Departamento Comercial.	4	Cuadrilla comercial/comercialización.	✓			L. 30,000.00
83	Motores	12	Para stock de repuestos.	✓			L. 500,000.00
84	Cable electromecánico (en pies).	1000	Para stock de repuestos.	✓			L. 70,000.00
85	GPS	4	Para actualización de catastro de redes.	✓			L. 40,000.00
86	Teclé Eléctrico para 200 Kg.	1	Para labores de operación y mantenimiento.	✓			Pendiente de calcular costo estimado en lempiras.
87	Hidronivel	2	Para labores de operación y mantenimiento.	✓			Pendiente de calcular costo estimado.
88	Bolsas para la distribución de agua de tres mil galones.	2	Para labores de operación y mantenimiento.	✓			Pendiente de calcular costo estimado.
89	Cortadora de concreto.	1	Para labores de operación y mantenimiento.	✓			Pendiente de calcular costo estimado.

Continuación del cuadro 6.29

N.	Proyecto	Cantidad	Ubicación y descripción	Planificación			Costo estimado en lempiras
				Corto	Mediano	Largo	
90	Cortadora de tubo.	1	Para labores de operación y mantenimiento.	✓			Pendiente de calcular costo estimado.
91	Vehículo tipo Pick-up 4X4 Camioncito.	1	Para labores de operación y mantenimiento.		✓		Pendiente de calcular costo estimado.
92	Válvulas control de diámetros mayores.	20	Para stock de repuestos.		✓		L. 300,000.00
93	Vehículo tipo Pick-up Paila Larga 4X4.	2	Para labores de operación y mantenimiento.		✓		Pendiente de calcular costo estimado.
94	Motocicletas	4	Para labores de operación y mantenimiento.		✓		Pendiente de calcular costo estimado.
95	Transformadores de 25, 50 y 100 KVA para equipamiento de estaciones de bombeo.	6	Para labores de operación y mantenimiento.		✓		Pendiente de calcular costo estimado.
96	Transformador de 150 y 75 KVA para planta de tratamiento Rosenthal Oliva.	1	Para labores de operación y mantenimiento.		✓		Pendiente de calcular costo estimado.
<b>Oficina administrativas de Aguas de Siguatepeque</b>							
97	Acondicionamiento de la entrada principal a la oficina y mejoramiento cerco perimetral para garantizar la seguridad.	1	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 250,000.00
98	Pintura interior y exterior de la infraestructura.	1	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 10,000.00
99	Mejoramiento de pisos (Oficina de Gerencia, Administración, Operación y Mantenimiento).	1	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 50,000.00
100	Acondicionamiento de un espacio adecuado para tomar alimentos (empleados de campo).	1	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 75,000.00
101	Acondicionamiento de un espacio adecuado para el aseo personal, necesidades fisiológicas y para guardar herramientas menores como palas, piochas, etc.	1	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 45,000.00
102	Mejoramiento de la iluminación interna y externa.	1	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 15,000.00

Continuación del cuadro 6.29

N.	Proyecto	Cantidad	Ubicación y descripción	Planificación			Costo estimado en lempiras
				Corto	Mediano	Largo	
103	Equipo de oficina (guillotina, impresora multifuncional, armario de metal con llave, escritorio, sillas de espera).	Varias	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 45,000.00
104	Instalación de reloj digital para marcar entrada y salida del personal.	Varias	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 45,000.00
105	Instalación de cámaras de seguridad.	1	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 10,000.00
106	Instalación de alarmas de seguridad.	1	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 10,000.00
107	Promoción de la Unidad Municipal Desconcentrada, por medio de murales pintados en algunas paredes de la ciudad (campañas publicitarias).	Varias	Áreas públicas de Siguatepeque.	✓			L. 30,000.00
108	Adquisición e instalación de aire acondicionado para área de atención al cliente y oficina comercial.	1	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 13,000.00
109	Acondicionamiento de puertas y ventanas del área de atención al cliente.	3	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 20,300.00
110	Licencia de antivirus para computadora área comercial y atención al cliente.	2	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 1,600.00
111	Sistema de movimiento de tráfico de usuarios.	1	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 15,000.00
112	Software para utilización del catastro de usuarios, catastro de redes y sistema de servicios públicos).	1	Oficinas Aguas de Siguatepeque.	✓			L. 950,000.00



**Nota:** Se recomienda realizar un estudio a detalle de todas las edificaciones existentes, para obtener cantidades de obras exactas, ya que los costos presentados para algunos proyectos incluidos en el plan de intervención, son estimaciones.

## 6.8.2 Plan de intervención en caso de emergencia para el sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque

*¿Qué medidas se deben tomar en cuenta al momento de producirse eventos de emergencia?*

Identificando aquellos eventos que pueden causar una incidencia directa en la salud de los usuarios del sistema de agua, deberá existir una medida de acción inmediata para cada situación (véase cuadro 6.30).

**Cuadro 6.30** Plan de intervención en caso de emergencia para el sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque

Eventos peligrosos	Consecuencias	Medidas tomadas	Acciones a realizar en caso de emergencia
Deslizamiento de tierra	Daño a tubería HG	Visita inmediata a zona de falla y cambio de componente	Cierre del sistema, evaluación de daño, cambio de componentes dañados, registro de daño y componente, apertura del sistema, verificación de funcionamiento, y completar inventario.
	Interrupción del servicio		
Fugas en la red	Desperdicio de agua	Identificar y reemplazar componentes	Identificar donde se encuentra la fuga, cerrar válvula de control de sector, revisar y evaluar daños, cambio o reubicación de componente dañado, verificación y registro.
Huracanes y tormentas tropicales	Daños en estructuras	Cierre de sistema	Identificar y evacuar usuarios en zonas de riesgo, cerrar sistema, uso de almacenamiento alternativo, uso racional del agua, recomendar clorar y hervir el agua de consumo, realizar inspección por la línea y abrir válvulas de limpieza, evaluar daños, registrar daños, reemplazar componentes y actualizar inventario.
	Deslizamientos		

## 6.8.3 Comunicación y Documentación

Una vez terminado el Plan de Seguridad del Agua, este se socializará con Organizaciones e Instituciones comprometidas con el mejoramiento de la calidad de agua (de forma directa o indirecta) tales como: Equipo de Trabajo del PSA, Aguas de Siguatepeque, Autoridades Municipales, Comité Municipal de Agua y Saneamiento (COMAS), Secretaría de Salud, Unidad de Supervisión y Control Local (USCL), Unidad Municipal Ambiental (UMA), Cuerpo de Bomberos, Pobladores, Patronatos y otras Organizaciones e Instituciones encargadas de la operación, mantenimiento, control y vigilancia de la calidad del agua apta para consumo humano.

Es necesario que los ejecutores del Plan de Seguridad del Agua del sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, documenten todas las acciones relacionadas a mejoras y/o actualizaciones del mismo.

## 6.8.4 Validación y verificación

Los ejecutores del Plan de Seguridad del Agua, deberán registrar todas las acciones contenidas en el mismo, con el propósito de evidenciar el cumplimiento y efectividad de las acciones propuestas. Para este fin se realizarán dos tipos de auditorías; la interna efectuada por el equipo PSA, COMAS y USCL cada 6 meses; y la auditoría externa que realizará el ente regulador y la Secretaría de Salud una vez por año.

## 6.9 Programas de apoyo

Durante la evaluación del sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, se identificaron mecanismos que se están implementando, con el propósito de proteger las microcuencas y mejorar las condiciones de saneamiento básico en la zona. En el marco de este diagnóstico se propusieron nuevos programas y elementos de apoyo, necesarios para la aplicación del Plan de Seguridad del Agua.

### 6.9.1 Programas y elementos de apoyo (en implementación) para el PSA

- ➔ Reglamento para la Exploración, Perforación y Explotación de Pozos en el municipio de Siguatepeque.
- ➔ Financiamiento y asistencia de PROMOSAS.
- ➔ Apoyo de aliados estratégicos (Corporación Municipal, Medios de Comunicación, Usuarios de los Servicios, USCL, miembros de las COMAS, Bomberos, Batallón de Ingenieros, ENEE, ERSAPS, Universidad Católica entre otros).
- ➔ Atención al cliente desde el momento que se presenta un reclamo por el servicio hasta que se da respuesta.
- ➔ Utilización de radio comunicación para el monitoreo de calidad de agua y operadores del sistema.

### 6.9.2 Programas y elementos de apoyo necesarios para el PSA

- ➔ Alianzas estratégicas con nuevos organismos cooperantes (acercamiento con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), SANAA, Cooperación Española etc.)
- ➔ Campañas educativas enfocadas en promover una nueva cultura del uso del agua.
- ➔ Se deben tomar las provisiones para dotar a Aguas de Siguatepeque de un predio adecuado para construir sus oficinas con espacio para bodegas.
- ➔ Elaboración de un programa de formación de operarios en optimización de las operaciones del sistema, técnicas de detención eficaz de eventos peligrosos y cómo prevenir y/o solucionarlos.

## 6.10 Retroalimentación

La retroalimentación del PSA del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, se realizará una vez por año por el Equipo de Trabajo del PSA y organizaciones e instituciones relacionados con la calidad de agua, mediante la continua revisión de las medidas de control, acciones correctivas, límites y resultados obtenidos; con el fin de realizar los ajustes y modificaciones necesarias. Los aspectos a considerar en la retroalimentación del PSA están relacionados con: cambios del equipo PSA, mejoras y ampliaciones de obras de captación.

## VII. CONCLUSIONES

---

- ➔ El equipo de trabajo del Plan de Seguridad del Agua (PSA), que acompañó el proceso de formulación y que estará monitoreando su ejecución y mantenimiento del PSA, está integrado por un grupo multidisciplinario de diferentes organizaciones e instituciones vinculadas a la temática del agua y saneamiento, en el casco urbano de la ciudad de Siguatepeque.
- ➔ Existe un centro de documentación en la empresa Aguas de Siguatepeque que guarda los registros de estudios, proyectos, diseños u otros documentos que se utilizaron de base para la formulación del Plan de Seguridad del Agua; y que permite a las autoridades municipales, organizaciones e instituciones externas la realización de actividades encaminadas al mejoramiento de los servicios de agua potable.
- ➔ Las microcuencas (Río Calan, Guaratoro y Chamalucuará) son las principales fuentes superficiales de abastecimiento de agua para el casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, y actualmente están siendo impactadas por la deforestación, incendios forestales, asentamiento humano y actividades agropecuarias; teniendo como consecuencias la contaminación del agua por químicos, disminución de los caudales de agua en los ríos y quebrada. Además tiene grandes repercusiones en el tratamiento del agua, ya que ésta llega a las plantas con mucha turbidez, lo cual afectan el funcionamiento normal de las plantas de tratamiento y a su vez se elevan los costos, por el uso excesivo de sulfato de aluminio y polímeros.
- ➔ Uno de los principales problemas en los subsistemas de abastecimiento de agua del Río Calan y Guaratoro es la disminución del caudal en época de verano, debido a la construcción de obras de captación para uso personal y actividades agropecuarias sin ningún control y regulación aguas arriba de la represas (El Tablón, La Porra y Guaratoro).
- ➔ El agua subterránea suministrada por pozos no cuenta con ningún método de desinfección en la salida de los mismo, situación crítica que pone en riesgo la salud de la población, ya que en la mayoría de pozos se identificó la cercanía con viviendas y ríos con altos niveles de contaminación, que en cualquier momento podrá afectar especialmente las fuentes de agua subterránea.
- ➔ Según estudios (Sánchez, Francisco, 2010) el agua subterránea, todas las líneas de flujo se dirigen hacia el sector de explotación y el nivel freático varía como por ejemplo en el sector norte del área municipal, donde el acuífero tiene el agua en torno a los 80 metros de profundidad, condiciones que indica que en cualquier lugar del municipio o del sector urbano se tiene el riesgo de que se contamine el acuífero.

- En los diferentes componentes (represas, líneas de conducción y red de distribución, válvulas, tanques, plantas de tratamiento, pozos etc.) de los ocho (8) subsistemas de abastecimientos de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, se identificaron una serie de eventos peligrosos; la mayor parte de estos, generados por la falta de aplicación de planes de mantenimiento preventivo y correctivo, para el sistema de abastecimiento de agua y plantas potabilizadoras de agua (Jaime Rosenthal Oliva y Guaratoro).
- La ejecución del plan de intervención para el sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, requiere de apoyo financiero y técnico para la realización de acciones correctivas y preventivas, que permitan evitar, minimizar y eliminar riesgos asociados a los eventos que pudiesen afectar la calidad del agua o la estructura física de los componentes de los subsistemas.
- Actualmente, los ingresos percibidos por la empresa prestadora del servicio de abastecimiento de agua permiten cubrir solamente con los gastos operativos sin contar con los recursos financieros necesarios para atender reparaciones mayores, sustitución de equipos u otro tipo de inversiones, lo que pone en riesgo la sostenibilidad operativa y administrativa del sistema de agua.
- A nivel intradomiciliario (lugares de consumo) se identificó que los usuarios, no realizan buenas prácticas para el uso de agua, hay desconocimiento de las fuentes de consumo, los procesos de potabilización, conducción y distribución; razón por la cual existe un uso irracional del vital líquido y no se valora el costo real del mismo.

## VIII. RECOMENDACIONES

---

- ➔ La alcaldía municipal y las COMAS deberán realizar actividades de monitoreo para garantizar la sostenibilidad del PSA, y particularmente se sugiere que en caso que un miembro del equipo PSA fuese remplazado, este deberá ser nombrado por la organización que representa, siendo tarea del equipo la definición de funciones para la persona reemplazante y su incorporación en el mismo.
- ➔ Aguas de Siguatepeque deberá generar y actualizar la base de datos sobre los análisis de calidad de agua, cantidad de agua que entra a los subsistemas, total de viviendas que son abastecidas por cada subsistema de abastecimiento de agua, registros de fallas y eventos de los sistemas, que permitan tener una base de información que respalde la evaluación del PSA.
- ➔ Conformación de una Unidad de Manejo de Recursos Hídricos adscrita a la administración municipal, con independencia de gestión de recursos económicos, financieros y técnicos orientados a la conservación de la microcuencas y mejoramiento de la calidad de agua.
- ➔ Formulación y aplicación del Plan de Protección para la Reserva Biológica de Montecillo que incluya la conformación de la mancomunidad para lograr la sostenibilidad del mismo.
- ➔ Elaboración y aplicación de Planes de Manejo Agroforestal en las áreas productoras de agua de Calan, Guaratoro y Chamalucuará.
- ➔ Gestionar ante el ICF la declaratoria de la microcuenca como área productora de agua de interés público.
- ➔ Establecer convenios con la dirección distrital de educación, asociación de patronatos, fuerzas armadas, cuerpo de bomberos, ONGs y sociedad civil en general, para que se involucren y desarrollen acciones conjuntas, orientadas a la protección y manejo de las áreas productoras de agua, así como en el desarrollo de programas y campañas educativas orientadas a los usuarios del servicio de agua potable.
- ➔ Establecer convenios con las universidades presentes en la zona, para que brinden apoyo técnico a la Unidad Municipal Desconcentrada "Aguas de Siguatepeque" permitiendo de esta forma el desarrollo de acciones conjuntas orientadas a la protección de la microcuenca y al manejo operativo y administrativo del sistema de agua potable.
- ➔ Elaboración y aplicación de mecanismos de Pago por Servicios Ambientales (PSA) y/o servidumbres ecológicas.
- ➔ Establecimiento de fondo ambiental para la compra de terrenos localizados en las áreas productoras de agua.
- ➔ Dar seguimiento al Reglamento para la Exploración, Perforación y Explotación de Pozos en el municipio de Siguatepeque.

- ➔ La Unidad de Recursos Hídricos propuesta para el manejo del área productora de agua, deberá establecer programas integrales de cooperación mutua con los productores y propietarios legales de terrenos, que realizan actividades de producción agropecuaria en la zona. Estos programas deberán contener la estrategia de pago por servicios ambientales.
- ➔ Elaborar un estudio geofísico hídrico subterráneo que asegure la disponibilidad y abastecimiento de agua para el municipio.
- ➔ Se sugiere que la municipalidad gestione la construcción o mejoramiento de redes colectores y plantas de tratamiento para aguas negras e inspección de la conexión de alcantarillado en la zona; con el fin de establecer medidas ante cualquier foco potencial de contaminación. En caso de no existir alcantarillado se debe invertir en una nueva red.
- ➔ Adquirir e instalar de inmediato equipo de cloro gas en los pozos en operación para desinfección de agua a la salida de los mismos.
- ➔ Elaboración e implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo para el sistema de abastecimiento de agua, tomando en cuenta los eventos identificados en cada componente de los subsistemas.
- ➔ Elaboración e implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de las plantas potabilizadoras de agua (Jaime Rosenthal Oliva y Guaratoro), tomando en cuenta los eventos identificados en cada una de estas.
- ➔ Para garantizar la sostenibilidad operativa y administrativa del sistema de agua potable, se sugiere que la Municipalidad a través de su operador Aguas de Siguatepeque, ajuste su pliego tarifario a los costos reales de administración, operación y mantenimiento. Paralelamente se debe iniciar un proceso sistemático de micromedición, que le permita al operador recuperar vía facturación sus costos operativos.
- ➔ Se recomienda que la municipalidad gestione ante el SANAA, asistencia y asesoría técnica tal y como lo exige la Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento.
- ➔ Solicitar al Cuerpo de Bomberos una inspección de riesgos de incendios y emergencias en las plantas de tratamiento de agua (Jaime Rosenthal y Guaratoro).
- ➔ Fortalecer mediante programas de capacitaciones y asistencia técnica el conocimiento a operadores de planta, de mantenimiento del sistema y de pozos.
- ➔ Se sugiere que la municipalidad conjuntamente con su operador Aguas de Siguatepeque, ejecuten, gestionen y presenten el plan de intervención a cooperantes.
- ➔ Desarrollar programas educativos orientados a concientizar a la población, para garantizar la calidad, ahorro, buen uso del agua potable; informando a los habitantes a través de los medios de comunicación, sobre aspectos relacionados con la ubicación de la fuente abastecedora de agua, distancia, tratamiento y el costo del servicio.
- ➔ Compra y uso de filtros para las viviendas que son abastecidos de agua por subsistema de Chamalucuará.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

---

- ➔ Argueta, Mirna Noemí, Guía para la Aplicación de Planes de Seguridad del Agua en sistemas de abastecimiento de agua basada en la metodología de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (Water Safety Plans), Carta Acuerdo OPS/OMS- RASHON No HO/LOA/0600004,001, 8 de Diciembre del 2010. 33 p.
- ➔ Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B ..., et al. Manual para el desarrollo de planes de Seguridad del Agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud, Ginebra 2009.108 p.
- ➔ Banco de necesidades de Aguas de Siguatepeque, agosto de 2010.
- ➔ Código de Salud (Decreto Número 65-91), Honduras, creación el 17 de agosto 2005. 22p.
- ➔ Consorcio Fichtner Water & Transportation GmbH – GOPA mbH – GATESA S.A. de C.V/ SEFIN/UAP-AIF-4335-HO No. 01-2008, Elaboración, Revisión y Actualización de Planes Maestros para el Mejoramiento de los Servicios de Agua y Saneamiento en Ocho Ciudades/ Informe de diagnostico de Siguatepeque, Marzo de 2009. 92p.
- ➔ Cruz, Fernando José, tesis de valoración económica del recurso hídrico para determinar el pago por servicios ambientales en la cuenca del río Calan, sometida a la consideración por la División Académica del a Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Siguatepeque, Honduras, 2002. 98p.
- ➔ Diapositivas del Marco Legal Institucional, del Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (ERSAPS), [ersaps@gmail.com](mailto:ersaps@gmail.com).
- ➔ Flores, Libny Javier, tesis de valoración económica del recurso hídrico para determinar el pago por servicios ambientales en la cuenca del río Guaratoro, sometida a la consideración de la División Académica del a Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Siguatepeque, Honduras, 2003. 50p.
- ➔ GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA, incluye primer Apéndice a la Tercera Edición, Volumen 1, Recomendaciones, Organización Mundial de la Salud (OMS), 2004. 404 p.
- ➔ Geólogos del Mundo, Estudio de la Calidad del Agua de las Microcuencas del municipio de Siguatepeque para abastecimiento humano, Diciembre de 2009. 52p.
- ➔ Geólogos del Mundo, Diagnóstico de fuentes alternas de aguas superficiales para el municipio de Siguatepeque, departamento de Comayagua, Honduras, diciembre 2009. 38p.
- ➔ Geólogos del Mundo, Gestión integral del recurso hídrico para el abastecimiento de agua potable en el municipio de Siguatepeque, departamento de Comayagua, Honduras, Julio 2010. 78p.
- ➔ Martínez, A, Rodríguez S, Guía de Implementación de Planes de Seguridad del Agua en el Sector Rural de Honduras (metodología basada en gestión de Riesgos), Guía de Aplicación para juntas Administradoras de Agua, Red de Agua y Saneamiento de Honduras (RAS-HON), 2009. 59 p.
- ➔ Norma técnica Nacional para la calidad del agua Potable. Acuerdo No 084 31 de julio de 1995, vigente 4 de octubre de 1995. 17 p.
- ➔ Organización Mundial de la Salud (OMS): Guía para la calidad del agua potable, incluye el primer apéndice a la tercera edición, 2006. 38p.

- Oseguera, Antonio Chavarría, tesis de determinación y análisis de las aguas subterráneas en el casco urbano del municipio de Siguatepeque, sometida a consideración por la División Académica del a Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR), Siguatepeque, Honduras, 2007. 123p.
- Reglamento de la Ley General del Ambiente. Acuerdo 109-93, 20 de diciembre del 1993. 24p.
- Reglamento General de Salud Ambiental. Acuerdo 0094, 20 junio 1998. 28 p.
- Reglamento de juntas de Agua. Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (ERSAPS) ,2006. 32 p.
- Reglamento general de la Ley Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre. Acuerdo 32,342, 16 de octubre de 2010. 80p.
- Rivera, Gabriel Edmundo, Diagnóstico del Sistema de Agua Potable: aguas de Siguatepeque/Acompañamiento y Capacitación del servicio en Operación y Mantenimiento al personal de la UMD Aguas de Siguatepeque, Noviembre 2009. 47p.
- Morán, Saida Elizabeth, tesis de modelo de gestión para el sostenimiento de la microcuenca quebrada de Chamalucuará, sometida a consideración en la Dirección Académica de la Universidad Católica de Honduras, Siguatepeque, Honduras, 2010. 115p.
- Torres, Ricardo, Desarrollando un plan de Seguridad del Agua, CEPIS/SDE/OPS/OMS Lima Perú, 2009. 59p.
- Torres, Ricardo: Metodología de un Plan de Seguridad del Agua (PSA), CEPIS/SDE/OPS/OMS, Lima, Perú 2009.
- Ley General del Ambiente (Decreto Número 01-93), Tegucigalpa D.C, ejecutado a partir del 8 de junio de 1993. 24p.
- Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento (Decreto N.º.118-2003), Tegucigalpa D.C, publicado en diario la Gaceta el día 8 de octubre de 2003. 24 p.
- Ley Constitutiva del Servicio Autónomo de Acueductos y Alcantarillados (SANAA). Decreto No. 91 del 26 de abril de 1961. 30 p.
- Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre. Decreto Legislativo N. 156-2007, 28 de diciembre de 2007. 54p.
- Latin Consult Sabesp, línea base, balance hídrico y plan de acción inmediata tomo 2 – volumen 4 Siguatepeque, Noviembre de 2011. 91p.
- Latin Consult Sabesp, SEFIN/UAP-AIF-4335-HO No. 46-2010, informe de resultados encuesta socioeconómica del municipio de Siguatepeque, departamento de Comayagua, 2010. 52p.
- López, Manuel, diagnóstico prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado de Siguatepeque, Comayagua, diciembre, 2007. 87p.
- Ley de Municipalidades. Decreto 134-90, 29 de Octubre del 1990. 24 p.
- Plan de inversión consolidado del acueducto de Siguatepeque, 2012.
- Villalvir, Fernando Luis, prioridades de inversión del acueducto de Siguatepeque a ser objeto de financiamiento en el marco del proyecto PROMOSAS, Siguatepeque, septiembre, 2010. 10p.

### Anexo A

#### Metodología del taller de inducción para la planificación y formulación del PSA del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque

##### ➔ Objetivo General

Iniciar el proceso de planificación y formulación del Plan de Seguridad del Agua (PSA), del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, basados en los lineamientos y principios de la estrategia Municipios y Comunidades Saludables.

##### ➔ Objetivos Específicos

- ✓ Socializar a los actores locales el alcance de la Estrategia Municipios y Comunidades Saludables y metodología Planes de Seguridad de Agua.
- ✓ Iniciar el proceso de planificación y formulación del Plan de Seguridad del Agua, en el casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, a través de la identificación, capacitación y participación de actores locales claves vinculados a la temática del agua y saneamiento en la zona.
- ✓ Formar actores claves vinculados a la temática del agua y saneamiento en la zona del sistema de abastecimiento de agua potable del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, en la metodología de Planes de Seguridad del Agua (PSA), a través de conferencias magistrales y ejercicios prácticos.
- ✓ Fortalecer las capacidades locales del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, en el control y vigilancia de la calidad del agua y Saneamiento Básico.
- ✓ Conformar el equipo de trabajo del Plan de Seguridad del Agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, mediante la incorporación de personas del servicio de abastecimiento de agua y organizaciones e instituciones interesadas en la calidad del agua.
- ✓ Obtener el compromiso y participación activa de los actores locales involucrados en las diferentes etapas de planificación, formulación y ejecución del proyecto, para asegurar la finalización y éxito de los procesos.

La metodología del taller estará adecuada a los objetivos del mismo, orientados a iniciar el proceso de planificación y formulación del Plan de Seguridad del Agua (PSA), del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, basándose en los lineamientos y principios de la estrategia Municipios y Comunidades Saludables.

Los participantes invitados al taller forman parte de entidades locales competentes de la ciudad de Siguatepeque en la temática de agua potable y saneamiento.

El taller tendrá una duración de un día, en la Biblioteca de la municipalidad de Siguatepeque, y se pretende entregar a los participantes al taller los fundamentos teóricos sobre la metodología del PSA, a través de conferencias magistrales y participativas (trabajos grupales, plenaria etc.) con el propósito de afianzar conceptos y asegurar el mejor entendimiento y desempeño posible en la fase práctica.

La etapa participativa se desarrollará a través de una sesión de trabajo grupal donde los participantes conformarán dos (2) equipos de trabajo según afinidad, lo cual tiene como objetivo reforzar los conocimientos aprendidos, el llenado de hojas de trabajo y discusión plenaria de los resultados, relacionado a la metodología de los PSA, como aspecto fundamental para iniciar el diagnóstico detallado de los sistemas y así asegurar el máximo aprovechamiento de los participantes.

Además se formará el equipo de trabajo del Plan de Seguridad del Agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque, mediante la incorporación de personas del servicio de abastecimiento de agua y organizaciones e instituciones interesadas en la calidad del agua (véase fotografía A.1)

Al final de la jornada, se evaluarán participativamente las lecciones aprendidas del taller, fijándose acuerdos y compromisos de los actores locales, involucrados en las diferentes etapas de planificación, formulación y ejecución del proyecto, para asegurar la finalización y éxito de los procesos.

Como apoyo didáctico complementario, cada participante recibirá copia del guion metodológico y un disco compacto con todos los documentos del taller.



## Anexo B

### Cronograma de actividades para la planificación y formulación del Plan de Seguridad del Agua (PSA)

A continuación se muestra el cronograma de las actividades requeridas para el proceso de formulación del Plan de Seguridad del Agua del sistema de abastecimiento de agua del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque.

Cronograma de Actividades para la elaboración del PSA del casco urbana de la ciudad de Siguatepeque														
Actividades	Semana del 12 al 18 de Diciembre							Semana del 19 al 25 de Diciembre						
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1. Preparación de materiales logístico e invitación a las personas participantes al taller.														
2. Traslado hacia el municipio de Siguatepeque.														
3. Realización de taller de inducción para la planificación y formulación de los Planes de Seguridad del Agua (PSA), del casco urbano de la ciudad de Siguatepeque.														
4. Conformación del equipo de trabajo del PSA.														
5. Recopilación y revisión de información secundaria existente en el municipio de Siguatepeque.														
6. Realización de diagnóstico de los subsistemas de abastecimiento de agua potable (desde la cuenca de captación hasta los lugares de consumo), a través de visitas de campo.														
Actividades	Semana del 26 al 31 de Diciembre							Semana del 26 al 31 de Diciembre						
	26	27	28	29	30	31	25	26	27	28	29	30	31	
7. Establecimiento de medidas de control en los puntos donde exista un riesgo significativo.														
8. Elaboración de un plan de mejoras de las acciones correctivas en el sistema de abastecimiento de agua, desglosadas en inmediatas, de mediano plazo y de largo plazo con un estimado de costo.														
9. Presentación del informe final del PSA.														

## Anexo C

### Ficha de inspección sanitaria del abastecimiento de agua para consumo humano

#### FICHA DE INSPECCIÓN SANITARIA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

<b>1. Información General</b> Nombre: _____ Municipio _____ Código _____ Departamento _____ Coordenadas: X _____ Y _____ Número de viviendas _____ (vi.) Viviendas conectadas al sistema: _____ viv. Población Total _____ hab. Población Servida _____ hab.			
<b>2. Servicios disponibles en la comunidad</b>		<b>3. Organismo Operador del Sistema de Agua</b>	
	<b>Si No</b>		<b>Si No</b>
Transporte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Energía eléctrica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Teléfono_	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desechos sólidos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Especifique: _____		Junta de Agua _____ Patronato _____ Municipalidad _____ Otros _____ Especifique: _____	
<b>5. Funcionamiento del sistema</b>		<b>4. Aspectos relativos al sistema de abastecimiento de agua potable</b>	
	<b>Si No</b>	Fecha de construcción: _____ Fecha de mejoras o reparaciones: _____	
Continuo	<input type="checkbox"/>	<b>6. Organización para la Operación y Mantenimiento</b>	
Intermitente	<input type="checkbox"/>		
Cuántas horas: _____		Programa de Operación _____ Programa de Mantenimiento _____ Preventivo _____ Capacitación del Personal _____	
<b>7. Organización para la Prevención y Mitigación de Desastres</b>		Completa del Sistema (Memoria y Planos) _____ Capacitaciones recibidas: _____ _____	
	<b>si No</b>	<b>8. Tipo de sistema de abastecimiento</b>	
Planes de Mitigación	<input type="checkbox"/>	Gravedad: _____ Bombeo: _____ Mixto: _____	
Preparativos para la Emergencia	<input type="checkbox"/>	<b>Observaciones</b> _____ _____ _____ _____ _____	
Coordinación Interinstitucional	<input type="checkbox"/>		
Inventario de Recursos	<input type="checkbox"/>		
Presupuesto disponible de Emergencias	<input type="checkbox"/>		
Comité de Emergencias	<input type="checkbox"/>		
Comité de Prevención y Mitigación de Desastres	<input type="checkbox"/>		
<b>9. Fuente de Abastecimiento (Tipo)</b>			
	<b>Si No</b>		
<b>Superficial</b>			
a. Río:	<input type="checkbox"/>		
b. Quebrada:	<input type="checkbox"/>		
<b>Subterránea:</b>			
Pozo:	<input type="checkbox"/>		

10. Estado de la Cuenca				
Descripción	Captaciones			
	1	2	3	4
¿Existen actividades económicas sobre la cuenca? Que tipos?				
¿Las actividades realizadas en la cuenca producen contaminación en el agua?				
¿La cuenca se encuentra protegida, está reforestada?				
¿Existen otros tipos de problemas observados? ¿Cuáles? _____				
11. Obras de Captación del Agua				
11.1 Caja Toma	No de Captaciones ____			
Descripción	Captaciones			
	1	2	3	4
¿Existe cerco de protección?				
¿Cuenta con tapa sanitaria en buen estado?				
¿La estructura está en buen estado y no presenta fugas?				
¿El interior de la estructura está libre de material extraño?				
¿Existen focos de contaminación en un radio de 20 metros?				
¿Se encuentran en buen estado las válvulas de control?				
¿Los drenajes de reboses están ubicados en lugares que no representan riesgos para las personas y la estructura				
Observaciones: _____				
11.2.-Pozos			Si	No
Perforado manualmente				
Perforado con maquina				
Datos del pozo      Profundidad: _____ m      Diámetro : _____ m				
Descripción			Si	No
¿Existe cerco de protección?				
¿Tiene caseta segura contra ingreso de personas y animales?				
¿El Pozo cuenta con sello sanitario?				
¿El sello sanitario se encuentra en buen estado?				
¿La bomba está instalada sobre un pedestal de concreto fuera de los niveles de inundación?				
¿La bomba funciona correctamente?				
Características de los equipos de bombeo: Qué tipo de equipo de bombeo?, potencia?, voltaje?, electrodos para el control de niveles?,				
Las instalaciones eléctricas están debidamente protegidas?, panel de control?, cableados debidamente instalados y protegidos?				
¿Existen focos de contaminación en un radio de 20 metros?				
¿Qué tipos de válvulas están instaladas?, ¿Se encuentran en buen estado las válvulas de control?				
Observaciones:				
11.3.-Represa	No de represas : ____			
Descripción	1	2	3	4
¿Existe cerco de protección?				
¿La estructura de tratamiento está libre de inundaciones accidentales?				
¿La estructura está en buen estado y libre de rajaduras o fugas de agua?				
¿El interior de la estructura está libre de material extraño?				
¿Existen focos de contaminación en un radio de 20 metros?				
¿Se encuentran en buen estado las válvulas de control? Su ubicación es segura e inaccesible a personas ajenas?				
¿Los drenajes de reboses están ubicados en lugares que no representan riesgos para las personas y la estructura				

12. Sistema de Conducción del agua hacia tanque													
12.1.-Línea de Conducción													
¿Cuál es la longitud de la tubería? Describirlas detalladamente													
¿Cuál es el diámetro de la tubería? (mm)													
¿De qué material es la tubería? (PVC, HG, etc)													
¿Existen válvulas de purga y admisión de aire?, cuentan las mismas con las cajas de protección necesarias?, están ubicadas en lugares seguros													
¿Existen fugas de agua?													
¿La línea de conducción se encuentra enterrada correctamente en toda su extensión?													
¿Los cruces aéreos y de corrientes de agua son de HG?													
¿Existen focos de contaminación a ambos lados de la tubería, a una distancia de 20 mts?													
Observaciones: _____													
12.2.-Desarenador										No de desarenadores: ____			
Descripción										1	2	3	4
La estructura se encuentra apropiadamente ubicada (fuera de la posibilidad de daños)													
¿Está en buen estado la estructura?													
¿Cuenta con tapa sanitaria en buen estado y con seguridad?													
¿Funciona correctamente?													
¿La estructura está limpia y libre de material extraño?													
¿Tiene instaladas válvulas?, ¿Qué tipo?, ¿En qué lugares?, ¿Se encuentran en buen estado las válvulas de control?													
12.3.-Válvulas de limpieza, de admisión / aire, reductoras de presión, otras													
No Válvulas limpieza: ____ No válvulas de aire : ____													
Descripción						Válvulas							
						Limpieza			Admisión / Expulsión				
¿Cuenta con cajas de protección que garanticen seguridad e inaccessibilidad a personas ajenas al acueducto?													
¿La estructura está en buen estado y libre de rajaduras y fugas de agua?													
¿Se encuentran en buen estado las válvulas de control?													
¿Existen focos de contaminación en un radio de 20 metros?													
12.4.-Tanque rompe carga										Nº de Tanques ____			
Descripción										1	2	3	4
El sitio de ubicación es seguro en cuanto a acceso de personas ajenas? y en cuánto a riesgos por daños de amenazas naturales?													
¿Cuenta con tapadera sanitaria en buen estado y con seguridad?													
¿La estructura está en buen estado y libre de rajaduras o fugas de agua?													
¿El interior de la estructura está limpio y libre de material extraño?													
¿Cuenta con válvulas de salida u otras como limpiezas?, las válvulas cuentan con cajas de protección que garanticen seguridad e inaccessibilidad a personas ajenas al acueducto?													
¿Existen focos de contaminación en un radio de 20 metros?													
Observaciones:													

<b>13. Planta de Tratamiento</b>	<b>No de Plantas de Tratamiento: _____</b>			
Descripción	1		2	
¿Cuál es el caudal de tratamiento? (l/s)				
	<b>si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
¿Consta de floculador?				
¿Consta de Sedimentador?				
¿Consta de Filtración?				
Al momento de la visita, ¿la planta está en Funcionamiento?				
¿Se cuenta con reactivos para la adecuada potabilización del agua?				
¿Qué sustancia química se utiliza como coagulante?				
¿Qué sustancia química se utiliza como ayudante de la floculación?				
¿Qué sustancia química se utiliza como neutralizante?				
¿Se cuenta con laboratorio para el control de proceso?				
¿Se cuenta con equipo de seguridad adecuado?				
Al momento de la visita ¿El agua suministrada a la población es apta para consumo humano?				
¿El edificio se mantiene Limpio y seco?				
El operador de la planta llena formatos de control de calidad del proceso?				
Observaciones:				
<b>14. Desinfección (Cloración)</b>				
14.1.- Cloro Gas			<b>Si</b>	<b>No</b>
¿Está el equipo en buen estado?				
¿El agua se clora de forma permanente?				
¿Se dispone de equipo alterno?				
¿Hay cloro gas en existencia?				
Observaciones:				
14.2.- Hipoclorador	<b>No de hipocloradores: _____</b>			
Descripción	1		2	
	<b>si</b>	<b>no</b>	<b>si</b>	<b>No</b>
¿Está la estructura en buenas condiciones?				
¿Funciona correctamente?				
¿Cuenta con ventana de inspección?				
¿Cuenta con la tapadera de la ventana de inspección asegurada?, se mantiene siempre cerrada?				
¿Cuenta con válvula de control para la entrada de agua?				
¿Cuenta con tubo de limpieza?, en donde se dispone?, la disposición no causa daños al ambiente, a las personas, a la propia estructura?				
¿Cuenta con llave de control de goteo de la solución?				
¿Se está clorando permanentemente?, cada cuántos días?,				
¿El encargado utiliza correctamente el hipoclorador? ¿cómo se hace? (que el encargo explique la forma y cantidades que aplica)				
¿Existen las escaleras de acceso seguro al hipoclorador?. Los trabajos se realizan en condiciones de seguridad para el encargado de la operación?				

<b>15. Tanque de distribución</b>		No de Tanques: __			
Descripción	1		2		
	Si	no	Si	No	
¿Existe el cerco de protección con puerta asegurada que garantice la inaccesibilidad de personas ajenas?					
¿Cuenta con tapadera sanitaria en buen estado?					
¿La estructura está en buen estado?					
¿El interior de la estructura está limpio y libre de material extraño?					
¿Existen tubos de ventilación?					
¿Tiene instaladas válvulas de control?, ¿Cuáles? ¿Están las válvulas en buen estado?, ¿Se encuentran protegidas con sus tapaderas y candados?					
¿Existen focos de contaminación en un radio de 15 metros?					
¿Existe tubería de rebose?. Su descarga es segura a daños a la propia estructura?					
¿Existen las escaleras de acceso seguro al tanque? ¿Exteriores?, ¿Interiores?					
¿Existe presencia de cloro residual en la salida del tanque?, cuál es el valor?					
¿Existe control de cloro residual?					
¿Se hacen trabajos de limpieza en el tanque?, cuál es el procedimiento?, cada cuánto?					
<b>16. Red de distribución</b>					
¿Cuál es el diámetro de la tubería? Presentar detalles según cuadro adjunto					
¿De qué material es la tubería? (PVC, HG, etc)					
	si		no		
¿Existen fugas de agua?, ¿en qué lugares de la red son más frecuentes?, ¿porqué razones?					
¿Las tuberías se encuentran enterradas correctamente en toda su extensión?					
¿Las cajas de válvulas se encuentran en buen estado?, ¿su acceso es limitado a las personas responsables?					
¿Se encuentran en buen estado las válvulas de control?					
¿Existen focos de contaminación a ambos lados de la tubería, a una distancia de 20 metros?					
¿Existe control de Cloro residual en los puntos más lejanos de la red de distribución?, cuáles son los valores encontrados?					
<b>17. Conexiones domiciliarias</b>					
Descripción	Muestreo				
	1	2	3	4	5
¿Las estructuras están en buen estado y libre de rajaduras y fugas de agua?, ¿Qué tipo o cual es la forma de las acometidas?,					
Cómo se hace el manejo de agua para consumo humano dentro de la vivienda?					
Cuentan con pilas para el almacenamiento de agua?, se mantienen sanitariamente?, hay presencia de larvas?. Tiene llave en buen estado? Hay derrames de agua en su alrededor?					
¿Son higiénicas las instalaciones, Esta limpia la estructura?					
¿Están los accesorios y las llaves completos y en buen estado?					
¿Existen focos de contaminación en un radio de 15 metros?					
¿Existen conexiones cruzadas (contaminaciones de aguas potables por aguas grises (residuales)?					
¿La evacuación de las aguas grises es adecuada?, ¿cómo se disponen?					
¿La evacuación de las aguas negras (que contienen excretas) es adecuada?					
¿Existen pozos de absorción o resumideros?, cuál es la situación sanitaria en sus proximidades?					
¿Cómo disponen las excretas (heces fecales)?, alcantarillado?, fosa séptica?, letrina?, si se hace a través de letrinas, qué tipo de letrina usan?					
Se mantienen la letrina en forma sanitaria, es decir:¿con tapadera permanentemente cerrada cuando no se usa?, tiene puertas de acceso, evitando la presencia de vectores (moscas y demás insectos)?. Otras observaciones sanitarias					

<b>18. Aspectos Financieros</b>	
Cuántos clientes (abonados) tiene el sistema	
¿Cuáles son las tarifas?, son diferenciadas por categorías (doméstica, comercial, etc.)?, son diferenciadas por costo? son a cargo fijo?	
¿Cuántos clientes en cada categoría de tarifa?	
¿Las personas están satisfechas del servicio de agua?	
¿Las personas están satisfechas con lo que pagan?	
¿Las personas estarían dispuestas a pagar más por el servicio que tienen?, y si el servicio fuera mejor?, hasta cuánto?	
Cuál es la recaudación o ingreso mensual?	
¿Cuáles y a cuánto ascienden los egresos (pago de salarios o compensaciones económicas?, a quienes y cuánto?, compra de hipoclorito?, mantenimiento preventivo/correctivo, etc.?	
¿Hay excedentes?, a cuánto ascienden?	
¿Hay usuarios morosos (que tienen deuda acumulada de dos meses o más)?, cuántos?, cuál es la suma total adeudada?	
Qué acciones se toman para reducir la mora?	
Hace cuánto tiempo se hizo un ajuste tarifario?	
<b>19. Aspectos varios</b>	
¿Cuántos miembros tiene la junta de agua?	
¿Cuáles son los cargos?, Nombres y tiempo de estar en el cargo?	
¿Cómo se nombra la Junta de Agua?, hace cuánto tiempo asumió la gestión la Junta Actual?	
¿Cada cuánto sesiona la Junta de Agua?, Asisten a las sesiones todos sus miembros?	
¿Existen Comités nombrados?, cuáles?, Que funciones tienen?, Están activos y operativos?	
Otros comentarios:	

## Anexo D

### Componentes dañados en la planta de tratamiento Jaime Rosenthal

Según el diagnóstico de Latin Consult SABESP la planta de tratamiento Jaime Rosenthal, tiene diversos componentes dañados, las cuales se menciona a continuación.

- ➔ Se encuentra dañada la válvula general de entrada de agua cruda (BMD-1) **(véase fotografía D1)**.
- ➔ No se puede aplicar el proceso de pre-cloración, debido a que una fuga de cloro no controlado dañó los reguladores de vacío y en general el sistema de dosificación.
- ➔ No se puede realizar la aplicación de cal química hidratada para corrección del pH debido a que están dañados los siguientes componentes:
  - ✓ Equipo dosificador de tolva mediante tornillo sin fin.
  - ✓ Depósito de solución de cal fue retirado para utilizarlo para el sulfato de aluminio.
  - ✓ Las dos (2) bombas dosificadoras (BD1 y BD2) están dañadas y no tienen existencia repuestos para su reparación.
  - ✓ Está obstruida toda la tubería desde la salida de las bombas hasta el punto de inyección, en la tubería de entrada de agua cruda **(véase fotografía D2)**

Fotografía D1: Válvula BMD-1



Fotografía D2: Bomba Obstruida



- ➔ No se puede realizar la aplicación del sulfato de aluminio debido a que están dañados los siguientes componentes:
  - ✓ Equipo dosificador de tolva mediante tornillo sin fin.
  - ✓ Depósito de solución de sulfato presenta fuga.
  - ✓ Las dos (2) bombas dosificadoras (BD3 y BD4) están dañadas.

➔ El sistema de dosificación de floculante (polímero) DOSAPRO MILTON ROY, tiene dañado los siguientes componentes:

- ✓ Tornillo sin fin.
- ✓ Las dos (2) bombas dosificadoras (BD5 y BD6) están dañadas.

**Fotografía D3** Bombas Dosificadoras en Mal Estado



➔ No se puede obtener una buena floculación con gradientes de velocidades decrecientes.

- ✓ Está dañado el agitador de la segunda cámara y sobre todo debido a que los tres (3) variadores de frecuencia se encuentran en mal estado (**véase fotografía D4**).
- ✓ Las cámaras de floculación están llenas de sedimentos, es necesario vaciarlos

**Fotografía D4** Cámaras de Floculación Obstruidas



*Este segundo agitador se encuentra totalmente dañado*

*Agitadores con variadores de frecuencia en mal estado*

➔ Fallas en el proceso de decantación; es necesario evacuar todo el sedimento que se encuentra bajo la zona lamelar y que no ha sido extraído debido a:

- ✓ Válvulas neumáticas en mal estado y no realizan la purga periódica según la programación y la calidad del agua cruda.
- ✓ Bombas sumergibles requieren revisión eléctrica y además facilitar una bomba achicadora para extraer toda el agua.

➔ Fallas en la filtración

- ✓ Se requiere revisión de las boquillas colectoras filtrantes, ya que arena evidencia cursos preferentes y puede deberse a rotura de las mismas; así como ajustar el nivel del lecho filtrante (1 metro).
- ✓ Las compuertas no cierran bien y los niveles ultrasónicos no funcionan en modo automático.
- ✓ El soplante requiere revisión, ya que presentaba salto térmico al realizar dos lavados consecutivos.
- ✓ El compresor de aire presenta fugas de aceite, le faltan empaques y cambio de banda y no activa las válvulas neumáticas para lavado de filtros.
- ✓ Hay una válvula automática proporcional de salida del filtro No. 1 que presenta fugas.

➔ Sistema de cloración:

- ✓ Se encuentra totalmente dañada la torre de absorción de cloro, y por eso no pudo reaccionar ante la fuga que se presentó.

**Fotografía D5:** Torre de Absorción de Cloro



Para controlar esta fuga de cloro se requirió la presencia del Cuerpo de Bomberos para atender la emergencia. Esta fuga provocó la corrosión de ciertos equipos y daño la computadora donde se encuentra el Sistema SCADA, por lo que la Planta está inoperable en opción automática.

## Anexo E

### Listado de materiales para el mejoramiento del acueducto de Siguatepeque

El cuadro E1 describe las necesidades de Aguas de Siguatepeque en materiales y accesorios de fontanería de diámetros mayores.

Especificaciones	Cantidad	Descripciones
<b>Accesorios de fontanería</b>		
Manguito (Union Recta) DN 12" PN 10, norma AWWA	5	Mantenimiento correctivo
Manguito (Union Recta) DN 10" PN 10, norma AWWA	5	
Manguito (Union Recta) DN 8" PN 10, norma AWWA	5	
Manguito (Union Recta) DN 6" PN 10, norma AWWA	5	
Manguito (Union Recta) DN 300 mm PN 10, norma ISO	5	
Manguito (Union Recta) DN 250 mm PN 10, norma ISO	5	
Manguito (Union Recta) DN 200 mm PN 10, norma ISO	5	
Manguito (Union Recta) DN 150 mm PN 10, norma ISO	5	
Coupling DN 12" PN 10, norma AWWA	5	
Coupling DN 10" PN 10, norma AWWA	5	
Coupling DN 8" PN 10, norma AWWA	5	
Coupling DN 6" PN 10, norma AWWA	5	
Coupling DN 300 mm PN 10, norma ISO	5	
Coupling DN 250 mm PN 10, norma ISO	5	
Coupling DN 200 mm PN 10, norma ISO	5	
Coupling DN 150 mm PN 10, norma ISO	5	
Brida-enchufe HFD, DN 12" PN 10, norma AWWA	4	Eficientar la operación, para instalar medidores
Brida-enchufe HFD, DN 10" PN 10, norma AWWA	2	
Brida-enchufe HFD, DN 8" PN 10, norma AWWA	4	
Brida-enchufe HFD, DN 6" PN 10, norma AWWA	20	
Brida-enchufe HFD, DN 4" PN 10, norma AWWA	8	
Brida-enchufe HFD, DN 2" PN 10, norma AWWA	10	
Reducción de dos enchufes HFD DN 300 mm dn 250 mm PN 10; norma ISO	2	Mantenimiento correctivo
Reducción de dos enchufes HFD DN 250 mm dn 200 mm PN 10; norma ISO	2	
Reducción de dos enchufes HFD DN 200 mm dn 150 mm PN 10; norma ISO	2	
Reducción de dos enchufes HFD DN 150 mm dn 100 mm PN 10; norma ISO	2	
Reducción de dos enchufes HFD DN 12" dn 10" PN 10; norma AWWA	2	
Reducción de dos enchufes HFD DN 10" dn 8" PN 10; norma AWWA	2	
Reducción de dos enchufes HFD DN 8" dn 6" PN 10; norma AWWA	2	
Reducción de dos enchufes HFD DN 6" dn 4" PN 10; norma AWWA	2	
Tees PVC de 12"Ø, para presión	4	

Continuación del cuadro E1

Especificaciones	Cantidad	Descripciones
Tees PVC de 10"Ø, para presión	4	Mantenimiento correctivo
Tees PVC de 8"Ø, para presión	4	
Tees PVC de 6"Ø, para presión	4	
Codos PVC 12"Ø x 90°, para presión	2	
Codos PVC 10"Ø x 90°, para presión	2	
Codos PVC 8"Ø x 90°, para presión	2	
Codos PVC 6"Ø x 90°, para presión	2	
Codos PVC 12"Ø x 45°, para presión	2	
Codos PVC 10"Ø x 45°, para presión	2	
Codos PVC 8"Ø x 45°, para presión	2	
Codos PVC 6"Ø x 45°, para presión	2	
Codos PVC 12"Ø x 22.5°, para presión	2	
Codos PVC 10"Ø x 22.5°, para presión	2	
Codos PVC 8"Ø x 22.5°, para presión	2	
Codos PVC 6"Ø x 22.5°, para presión	2	
Codos HFD DN 300 mm x 1/4 con 2 enchufes, PN 10; norma ISO	2	
Codos HFD DN 250 mm x 1/4 con 2 enchufes, PN 10; norma ISO	2	
Codos HFD DN 200 mm x 1/4 con 2 enchufes, PN 10; norma ISO	2	
Codos HFD DN 150 mm x 1/4 con 2 enchufes, PN 10; norma ISO	2	
Codos HFD DN 12" x 90° con 2 enchufes, PN 10; norma AWWA	2	
Codos HFD DN 10" x 90° con 2 enchufes, PN 10; norma AWWA	2	
Codos HFD DN 8" x 90° con 2 enchufes, PN 10; norma AWWA	2	
Codos HFD DN 6" x 90° con 2 enchufes, PN 10; norma AWWA	2	
Codos HFD DN 300 mm x 1/8 con 2 enchufes, PN 10; norma ISO	2	
Codos HFD DN 250 mm x 1/8 con 2 enchufes, PN 10; norma ISO	2	
Codos HFD DN 200 mm x 1/8 con 2 enchufes, PN 10; norma ISO	2	
Codos HFD DN 150 mm x 1/8 con 2 enchufes, PN 10; norma ISO	2	
Codos HFD DN 12" x 45° con 2 enchufes, PN 10; norma AWWA	2	
Codos HFD DN 10" x 45° con 2 enchufes, PN 10; norma AWWA	2	
Codos HFD DN 8" x 45° con 2 enchufes, PN 10; norma AWWA	2	
Codos HFD DN 6" x 45° con 2 enchufes, PN 10; norma AWWA	2	
Codo HG SCH-40, 8"Ø x 90°	3	
Codo HG SCH-40, 6"Ø x 90°	3	
Codo HG SCH-40, 4"Ø x 90°	3	
Codo HG SCH-40, 8"Ø x 45°	3	
Codo HG SCH-40, 6"Ø x 45°	3	
Codo HG SCH-40, 4"Ø x 45°	3	
Válvula compuerta de HFD, DN 12" PMA 16 bar; bridada; norma AWWA	3	Mantenimiento correctivo
Válvula compuerta de HFD, DN 10" PMA 16 bar; bridada; norma AWWA	3	
Válvula compuerta de HFD, DN 8" PMA 16 bar; bridada; norma AWWA	3	
Válvula compuerta de bronce de 6"Ø	3	
Válvula compuerta de bronce de 4"Ø	3	
Válvula compuerta de bronce de 3"Ø	3	

Continuación del cuadro E1

Especificaciones	Cantidad	Descripciones
Brida-enchufe HFD, DN 12" PN 16, norma AWWA	6	Mantenimiento correctivo, en sustituciones de válvulas de HFD
Brida-enchufe HFD, DN 10" PN 16, norma AWWA	6	
Brida-enchufe HFD, DN 8" PN 16, norma AWWA	6	
Grasa para instalación de los pernos en accesorios de hierro fundido	10	Mantenimiento correctivo, en reparaciones y sustituciones
Válvulas check de bronce y de 6"	6	Mantenimiento correctivo, en sustituciones
Válvulas check de bronce y de 4"	6	
Válvulas check de bronce y de 3"	6	
Válvulas para expulsión de aire 1"	5	Instalar en las líneas de conducción (preventivo)
Válvulas para expulsión de aire ¾"	5	
Válvulas para expulsión de aire ½"	13	Mantenimiento preventivo, para instalar en salida de pozos.
Tubería PVC RD-26 de 12"Ø	20	Mantenimiento correctivo, en reparaciones
Tubería PVC RD-26 de 10"Ø	20	
Tubería PVC RD-26 de 8"Ø	20	
Tubería PVC RD-26 de 6"Ø	20	
Tubería PVC RD-26 de 4"Ø	20	
Tubería PVC RD-26 de 3"Ø	20	
Tubería PVC RD-26 de 2"Ø	20	
Tubería PVC RD-26 de 1½"Ø	20	
Tubería PVC RD-26 de 1"Ø	20	
ABRAZADERAS PVC 12" x 1"	10	Mantenimiento preventivo, para instalar en las líneas de conducción
ABRAZADERAS PVC 10" x 1"	10	
ABRAZADERAS PVC 8" x 1"	10	
ABRAZADERAS PVC 6" x 1"	10	
<b>Accesorios PVC</b>		
Reductores PVC 12" x 10" para presión	10	Mantenimiento correctivo, en reparaciones
Reductores PVC 10" x 8" para presión	10	
Reductores PVC 10" x 8" para presión	10	
Reductores PVC 8" x 6" para presión	10	
Adaptadores hembra PVC de 12"Ø para presión	10	
Adaptadores hembra PVC de 10"Ø para presión	10	
Adaptadores hembra PVC de 8"Ø para presión	10	
Adaptadores hembra PVC de 6"Ø para presión	10	
Tapón PVC de 12"Ø para presión	10	
Tapón PVC de 10"Ø para presión	10	
Tapón PVC de 8"Ø para presión	10	
Tapón PVC de 6"Ø para presión	10	
<b>Líneas de conducción</b>		
Tubería PVC RD-21 de 10"Ø	80	Corregir cuello de botella frente a estadio Roberto Ávila
Tubería PVC RD-21 de 6"Ø	10	Para hacer sustituciones
Tubo HG SCH-40 4"Ø	15	Sustituir lances podridos en Pozos.

## Anexo F

### Fotografías de los componentes de los subsistemas de las visitas de campo



**Fotografía F1** Personas que acompañaron la visita de campo al subsistema de Chamalucwara (izquierda) y en la de la derecha muestran los que participaron la visita del subsistema del Río Calan, desde la planta de tratamiento de Jaime Rosenthal Oliva hasta los tanque de Calanterique. OPS/OMS, 2012.



**Fotografía f2** Inspección de los eventos peligrosos del Pozo los Bomberos (izquierda) y el tanque de almacenamiento de agua. OPS/OMS, 2012.



**Fotografía 6.1** En la represa de captación de El Tablón muestra la cantidad de sedimentación que se genera en tiempo de invierno por la crecida del río Calan (izquierda) y lo mismo se observa en la presa de sedimentación de El Tablón. OPS/OMS, 2012.