

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE QUÍMICA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
Ambiental

**“Propuesta plan de seguridad del agua (PSA) para la Asociación Administradora del
Acueducto Rural de San Miguel de Higuito de Desamparados.”**

Rosa León Conejo

CARTAGO, Noviembre , 2019



“Propuesta plan de seguridad del agua (PSA) para la Asociación Administradora del Acueducto Rural de San Miguel de Higuito de Desamparados”

Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

Miembros del tribunal

MACARIO PINO GOMEZ (FIRMA) Firmado digitalmente por MACARIO PINO GOMEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.05.09 10:24:38 -06'00'

Ing. Macario Pino Gómez

DIANA ALEXANDRA ZAMBRANO PIAMBA (FIRMA) Firmado digitalmente por DIANA ALEXANDRA ZAMBRANO PIAMBA (FIRMA)
Fecha: 2020.05.11 12:37:05 -06'00'

Director

Msc. Diana Zambrano Piamba

Lector 1

JORGE ALBERTO CALVO GUTIERREZ (FIRMA)
2020.05.10 22:48:36 -06'00'

Ms. Jorge Calvo Gutiérrez

Lector 2

DIANA ALEXANDRA ZAMBRANO PIAMBA (FIRMA) Firmado digitalmente por DIANA ALEXANDRA ZAMBRANO PIAMBA (FIRMA)
Fecha: 2020.04.13 15:09:08 -06'00'

Msc. Diana Zambrano Piamba

Coordinador COTRAFIG

Firmado digitalmente por RICARDO ELIAS COY HERRERA (FIRMA)
Motivo: Estoy aprobando este documento
Fecha: 2020.04.30 17:41:00 -06'00'

MGa. Ricardo Coy Herrera.

Director Escuela de Química

ANA LORENA ARIAS ZUÑIGA (FIRMA) Firmado digitalmente por ANA LORENA ARIAS ZUÑIGA (FIRMA)
Fecha: 2020.05.06 12:01:50 -06'00'

Msc. Ana Lorena Arias Zúñiga.

Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

DEDICATORIA

A Mariángel que es mi motor y motivación todos los días.

AGRADECIMIENTOS

A papás por el apoyo y amor siempre, a Pau por ser incondicional siempre, mi Mari por ser mi inspiración y motivación y a Fer por siempre estar ahí.

A la profe Ana Arias por todo el apoyo en todas las etapas, y al profe Macario por ser una guía en este proceso

A don Mario, don Miguel y don Víctor por abrirme las puertas de la ASADA.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	OBJETIVOS	3
2.1.1	Objetivo general	3
2.1.2	Objetivos específicos	3
3	REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1	<i>Aspectos generales</i>	5
3.2	<i>Costa Rica y los planes de seguridad del agua</i>	6
3.3	<i>ASADAS</i>	7
3.4	<i>Componentes del PPlan de seguridad del agua</i>	8
3.4.1	Descripción del sistema	8
3.4.1.1	Captación	¡Error! Marcador no definido.
3.4.1.2	Almacenamiento	¡Error! Marcador no definido.
3.4.1.3	Tratamiento y desinfección	¡Error! Marcador no definido.
3.4.1.3.1	Planta de tratamiento convencional	¡Error! Marcador no definido.
3.4.1.3.2	Desinfección	9
3.4.1.4	Distribución y conducción	9
3.4.1.5	Demanda y oferta Hídrica	10
3.4.2	Análisis de sistemas e identificación de peligros y actividades peligrosas	10
3.4.3	Indicadores físico químicos y microbiológicos de calidad del agua	11
3.4.3.1	Turbiedad	13
3.4.3.2	Porcentaje de Hidrógeno (pH)	13
3.4.3.3	Conductividad	13
3.4.3.4	Color aparente	13
3.4.3.5	Cloro residual	¡Error! Marcador no definido.
3.4.4	Índice de Riesgo de Calidad del Agua para Consumo Humano	14
3.4.5	Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA)	14
4	MATERIALES Y MÉTODOS	16
4.1	<i>Formación de equipo de PSA</i>	16
4.1.1	Nombramiento del equipo y determinación de roles	16
4.1.2	Roles y capacitación del equipo	16

4.1.3	Definir alcance del PSA	17
4.2	<i>Evaluación del sistema de la ASADA Higuito</i>	17
4.2.1	Descripción del sistema de agua potable	17
4.3	<i>Determinar los peligros y evaluar los riesgos de cada componente del sistema</i>	17
4.3.1	Evaluación de los riesgos	18
4.4	<i>Determinar y validar medidas de control y reevaluación de riesgos</i>	19
4.5	<i>Elaborar y ejecutar un plan de mejora o modernización para minimizar riesgos</i>	19
4.6	<i>Monitoreo Operativo</i>	19
4.7	<i>Elaborar el procedimiento de gestión</i>	20
4.8	<i>Elaborar programas complementarios</i>	20
4.9	PLANIFICAR Y REALIZAR EXÁMENES PERIÓDICOS DEL PSA	21
4.10	MANEJO INTRADOMICILIAR DEL AGUA	21
4.10.1	Metodología de la aplicación de la encuesta	21
4.10.2	Análisis de patrones de uso y comportamiento de la población	23
4.10.3	Determinación de riesgos y medidas correctivas	23
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
5.1	<i>Formación del Equipo del PSA</i>	25
5.1.1	Limitación del proyecto	25
5.1.2	Equipo de soporte	26
5.2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	27
5.2.1	Consideraciones generales	27
5.2.2	Descripción general del sistema	28
5.2.3	Red de distribución	32
5.2.4	Nacientes y captaciones	32
5.2.4.1	Quebrada Mena	33
5.2.4.2	Quebrada Tablazo	34
5.2.4.3	Quebrada Q3	36
5.2.4.4	Quebrada Q4	37
5.2.5	Red de conducción	38
5.2.6	Desarenador	38
5.2.7	Planta de Potabilización de Agua (PPA)	41
5.2.8	Tanques de almacenamiento	45

5.2.8.1	Tanque principal	45
5.2.8.2	Tanque de San Gerardo	47
5.2.9	BALANCE HIDRICO	48
5.2.10	USOS	50
5.3	<i>Determinación de peligros y evaluación de riesgos</i>	52
5.3.1	Peligros del sistema de la ASADA de Higuito	52
5.3.2	Evaluación de riesgo y metodología SERSA	55
5.3.3	Evaluación de la calidad del agua	56
5.3.4	Evaluación del sistema	57
5.4	<i>Plan de mejora o modernización</i>	60
5.4.1	Desarrollo de Plan de mejora	61
5.5	<i>Análisis financiero e inversiones.</i>	63
5.5.1	Gestiones socio-educativas	64
5.5.2	Gestiones del recurso hídrico	65
5.5.3	Gestión de medidas técnicas	66
5.5.4	Gestión de medidas Telemétricas	67
5.6	<i>Monitoreo operativo y validación</i>	68
5.7	<i>Procedimientos de gestión</i>	69
5.7.1	Operación Ordinaria del sistema	70
5.7.2	Operación del sistema ante un incidente	71
5.8	<i>Programas complementarios</i>	74
5.9	<i>Planificación y realización de evaluaciones periódicas del PSA</i>	77
5.10	<i>Manejo Intradomiciliar del agua</i>	79
5.10.1	Análisis de resultados y patrones de uso de la población	79
5.10.2	Determinación de riesgos y medidas correctivas	90
6	CONCLUSIONES	92
7	RECOMENDACIONES	94
8	REFERENCIA	97
	APÉNDICES	101
	<i>APÉNDICE 1. DETERMINACIÓN DE RESPONSABILIDADES DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO</i>	
	<i>COORDINADOR DEL PSA.</i>	102

<i>APÉNDICE 3. RESPUESTA DE LOS TALLERES DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.</i>	<i>104</i>
<i>APÉNDICE 4. EVALUACIÓN IRCACH DE LA ASADA.</i>	<i>107</i>
<i>APÉNDICE 5. EVALUACIÓN SERSA DEL SISTEMA DE LA ASADA DE HIGUITO DE DESAMPARADOS.</i>	<i>108</i>
<i>APÉNDICE 6. VALORACIÓN DE RIESGOS PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA ASADA DE HIGUITO.</i>	<i>115</i>
<i>APÉNDICE 7. LÍMITES CRÍTICOS Y ACCIONES DESENCADENANTES.</i>	<i>119</i>
<i>APÉNDICE 8. PROPUESTA DE NUEVAS MEDIDAS DE CONTROL.</i>	<i>123</i>
<i>APÉNDICE 9. HERRAMIENTA PEM ASADA HIGUITO.</i>	<i>129</i>
<i>APÉNDICE 10. MEDIDAS DE MEJORA PROPUESTAS POR EL PEM</i>	<i>130</i>
<i>APÉNDICE 11. EJEMPLO DE LISTAS DE CHEQUEO PARA EVALUACIÓN DE RIESGOS.</i>	<i>131</i>
<i>APÉNDICE 12. PLAN DE MEJORA PROPUESTO</i>	<i>141</i>
<i>APÉNDICE 13. MEDIDAS DE CONTROL</i>	<i>148</i>
<i>APÉNDICE 14. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS NORMALIZADOS TÍPICOS DE LA OPERACION.</i>	<i>157</i>
<i>APÉNDICE 15. HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE INCIDENTES.</i>	<i>159</i>
APÉNDICE 16. ENCUESTA APLICADA A LOS USUARIOS DE LA COMUNIDAD.	161
ANEXOS	164
Anexo 1: Analisis de laboratorio de la ASADA 2018	165
ANEXO 2. CONTROL OPERATIVO DE LA ASADA	167

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Parámetros evaluados en el análisis tipo N1.....	12
Figura 4.1. Tamaño de la muestra representativa para la aplicación de la encuesta.....	22
Figura 4.2. Metodología de aplicación de la encuesta.	22
Figura 5.1. Diagrama general del sistema provisto al 2016.....	28
Figura 5.2. Filtros de arena del Tanque de San Gerardo.....	30
Figura 5.3. Diagrama de flujo actualizado del sistema de la ASADA.....	31
Figura 5.4. Captación de la de la quebrada Mena.	33
Figura 5.5. Captación de la Quebrada Mena durante la época lluviosa.	34
Figura 5.6. Captación de la quebrada Tablazo.	34
Figura 5.7. Desarenador de la quebrada Tablazo.	35
Figura 5.8. Captación de la quebrada Q3.	37
Figura 5.9. Tanque de reunión de las quebradas Q3 y Q4.....	37
Figura 5.11. Rejilla de la captación de la Q4.....	37
Figura 5.12. Vista superior del Desarenador principal de la ASADA de Higuito de Desamparados.	39
Figura 5.13. Canaleta de entrada del desarenador.....	39
Figura 5.14. Vertedero triangular del desarenador principal.....	40
Figura 5.15. Vertedero posterior del desarenador.	40
Figura 5.16. Planta de tratamiento de agua Potable de Higuito de Desamparados.....	41
Figura 5.17. Cámara de entrada a la PPA y dosificación de sulfato de aluminio(Ver Figura 5.17).	42
Figura 5.18. Flocladores de la PTAP de la ASADA de Higuito.....	43
Figura 5.19. Sedimentador de la PTAP de la ASADA de Higuito.	44
Figura 5.20. Filtros de la PTAP de la ASADA de Higuito.	45
Figura 5.21. Tanque de almacenamiento principal de la ASADA de Higuito.....	46
Figura 5.22. Equipo de cloración EasyClor ubicado en el tanque principal de la ASADA de Higuito.....	46
Figura 5.23. Tanque de almacenamiento de San Gerardo.....	47

Figura 5.24. Tendencia en el tiempo de demanda y producción de las fuentes de la ASADA de Higuito del año 2019 al 2039.	50
Figura 5.25. Esquema de sesiones de trabajo para definición de riesgos.....	54
Figura 5.26. Clasificación de los riesgos de la naciente y captaciones según las evaluaciones del equipo de PSA.	62
Figura 5.27. Clasificación de los riesgos de la red de conducción y distribución según las evaluaciones del equipo de PSA.	62
Figura 5.28. Clasificación de los riesgos del tratamiento según las evaluaciones del equipo de PSA.....	63
Figura 5.29. Clasificación de los riesgos del almacenamiento según las evaluaciones del equipo de PSA.....	63
Figura 5.30 .Ruta de acción para atención de emergencias en la ASADA de Higuito	73
Figura 5.31. Cantidad de personas por unidad habitacional según las personas encuestadas.	80
Figura 5.32. Percepción organoléptica del agua por los encuestados.	80
Figura 5.33. Percepción de la turbiedad del agua por los encuestados	81
Figura 5.34. Conocimiento sobre el consumo de agua mensual en m ³ de los encuestados.	81
Figura 5.35. Percepción de los encuestados sobre la afectación de los cortes de agua.....	82
Figura 5.36. Manejo de aguas residuales en las unidades habitacionales de los encuestados.	83
Figura 5.37. Posesión de mascotas en las propiedades por los encuestados.....	84
Figura 5.38. Cantidad de encuestados que tienen cultivos y/o animales de granja.....	84
Figura 5.39. Cantidad de encuestados que utilizan el agua pluvial.....	85
Figura 5.40. Cantidad de usuarios que cuentan con servicio de recolección de residuos sólidos.	86
Figura 5.41. Cantidad de usuarios encuestados que realizan separación de residuos.....	86
Figura 5.42. Cantidad de usuarios encuestados que realizan compostaje de sus residuos orgánicos	87
Figura 5.43. Cantidad de encuestados que conocen sobre el funcionamiento de los medidores.	87
Figura 5.44. Cantidad de encuestados que conocen sobre las tarifas.....	88

Figura 5.45. Cantidad de encuestados que conocen sobre la calidad del agua de la ASADA.	88
Figura 5.46. Cantidad de encuestados que conocen sobre el tratamiento del agua para potabilizarla.....	89
Figura 5.47. Percepción de los encuestados sobre la gestión de la Junta Directiva de la ASADA.....	89

LISTA DE CUADROS

Cuadro 3.1. Legislación y reglamentos vinculada a la operación de las ASADAs	7
Cuadro 3.2. Niveles de control de los análisis de la calidad del agua.....	12
Cuadro 3.3. Valores de riesgo de SERSA.....	15
Cuadro 4.1. Criterios de evaluación semi cuantitativa de riesgos de PSA para la ASADA de Higuito.....	18
Cuadro 4.2. Valores de clasificación de significancia de riesgos para la ASADA de Higuito de Desamparados.	18
Cuadro 5.1. Equipo coordinador de PSA.....	25
Cuadro 5.2. Equipo de apoyo comunal del PSA.....	26
Cuadro 5.3. Ramales de la ASADA de Higuito de Desamparados.....	32
Cuadro 5.4. Valores de los aforos para las quebradas Tablazo y Mena en litros por segundo, en el verano de los últimos cuatro años.....	36
Cuadro 5.5. Valores de los aforos para las quebradas Q3 y Q4 en litros por segundo, en el verano de los últimos cuatro años.	38
Cuadro 5.6. Composición del medio de soporte de los filtros de la planta potabilizadora de la ASADA de Higuito.	45
Cuadro 5.7. Demanda de agua mensual de la ASADA de Higuito, usuarios y consumo promedio.	49
Cuadro 5.8. Balance hídrico de la ASADA de Higuito de Desamparados según las condiciones actuales del año 2019 al 2039.	49
Cuadro 5.9. Tabla de servicios equivalentes de la ASADA de Higuito.....	51
Cuadro 5.10. Peligros típicos asociados en las cuencas y de captaciones de la ASADA de Higuito.....	53
Cuadro 5.11. Peligros típicos asociados al tratamiento de la ASADA de Higuito	53
Cuadro 5.12. Peligros típicos asociados a la distribución de la ASADA de Higuito.....	54
Cuadro 5.13. Peligros típicos asociados a los lugares de consumo de la ASADA de Higuito	54
Cuadro 5.14. Resultados de la valoración, según los criterios SERSA.	55

Cuadro 5.15. Escala de clasificación de riesgo y código de colores SERSA.; **Error!**

Marcador no definido.

Cuadro 5.16. Criterios de evaluación de riesgos de IRACH.....	57
Cuadro 5.17. Síntesis de la clasificación de riesgo para cada uno de los componentes del sistema de la ASADA de Higuito.	58
Cuadro 5.18. Lineamientos legales y técnicos para la validación de medidas de control. ..	59
Cuadro 5.19. Determinación de acciones según el planteamiento de barrera múltiple para la protección de agua potable.....	61
Cuadro 5.20. Descripción del tipo de acciones del plan de mejora.	64
Cuadro 5.21. Estimación de costos de las actividades socio Educativas de la ASADA.....	65
Cuadro 5.22. Estimación de costos de las gestiones del recurso hídrico de la ASADA.....	66
Cuadro 5.23. Estimación de costos para las principales gestiones técnicas.....	67
Cuadro 5.24. Estimación de costos para las principales gestiones técnicas.....	68
Cuadro 5.25. Información general sobre los Procedimientos de Operativos Normalizados (PON).	71
Cuadro 5.26. Propuesta de programas complementarios para dar la continuidad del PSA. 75	
Cuadro 5.27. Propuesta de los programas complementarios requeridos para la operación del sistema de la ASADA de Higuito.	76
Cuadro 5.28. Propuesta para evaluaciones periódicas y requerimientos para la continuidad del PSA.....	78
Cuadro 5.29. Síntesis de las recomendaciones dadas por los encuestados.	90
Cuadro 5.30. Principales riesgos y medidas de control propuestas para los riesgos intra domiciliario.	90

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ARESP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos
ASADA	Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes
AyA	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
CFIA	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos
IDER	Instituto de Desarrollo Rural
IMAS	Instituto Mixto de Ayuda Social
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
IRCACH	Índice de Riesgos de la Calidad del Agua para el Consumo Humano de Costa Rica
IWA	International Water Association (Asociación Internacional del Agua)
LNA	Laboratorio Nacional de Aguas
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
N1	Nivel primero de análisis de agua
N2	Nivel segundo de análisis de agua
N3	Nivel tercero de análisis de agua
N4	Nivel cuarto de análisis de agua
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PAHO	Organización Panamericana de la Salud
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
PSA	Plan de Seguridad del Agua
PTAP	Planta de tratamiento de Agua Potable
SERSA	Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud
VMA	Valor Máximo Adminisible

RESUMEN

La Asociación Administradora del Acueducto Rural de Higuito de Desamparados es un acueducto que abastece a más de 4500 personas en una población periurbana que se ha visto afectada por estrés hídrico, contaminación de diversas fuentes y desastres naturales, y por condiciones propias de la administración no se han podido gestionar de manera sistemática. Estas razones llevan a plantearse a la administración la importancia de gestionar el agua de manera integral tomando en cuenta aspectos técnicos, administrativos, sobre la calidad del agua y es así que surge la necesidad de la construcción de un Plan de Seguridad del Agua (PSA), que incluya todas estas y otras variables como la prestación del servicio, el uso intradomiciliar del agua, disponibilidad hídrica entre otros.

La construcción del PSA requirió en primera instancia la formación de un equipo coordinador, que se encargó de gestionar todas las tareas de manera coordinada, requirió analizar todos los componentes del sistema, así como información disponible sobre las mediciones de campo, georreferenciación de las estructuras, determinar el balance hídrico, así como determinación de riesgos, medidas de control, programas complementarios, gestiones operativas y la construcción de un plan de mejora y modernización, así como todas las pautas para poder darle continuidad a este proyecto y sea sostenible en el tiempo con los recursos tanto técnicos como financieros disponibles.

Palabras clave: ASADA, Higuito, Plan de Seguridad del Agua. PSA, Costa Rica.

ABSTRACT

The Administrative Association of the Rural Aqueduct of Higuito de Desamparados is an aqueduct that supplies more than 4500 people in a peri-urban population that has been affected by water stress, pollution from various sources and natural disasters, and due to the administration's own conditions. They have managed to manage systematically. These reasons lead to the administration of the importance of managing water in an integrated manner taking into account the technical, administrative, water quality aspects and thus the need arises for the construction of the Water Safety Plan (PSA) all these and other variables such as service availability, intra-household water use, water availability among others.

The construction of the PSA required in the first instance the development of a coordinating team, which is responsible for managing all the tasks in a coordinated manner., It required to analyze all the components of the system, as well as available information on it, field measurements, georeferencing of the structures, determine the water balance, as well as the determination of risks, control measures, complementary programs, operational management and the construction of an improvement and modernization plan, as well as all the guidelines to be able to give continuity to this project and sustainable sea over time with both technical and financial resources available ..

Key words: ASADA, Higuito, Water Safety Plan. PSA, Costa

1 INTRODUCCIÓN

Es a partir del año 2010 que se reconoce el acceso al agua potable y saneamiento como un derecho humano, reafirmando que estos son indispensables para el desarrollo y bajo esta premisa es que las Naciones Unidas el año 2010 en la resolución 64/292, exhortan a las naciones a primero el acceso digno al agua y saneamiento. Sabiendo que para poder garantizar un acceso equitativo al agua, los operadores deben gestionar los recursos de manera eficiente, donde se dé un buen aprovechamiento a los recursos hídricos, técnicos y financieros. Es a partir de esto que para el año 2004 la OMS establece en su tercer edición de la “Guía para la calidad del agua Potable” (OMS, 2004) un protocolo para asegurar la calidad y continuidad de abastecimiento de agua potable denominado “Plan de seguridad del agua” y fue para el año 2018 que se incorporan en los lineamientos gubernamentales de Costa Rica a través de un decreto ejecutivo DAJ-CB-2018, con la directriz N°32.

La Asociación Administradora del Acueducto Rural de Higuito de Desamparados (ASADA de Higuito) a lo largo del tiempo ha logrado evidenciar las múltiples vulnerabilidades en los diversos componentes del sistema por causas de amenazas naturales, crecimiento poblacional, contaminación entre otros, así que el objetivo del proyecto es generar una propuesta de un Plan de Seguridad del Agua adaptado a las necesidades y recursos de la ASADA y permita de manera sistemática identificar, evaluar y controlar riesgos, así como la elaboración de herramientas de mejora continua que permitan dar continuidad al proyecto una vez terminada la investigación, basados en la “Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores del agua de consumo” desarrollada por la OMS. (Bartram J C. L., 2009).

Este proyecto nace de la necesidad de los operadores de sistemas de abastecimiento de agua de implementar en su operación PSA, que en el caso puntual de las ASADAs es como fecha límite el 1° de enero del 2020 y es de esta manera que se trabajó junto con un equipo del PSA, el cual debe coordinar la realización de un estudio multivariable de la ASADA, que permite conocer las fortalezas y debilidades y así generar una serie de propuestas y planes de acción que permitan mejorar la operatividad y la calidad del servicio brindado, donde se describe el sistema, se realiza la determinación y evaluación sistemática de los riesgos así como las medidas de control correspondientes, además de un plan de mejoras,

monitoreo operativo, programas complementarios y valoraciones económicas para todo el PSA.

2 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo general

- Diseñar un plan de Seguridad del Agua para la ASADA de Higuito de Desamparados y su estrategia para la implementación.

2.1.2 Objetivos específicos

- Realizar una evaluación de los diversos componentes del acueducto y los factores de riesgo.
- Diseñar herramientas de monitoreo operativo y evaluación de riesgos.
- Diseñar el plan de gestión de riesgos y programas complementarios.
- Realizar una valoración financiera y análisis económico de la ejecución e implementación del PSA.

3 REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 ASPECTOS GENERALES

El agua potable y saneamiento son derechos humanos básicos, ya que son necesarios para el desarrollo de las actividades básicas y es un tema de salud pública, además es un actor fundamental en el desarrollo sostenible y socio-económico de las comunidades, sabiendo que *“el agua es el principal y más estratégico recurso para el sostén de la vida. Por ello, en cualquier sociedad, las decisiones que se toman con respecto al agua son de crucial importancia para la vida de las personas.”* (Monge & Ovares, 2013)

En Costa Rica, según la Dirección de Aguas del MINAE, estima que se tiene una disponibilidad de recurso renovable de agua dulce de 103,120 millones de metros cúbicos, distribuidos en una red hidráulica de dos vertientes; Caribe y Pacífico y 34 cuencas hidrográficas, esto es un 2.64% menos que el año anterior basado en las precipitaciones y evapotranspiración real tomando en cuenta la entrada de aguas superficiales y subterráneas. Para consumo se extrajeron 12,436 millones de metros cúbicos, de los cuales 7.19% son de fuentes superficiales, mientras que el 1.37% proviene de aguas subterráneas, y la tasa de extracción de agua dulce ha crecido a una tasa aproximada del 16% anual en la última década. (Herrera Murillo, 2017)

Para poder garantizar el abastecimiento de agua apta para el consumo humano, además de la disponibilidad de extracción que garantice la continuidad, se debe tener en cuenta los parámetros de potabilidad, entendiendo como agua potable cuando esta reúne características organolépticas (incolora, transparente, inodora, e insípida), físicas, químicas, biológicas y microbiológicas, que se contemplan Reglamento de la calidad del agua (Poder Ejecutivo, 2019). En Costa Rica se han desarrollado múltiples estrategias para mejorar la accesibilidad al agua potable y saneamiento, es a partir de eso que se han podido mejorar los indicadores de cobertura de agua potable de hasta un 93.4% a nivel nacional, con diversos actores como lo son el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA); quien es el ente rector a nivel nacional y es el que se encarga de una cobertura de 51.57%, también existen agentes comunales del agua como lo son las Asociaciones Administradoras del Acueductos y Alcantarillados Comunales Rurales (ASADAs) y los Comités de Acueductos Rurales (CAAR) que son las responsables del 30.11% de la

cobertura de agua potable; además existen otras entidades delegadas como lo son las Municipalidades (13.29%) y la empresa de servicios públicos de Heredia (5.03%). (Astorga Espeleta, 2018)

3.2 COSTA RICA Y LOS PLANES DE SEGURIDAD DEL AGUA

A pesar de tener una alta cobertura de abastecimiento de agua potable, un alto porcentaje de cobertura por operadores pequeños como lo son las ASADAS, CAAR's y municipalidades, quienes por la complejidad de la operatividad de un acueducto los operadores de agua principalmente comunales con deficiencias administrativas y de gestión que aumenta la vulnerabilidad de los sistemas y por ende se convierte en un riesgo para la salud pública de las comunidades abastecidas.

Estas deficiencias administrativas y riesgos no son exclusivas de los pequeños operadores de agua, y es un problema global por lo que para el año 2004 la OMS incorpora en las Guías para la Calidad del agua Potable, el concepto de Planes de Seguridad del Agua (PSA), siendo estos una forma eficaz de garantizar de manera sistemática la seguridad de un sistema de agua potable es a través de un planteamiento integral de riesgos y gestión de los mismos, que sea sostenible en todo los componentes desde la captación hasta la red de distribución (OMS, 2004). Esta estrategia de PSA, se basa en principios y conceptos aplicados de la gestión de riesgos y sistemas de barrera múltiples y en el APPCC (Análisis de peligros y de puntos críticos de control).

Para la elaboración y aplicación de un PSA, cada sistema de abastecimiento de agua potable de considerar lo siguiente: (1) Equipo para desarrollar y adoptar la metodología de PSA, (2) Determinar todos los peligros y eventos peligrosos que afecten la seguridad del sistema de manera integral (desde la captación, tratamiento y distribución), (3) Evaluar riesgos a cada peligro y evento peligroso, (4) Validar la eficiencia de control y barrera., (5) Determinar casos de nuevos controles y mejoras, (6) Plan de evaluación y mejora continua, (7) Demostrar que la seguridad del sistema se mantiene de forma permanente y (8) Mantener registros constantes, transparentes y fidedignos.

3.3 ASADAS

Las Asociaciones Administrativas de Acueductos Rurales o ASADAs son órganos locales que operan bajo la figura de asociaciones comunales formadas por vecinos y donde se presta el servicio de abastecimiento de agua potable y saneamiento. El funcionamiento de estas organizaciones se da a través de un convenio de delegación que es un acuerdo jurídico bilateral entre el ICAA y la ASADA, donde el primero le delega al segundo la operación, administración y mantenimiento del sistema. (CEDARENA, 2013). En cuanto a la operación de las ASADAs estas tienen su fundamento en el Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales ((Decret No. 37169-S-MINAET, 2005)

Para las ASADAs a pesar de contar con autonomía en su operación se encuentran sujetas a la dirección y guía del ICAA, pero además de esto al ser prestadoras de un servicio público existen una serie de normas, reglamentos y lineamientos con los que debe cumplir de manera obligatoria para su adecuada operación. Estas normativas que se encuentran en el Cuadro 3.1, en algunos casos son sobre la operación de la ASADA, mientras que en otros son para la protección de los recursos naturales y el uso adecuado de los mismos.

Cuadro 3.1. Legislación y reglamentos vinculada a la operación de las ASADAs

Documento	Fundamento
Reglamento ASADAs (Decret No. 37169-S-MINAET, 2005)	Es el que contiene las obligaciones de las ASADAs en lo que administración se refiere
Manual informativo Aspectos básicos para la gestión de las Juntas Directivas de las ASADAs (AyA, n.d)	Este contiene la información sobre los lineamientos para la Junta Directiva.
Reglamento de prestación de servicios de Acueductos, Alcantarillados e Hidrantes (ARESEP, Reglamento de prestación de servicios de Acueductos, Alcantarillados e Hidrantes , 2013)	Se encarga de regular y dar lineamientos básicos sobre la prestación del servicio al cliente tanto en la gestión administrativa como técnica.
Tarifas del ARESEP (ARESEP, Tarifas ASADAS 2017- Pliegos Tarifarios., 2017)	Se tiene los pliegos tarifarios vigentes para las ASADAs según el número de servicios y tipo de ASADA.
Ley de Aguas	Se encarga de regular el aprovechamiento del recurso hídrico tanto para usos públicos o privados.
Reglamento de las ASADA N° 32529	

Documento	Fundamento
Reglamento de la calidad del Agua Potable	Es el que establece los límites máximos y mínimos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, así como aspectos organolépticos.
Ley Forestal No. 7575 (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 1996)	En el artículo 33 se establecen las áreas de protección para ríos, quebradas o arroyos, nacientes, lagos embalses u otros.
Norma Técnica para el diseño y Construcción de sistemas de abastecimiento de Agua Potable, de saneamiento y pluvial (AyA, 2009)	Este contiene todos los lineamientos técnicos para la construcción y/o operación de los sistemas de la ASADA.

3.4 COMPONENTES DEL PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA

Los Planes de Seguridad del Agua (PSA), incorporan diversos aspectos a evaluar dentro de los sistemas de acueducto de agua potable para así poder determinar de manera integral los riesgos. Dentro de los aspectos a evaluar se encuentran las características los físico-químicos, microbiológicos en los diversos puntos del sistema, así como vulnerabilidades mecánicas e hidráulicas del sistema y peligros y/o actividades peligrosas actuales o potenciales que puedan comprometer la calidad y/o continuidad del sistema. En esta sección se detallan de manera general los principales componentes a incorporar.

3.4.1 Descripción del sistema

Un sistema de abastecimiento de agua potable es definido como un conjunto de fuentes de recurso hídrico, infraestructura y equipamiento para la captación, desarenador, red de conducción, quiebra gradiente, potabilización, tanque de almacenamiento y redes de distribución del agua. Los componentes pueden ser plantas potabilizadoras, captaciones, red de distribución y conducción, tanques de almacenamiento entre otros y esto puede variar según el sistema (AyA, 2016). Además, se tienen algunos aspectos importantes que se deben considerar como lo son:

3.4.1.1.1 Desinfección

La desinfección del agua pretende la eliminación de todas las bacterias y patógenos en el agua de manera continua y que permita que esto se mantenga en la red. El tiempo de contacto del cloro con el agua es de 20 a 30 minutos como mínimo y el ideal de 1 a 2 horas, con una dosis de cloro residual que debe encontrarse entre 0.3 a 0.5 mg/L (Roldán Pérez, 2003)

3.4.1.2 *Distribución y conducción*

En cuanto a la red de tuberías de un sistema de abastecimiento de agua rural, tanto en la red conducción como en la red distribución, debe cumplir con requerimientos básicos según los reglamentos técnicos del ente rector ICAA.

En cuanto a la red de distribución es todo el sistema de tuberías desde el tanque de almacenamiento hasta aquellas líneas de las cuales parten las conexiones domiciliarias incluyendo los ramales. (Organización Panamericana de la Salud, 2005) En el marco de la seguridad del agua, las tuberías de distribución deben cumplir con algunos requerimientos básicos se plantean a continuación:

- El diámetro a utilizarse será aquel que asegure el caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red.
- En todos los casos las tuberías de agua potable deben ir por encima del alcantarillado de aguas negras a una distancia de 1,00 m horizontalmente y 0,30 m verticalmente. No se permite por ningún motivo el contacto de las tuberías de agua potable con líneas de gas, poliductos, teléfonos, cables u otras. (Organización Panamericana de la Salud, 2005)
- En cuanto a la presión del agua, debe ser suficiente para que el agua pueda llegar a todas las instalaciones de las viviendas más alejadas del sistema. Esto será una

presión estática máxima de 50 metros columna de agua (mca) en el punto más bajo de la red y de hasta 70mca cuándo la topografía sea muy quebrada. En el caso de la presión dinámica no deberá ser menor a 15mca en la interconexión con la red y su punto más crítico. (AyA, 2016)

3.4.1.3 Demanda y oferta Hídrica

En cuanto a la demanda y oferta hídrica son aspectos fundamentales para poder determinar la continuidad del abastecimiento del recurso hídrico. La oferta hídrica es la cantidad de agua en litros por segundo de la que se nutre un sistema de abastecimiento de agua y la demanda es el consumo total de agua requerida para abastecer de manera continua y suficiente a los usuarios. La continuidad del servicio es fundamental para evitar la propagación de enfermedades por deficiencias en el saneamiento ambiental y salud pública, es por eso que se debe utilizar el balance hídrico basado en la oferta y demanda de agua como una herramienta de planificación que permita estimar el crecimiento según los diferentes usos para establecer regulaciones sobre la asignación de la normativa vigente, así también como una herramienta de proyección en el tiempo que permita incluir variables relacionadas con el cambio climático. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2016)

3.4.2 Análisis de sistemas e identificación de peligros y actividades peligrosas

Un riesgo es definido como 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. (Bartram J C. L., 2009). Una parte primordial de los PSA es la identificación de los riesgos que presentan los componentes de un sistema del acueducto desde su captación hasta su distribución en los usuarios. Es por este motivo que el ICAA y el MS, han desarrollado herramientas de evaluación para ASADAs con el fin de tener parámetros de evaluación más fidedignos y que permitan ser homologados con otros entes operadores.

3.4.3 Indicadores físico químicos y microbiológicos de calidad del agua

Referente a la calidad del agua, los parámetros nacionales se establecen el reglamento de calidad de Agua Potable (Poder Ejecutivo, 2019), y como requerimientos mínimos se deben tener:

1. Identificación de las zonas de abastecimiento.
2. Puntos de recolección de muestras y muestreos periódicos.
3. Programa de control de riesgos y vulnerabilidad.
4. Se debe realizar una inspección sanitaria y definir los riesgos para la salud en cada etapa del sistema.

La herramienta principal para poder evaluar la calidad del agua, son los análisis de laboratorio y la periodicidad y tipos de agua están establecidos por la legislación costarricense, y es aquí donde se detallan los cuatro niveles de análisis de calidad del agua que son aplicados según sean requeridos tal como se muestra en el Cuadro 3.2, donde el nivel N1, es requerimiento mínimo de cualquier ente operador del agua. (Poder Ejecutivo, 2019)

En este análisis básico N1, contiene la evaluación de parámetros organolépticos, que son definidos como como lo son características que afectan la calidad del agua y pueden ser percibidas por los sentidos como el sabor, tacto, vista y/o olfato. (Environmental Protection Agency, 2001) y que pueden ser l olor, color y sabor del agua, estos , además de los parámetros fisicoquímicos como lo son turbiedad, temperatura, pH, Conductividad, cloro residual libre y cloro residual combinado y algunos de estos parámetros se detallan en secciones más adelante. (Ver Figura 3.1).

ANEXO 1
 CUADRO 1. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA
 - PRIMER NIVEL DE CONTROL - N1

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Coliforme fecal	NMP/100 mL o UFC/100 mL	Ausente	Ausente
<i>Escherichia coli</i> ^a	NMP/100 mL o UFC/100 mL	Ausente	Ausente
Color aparente	mg/L (U - Pt-Co)	5	15 ^b
Turbiedad	UNT	<1	5 ^b
Olor	--	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Sabor	--	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Temperatura	°C	18	30
pH ^c	Valor pH	6,5	8,5
Conductividad	µS/cm	400	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,3	0,6
Cloro Residual Combinado	mg/L	1,0	1,8

- a) El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la *Escherichia coli*
 b) VMA en no más del 10% de las muestras analizadas durante el año
 c) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos o en los utensilios domésticos, utilizados para calentar o hervir el agua

Figura 3.1. Parámetros evaluados en el análisis tipo N1
 Fuente: (Poder Ejecutivo, 2019)

Cuadro 3.2. Niveles de control de los análisis de la calidad del agua.

Nivel de control	Descripción
Primario (N1)	Corresponde al programa de control básico junto con la inspección sanitaria, para evaluar la operación y mantenimiento en la fuente, el almacenamiento y la distribución del agua potable.
Secundario (N2)	Corresponde al programa de control básico ampliado (N1) el análisis de tendencias temporales de variaciones de calidad en las fuentes de abastecimiento, a ser aplicado en muestras de agua potable en la fuente, su almacenamiento y distribución.
Tercero (N3)	Corresponde al programa de control avanzado del agua potable. Comprende la ejecución de los parámetros del nivel N2 ampliados
Cuarto (N4)	Corresponde a programas ocasionales ejecutados por situaciones especiales, de emergencia o porque la inspección sanitaria identifica un riesgo inminente de contaminación del agua. Los parámetros a analizar según sea la situación identificada.

Estos análisis comprendidos en el Cuadro 3.2 incluye parámetros organolépticos como lo son turbiedad, color, olor y sabor, así como otros parámetros fisicoquímicos como Temperatura, pH, Conductividad, cloro residual libre y cloro residual combinado. En cuanto al olor, color y sabor del agua, estos son características que afectan la calidad del agua y pueden ser percibidas por los sentidos como el sabor, tacto, vista y/o olfato. (Environmental Protection Agency, 2001)

3.4.3.1 Turbiedad

En cuanto a la turbiedad esta se refiere a la pérdida de la transparencia del agua por las partículas suspendidas pueden ser tanto orgánicas como inorgánicas, como tierra, arena arcilla entre otros y que son insolubles en el agua. (Mara & Horan, 2003). Este parámetro es medido en Unidad Nefelométrica de Turbiedad (UNT).

3.4.3.2 Porcentaje de Hidrógeno (pH)

El pH indica la concentración de iones (H_3O^+) en el agua y con esto el grado de alcalinidad en el agua con valores que oscilan desde 0 hasta 14, donde cero es el valor más ácido en el agua, el pH se relaciona con el equilibrio carbónico del medio y las actividades de los microorganismos acuáticos. (Marín Galvín, 2003)

3.4.3.3 Conductividad

La conductividad en el agua se da por los electrolitos disueltos en el agua, y está relacionada con el terreno por donde atraviesa el agua y se mide en microSiemens/cm ($\mu S/cm$), (Marín Galvín, 2003)

3.4.3.4 Color aparente

El color aparente del agua es el resultado de la acción de la luz absorbida por las partículas

de los materiales suspendidos en el agua, junto con la reflexión (Roldán Pérez, 2003)

3.4.4 Índice de Riesgo de Calidad del Agua para Consumo Humano

En cuanto a los valores de metales pesados, elementos químicos y otras sustancias que se encuentren disueltos en el agua, estos deben ser analizados de manera puntal, pero de manera general y para tener un mejor entendimiento de los análisis de la calidad de agua, el Laboratorio Nacional de Agua (LNA) desarrollo el “Índice de Riesgo de Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCACH)” que permite relacionar la calidad del agua con el grado del riesgo para la salud en relación con el consumo humano y cómo afecta esto la percepción del consumidor, es una herramienta que permite una fácil interpretación de los análisis de agua que incluyen parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se encuentran en el Reglamento de Calidad de Agua Potable N°41499-S. Este índice define cinco niveles de riesgo (Muy Bajo, Bajo, Intermedio, Alto y Muy Alto), que determinan según el puntaje asignado cuando las variables sobrepasen el Valor Máximo Admisible (VMA) y determina si es apta para el consumo humano o no.

3.4.5 Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA)

Por otro lado el Ministerio de Salud de Costa Rica (MS), desarrollo una herramienta para la determinación de riesgos de abastecimiento de agua denominado “Guía de inspección del sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA)” esto permite determinar los factores de riesgo de las instalaciones hidráulicas de cada uno de los componentes del sistema, donde se le asigna un valor y según el valor numérico asignado se le clasifican el riesgo donde se le asigna un color y nivel de riesgo como se muestran en el Cuadro 3.3 estas acciones, el MS emitirá las ordenes correspondientes para la corrección de los factores de riesgo según lo indicado en las guías SERSA.

Cuadro 3.3. Valores de riesgo de SERSA

	Clasificación de riesgo	Código de colores	Acciones para disminuir los factores de riesgo
0	Nulo	AZUL	---
1-2	Bajo	CELESTE	Solicitar plan de acción al operador para corregir situación con urgencia. Plazo 5 días hábiles.
3-4	Intermedio	VERDE	Emitir orden sanitaria al operador para corregir los factores de riesgo detectados en un plazo de 5 días hábiles.
5-7	Alto	AMARILLO	Elaborar plan de emergencia y sensibilizar a la comunidad sobre los riesgos. Girar orden sanitaria con un Plazo de 5 días hábiles para obtener evidencia de mejoras.
8-10	Muy alto	ROJO	Girar orden sanitaria y convocatoria urgente a los actores sociales claves para ejecutar en el menor plazo, las acciones correctivas necesarias. Plazo de 1 mes para verificar cumplimiento de la orden sanitaria.

Fuente: (Poder Ejecutivo, 2019)

4 MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo del Plan de seguridad del Agua (PSA) para la ASADA de Higuito de Desamparados, se basará en la “Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores del agua de consumo” (Bartram J C. L., 2009) desarrollada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), así como International Water Association (IWA).

Bajo esta metodología, el desarrollo del PSA cuenta con cinco fases: (1) Formación del equipo de PSA, (2) Evaluación del sistema de la ASADA de Higuito, (3) Monitoreo operativo, (4) Gestión y comunicación y (5) Retroalimentación y mejora, y cada una de esas fases puede involucrar uno o más módulos. Esta metodología no se trabaja de manera lineal ya que la elaboración, ejecución y actualización son procesos continuos y requieren la reevaluación y ajustes de manera constante, es por esto que se debe tener en cuenta que este PSA debe ser sistemático, esto sin perder de vista que debe tener características dinámicas y prácticas para evitar que se convierta en un procedimiento operativo.

4.1 FORMACIÓN DE EQUIPO DE PSA

4.1.1 Nombramiento del equipo y determinación de roles

La primera etapa, consiste en la formación de un equipo calificado y con interés en la participación activa ya que esto para garantizar la continuidad del proyecto. Para este proceso se debe involucrar a los colaboradores de la parte técnica y administrativa, así como directivos. También de manera paralela se realiza un reconocimiento y acercamiento a actores comunales que permitan dar apoyos institucionales al PSA.

4.1.2 Roles y capacitación del equipo

Se capacita al comité sobre el PSA sobre el sistema, identificación y evaluación de riesgos, así como en la gestión operativa del PSA y del sistema, esto con el fin que todos los miembros del equipo puedan tener los mismos conocimientos y así dar sostenibilidad en tiempo al Plan de trabajo. Se desarrollan talleres de sensibilización y capacitación para el

conocimiento pleno del PSA, procedimiento a seguir, así como técnico sobre el sistema a los actores comunales. En este proceso se determinan las capacidades y alcance de cada miembro del equipo, y como estos van a trabajar de manera coordinada, cada uno de acuerdo a sus competencias.

4.1.3 Definir alcance del PSA

El equipo de PSA construye el alcance y los objetivos del PSA, esto se realiza mediante talleres, conversatorios y charlas tanto con el equipo de PSA como con actores importantes de la comunidad y usuarios interesados.

4.2 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE LA ASADA HIGUITO

4.2.1 Descripción del sistema de agua potable

Se describe el acueducto de Higuito de Desamparados, desde la fuente hasta el punto final del suministro de manera específica y detallada, además se realiza una comprobación de cada componente básico del sistema, así como la función, estado y características, donde lo que se busca es cumplir con los siguientes objetivos: (1) Organización básica del suministro de agua, (2) Componentes básicos de la descripción del sistema, (3) Diagrama de flujo de un sistema de suministro de agua, (4) Descripción de usos y usuarios del sistema y (5) Diagrama de flujo del sistema completo

Además de la descripción del sistema, se realiza descripción sobre la calidad del agua y usos de la misma en la comunidad.

4.3 DETERMINAR LOS PELIGROS Y EVALUAR LOS RIESGOS DE CADA COMPONENTE DEL SISTEMA

Teniendo el conocimiento integral del sistema se determinan los posibles peligros de tipo biológicos, físicos, químicos y microbiológicos asociados a cada etapa del acueducto,

además de los posibles eventos o incidentes peligrosos que puedan comprometer la calidad del agua, la seguridad o interrumpir el suministro.

4.3.1 Evaluación de los riesgos

El equipo de PSA elige una metodología semi cuantitativa para la evaluación de los peligros identificados, para cada etapa y componente del sistema, entonces a partir de esto se realiza un análisis y priorización de riesgos lo que es el insumo principal para poder priorizar los riesgos según gravedad y/o probabilidad de ocurrencia, además se incorpora otro criterio de significancia para la ASADA, esto según los criterios que se muestran en

Cuadro 4.1, y Cuadro 4.2

Cuadro 4.1. Criterios de evaluación semi cuantitativa de riesgos de PSA para la ASADA de Higuito.

		Gravedad de la consecuencia				
		Agua Segura	Consecuencia a corto plazo o local, sin relación con la salud ni parámetros	Consecuencias organolépticas extendidas o incumplimiento prologado sin relación con la salud	Posibles efectos sobre la salud a largo plazo	Posibles enfermedades.
		Efecto nulo o insignificante: Clasificación 1	Efecto en el cumplimiento leve: Clasificación 2	Efecto Organoléptico moderado : Clasificación 3	Efecto Reglamentario grave: Clasificación 4	Efecto Catastrófico en la salud pública: Clasificación 5
Probabilidad o Frecuencia	Casi Siempre/Una vez al día: Clasificación 5	5	10	15	20	25
	Probable/ Una vez por semana: Clasificación 4	4	8	12	16	20
	Moderada/ Una vez al mes: Clasificación 3	3	6	9	12	25
	Improbable/ Una vez al año: Clasificación 2	2	4	6	8	10
	Excepcional/ Una vez cada 5 años: Clasificación 1	1	2	3	4	5
Puntuación del riesgo		<6	6 a 9	10 a 15	>15	
Clasificación del riesgo		Bajo	Medio	Alto	Muy alto	

Fuente: (Deerre D, 2001)

Cuadro 4.2. Valores de clasificación de significancia de riesgos para la ASADA de Higuito de Desamparados.

Descriptor	Significativo	Observaciones
Significativo	Claramente prioritario	Este riesgo debe ser evaluado más a fondo para determinar la necesidad de aplicar las medidas de control adicionales o si debe asignarse puntos de control. Si ya tiene medidas de control se deben validar las mismas.
Incierto	No se sabe con certeza si el evento conlleva o no un riesgo significativo	Puede ser preciso realizar estudios adicionales para comprender si el evento conlleva realmente un riesgo significativo.
No significativo	No es prioridad	Se debe observar y describir el riesgo, además se documentará y en años futuros se reconsiderará como parte del programa continuo de revisión de PSA.

Fuente: (Bartram J C. L., 2009)

4.4 DETERMINAR Y VALIDAR MEDIDAS DE CONTROL Y REEVALUACIÓN DE RIESGOS

Se desarrolla una matriz para la validación sobre las medidas de control de los riesgos identificados con anterioridad, así como las medidas de monitoreo intensivo y evaluación de eficiencia.

4.5 ELABORAR Y EJECUTAR UN PLAN DE MEJORA O MODERNIZACIÓN PARA MINIMIZAR RIESGOS

A partir de los resultados de la evaluación de los riesgos y las medidas de control se diseña un plan de mejora o modernización que debe ser definido y con objetivos claros, plazos y responsables. Se señalan las acciones de atenuación y/o control a corto, mediano y largo plazo para cada riesgo significativo.

4.6 MONITOREO OPERATIVO

El monitoreo operativo, se definen y validan las medidas de control previamente diseñadas y establecen el procedimiento de control para que estos sean sostenibles en el tiempo y

operatividad del PSA, así como un control sobre las actividades habituales y documentación de procedimientos. Se realiza una relación de factores a considerar en un plan de monitoreo: (1) ¿Quién realizara el monitoreo?, (2) Frecuencia. (3) ¿Quién Analiza e interpreta las muestras?, (4) Interpretación de resultados y (5) Relación de eventos peligrosos

Junto con el diseño los programas de monitoreo se diseñan de las medidas correctivas planteándose diversos escenarios de riesgo y se realiza un análisis de los riesgos identificados y como estos afectan a las diversas etapas del sistema de abastecimiento, que permita el diseño de medidas correctivas adecuadas para las capacidades técnicas, administrativas y financieras. Como producto de esto se desarrolla una matriz para el monitoreo de riesgos y medidas de control, que además incluye herramientas de monitoreo, encargados, plazos, así como las medidas correctivas, límites críticos, así como otros insumos que permitan la sostenibilidad del proyecto a lo largo del tiempo. y a partir de eso se construye una matriz de requerimiento de monitoreo a largo, mediano y corto plazo con las medidas correctoras, responsables y plazos,

4.7 ELABORAR EL PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN

El PSA debe incorporar un procedimiento de gestión, tomando en cuenta cuando el sistema funciona en condiciones normales, así como cuando se presenta un incidente o emergencia, es por eso se desarrolla un plan de gestión que debe considerar diversos aspectos para que estos sean integrales y sostenibles en el tiempo como lo son: (1) Medidas de respuesta, (2) Monitoreo operativo, (3) Responsabilidad de servicio, (4) Protocolo de comunicación, (5) Responsabilidad de coordinación. (6) Plan de comunicación, (7) Programa de revisión y documentación y (8) Plan de emergencia.

4.8 ELABORAR PROGRAMAS COMPLEMENTARIOS

Los programas complementarios son actividades que forman parte de las capacidades y conocimientos del equipo de PSA, así como la capacidad de gestionar los sistemas de agua potable. Primero, se debe determinar qué o cuáles programas complementarios deben

desarrollarse para aplicar la metodología de PSA y la evaluación de los programas existentes.

Como parte de este proceso, se desarrollan programas y actividades que garantizan la integración de la metodología del PSA en las operaciones de la ASADA.

4.9 PLANIFICAR Y REALIZAR EXÁMENES PERIÓDICOS DEL PSA

Se planifican de manera periódica reuniones del equipo de PSA para examinar el plan, tener retroalimentación de manera continua y adecuar procedimientos de monitoreo y mejora. Se construye un cronograma de reuniones, así como los canales de comunicación para una alimentación constante y asegurar la continuidad del PSA.

Para lo anterior se deben considerar los siguientes aspectos como la actualización del PSA y determinar un cronograma de reuniones del equipo.

4.10 MANEJO INTRADOMICILIAR DEL AGUA

Para conocer la realidad sobre el uso de agua domiciliar a trabajar con tres pasos: (1) realizar una encuesta a la comunidad (2) Análisis de patrones de uso y comportamiento de la población y (3) Determinación de riesgos y medidas correctivas.

4.10.1 Metodología de la aplicación de la encuesta

Teniendo en cuenta que la se tiene un total de 1224 abonados y de esos el 93% son domiciliarios se decide enfocar en el uso doméstico del agua de la cual para este estudio se decide tomar una muestra probabilística para que todos los abonados tengan la misma probabilidad de participar. En este caso se utiliza el software STATS TM 2.0 para determinar el tamaño de la muestra de manera exacta tal como se muestra en la Figura 4.1.



Figura 4.1. Tamaño de la muestra representativa para la aplicación de la encuesta

Esta encuesta realiza entre el 7/09/2019 al 18/09/19, y este proceso se llevará acabo según se muestra en el la Figura 4.2.

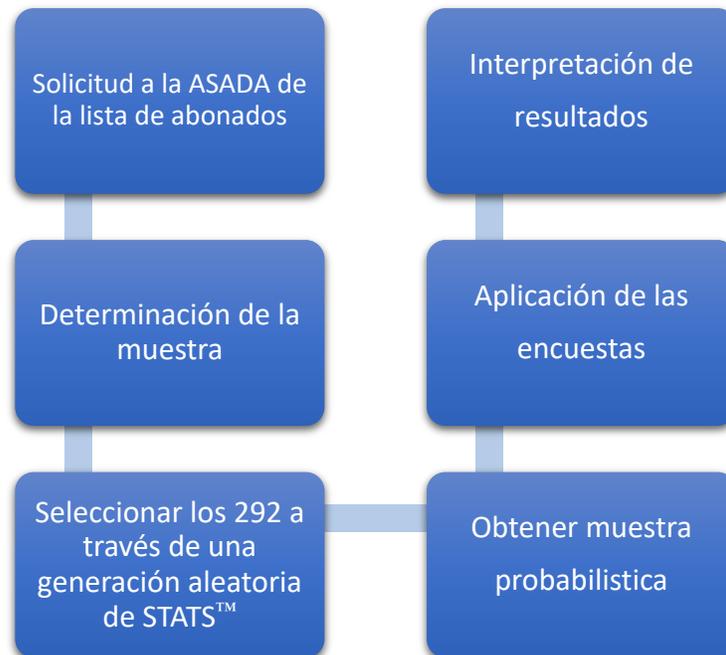


Figura 4.2. Metodología de aplicación de la encuesta.

4.10.2 Análisis de patrones de uso y comportamiento de la población

En las visitas de campo para la aplicación de encuestas se realiza además una valoración visual de los patrones de uso y condiciones ambientales de la comunidad y los usuarios. Lo anterior junto con la información de la encuesta permite tener información sobre el uso del agua que debe ser procesada y documentada.

4.10.3 Determinación de riesgos y medidas correctivas

Cuando se determinen las actividades principales, comportamiento de los usuarios y patrones de consumo, se puede determinar los principales riesgos en el ámbito intradomiciliar y las medidas correctivas.

Falta la parte metodológica del cuarto objetivo...Realizar una valoración financiera y análisis económico de la ejecución e implementación del PSA.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 FORMACIÓN DEL EQUIPO DEL PSA

La constitución de un equipo responsable de la delimitación y diseño del Plan de Seguridad del Agua, quienes además tienen la responsabilidad de dar continuidad al proyecto para asegurar la sostenibilidad en el tiempo. Para esto se realiza un análisis del personal de la ASADA como de los miembros de la Junta Directiva para poder seleccionar un equipo que tenga conocimiento del sistema como disponibilidad de tiempo para poder participar de las diversas actividades, así que el equipo coordinador queda conformado según se muestra en Cuadro 5.1.

Cuadro 5.1. Equipo coordinador de PSA.

Nombre	Apellido	Teléfono	Correo electrónico	Puesto
Víctor	Solís	8317-7318	victorsolis2264@gmail.com	Presidente
Miguel	Castro	8409-0293	mascaldito@gmail.com	Vicepresidente
Mario	Portugués	8326-7779	mariops2751@gmail.com	Administrador
Mario	Sandí	8713-3926	mariosandi74.mesv@gmail.com	Fontanero
Cristian	Rojas	8825-9117	crojassanchez26cr@gmail.com	Tesorero
Gerardo	Sandí	8310-3274	NA	Encargado de Mantenimiento

Para una mejor coordinación y trabajo del equipo, se determinan también las principales funciones que tiene cada uno de los miembros y los alcances lo que es importante también ya que si eventualmente se diera algún cambio de los integrantes se tienen definidas las acciones. (Ver APÉNDICE 1. DETERMINACIÓN DE RESPONSABILIDADES DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO COORDINADOR DEL PSA.)

5.1.1 Limitación del proyecto

El proyecto tiene como alcance la construcción de un Plan de Seguridad del Agua (PSA) para la Asociación Administradora del Acueducto Rural de Higuito de Desamparados, ubicada la comunidad de Higuito del distrito de San Miguel, del cantón de Desamparados, en la provincia de San José, el cual se desarrolla para un acueducto que cuenta con 1221

abonados y alrededor de 6105 personas en 16 comunidades de la parte alta de Higuito. El área aproximada de alcance del proyecto es de 7.84km² aproximadamente.

Además, para la delimitación temporal del proyecto se construye un cronograma de trabajo donde se detallan las diversas etapas del proyecto y tener así una mejor visualización de la línea de trabajo a desarrollar. (Ver Apéndice 2)

5.1.2 Equipo de soporte

Participan de forma directa los representantes de la administración del acueducto y además se consideran algunos actores comunales importantes como: la Asociación de Desarrollo Integral de Higuito de Desamparados, las Juntas Vecinales, escuelas y colegios, el EBAIS, las iglesias, la municipalidad, las organizaciones públicas y privadas, el ICAA, el Ministerio de Salud, entre otras.

El objetivo de promover la participación de los diferentes actores en el proceso, es disponer de recomendaciones técnicas y aportes de carácter financiero que permitan atender eventos fortuitos que afecten la continuidad del servicio.

La elección de los participantes se basa en el nivel de impacto que tienen estas instituciones con la ASADA de Higuito. Se realizaron acercamientos importantes con las escuelas de la zona y los resultados se muestra en el Cuadro 5.2.

Cuadro 5.2. Equipo de apoyo comunal del PSA.

Organización	Encargado	Puesto	Teléfono	Correo electrónico
EBAIS	Tatiana Navarro	Encargada de promoción de la Salud	2251-0573	tnavarro@coopesalud.org
Escuela Dr. Calderón Muñoz	Laura Gutiérrez	Encargada de programas ambientales	8304-1061	
Asociación de Desarrollo Integral de Higuito de Desamparados	Ronald Muñoz Bonilla	Presidente	8500-8482	ron_ald1234@hotmail.com
Escuela Llama del Bosque	Silvia Zúñiga Sánchez	Directora	7231-8193	silzusa@gmail.com

5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

5.2.1 Consideraciones generales

La Asociación Administradora del Acueducto Rural de Higuito de Desamparados, se ubica según la división territorial de Costa Rica en la provincia San José (01), cantón Desamparados (03), distrito San Miguel (02), y abarca varias comunidades como lo son Higuito centro, Higuito Arriba, San Gerardo, Rodillal, Tablazo Nuevo, y urbanizaciones como Llama del Bosque, Jerusalén, barrio la Guaria, urbanización Jiménez, Urbanización San Francisco entre otros.

Las oficinas administrativas se encuentran ubicadas en el sector central de Higuito mientras que los demás componentes del sistema se encuentran en Barrio San Gerardo. En cuanto a las fuentes, la ASADA cuenta con 4 captaciones superficiales ubicadas en el cerro Tablazo que son la quebrada Mena, la quebrada Tablazo y dos denominadas por la ASADA como Q3 y Q4.

La mayoría de la infraestructura que posee actualmente la ASADA data desde el año 1998, la cual ha sido adquirida por diversos medios como donaciones de entidades del estado, por parte del ICAA, IMAS, y también a través de inversión propia. El sistema ha sido construido por etapas, así que las tomas con mayor antigüedad cuentan con alrededor de 20 años de construcción y la obra más reciente es la Planta de Potabilización de Agua que se financió en la mayoría a través de una donación del IMAS en el año 2017, pero que se continua en proceso de ajustes para la puesta en operación.

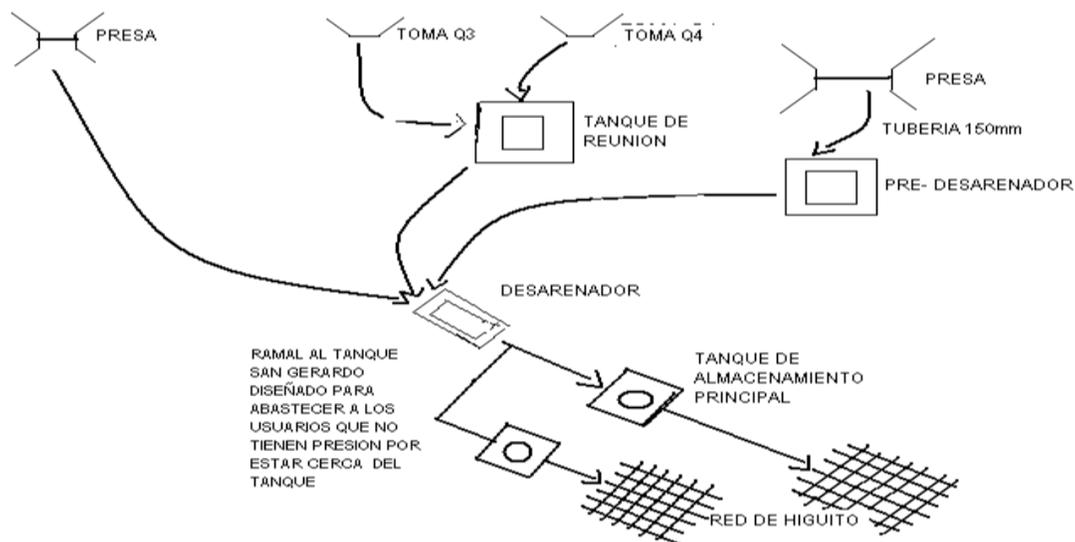
Las tomas de las Q3 y Q4, se encuentran ubicadas en la finca de la Asociación de Desarrollo las cuales fueron construidas hace 11 años, con su respectiva tubería, quiebra gradientes y tanque de reunión. El Sr. Luis Chacón donó la finca a la Asociación de Desarrollo Integral de Higuito de Desamparados, y Administrada por la ASADA de Higuito, con el fin que sea de dominio comunal. Las tuberías de estas tomas atraviesan propiedades privadas, así como sus quiebras gradientes.

La ASADA cuenta con una Junta Directiva por ocho miembros todos de la comunidad, de los cuales 2 son representantes femeninos. En cuanto a la administración y operación de la ASADA cuenta con seis colaboradores, de los cuales dos asisten el proceso administrativo

y cuatro en la parte operativa y técnica que se encuentran distribuidos en turnos de 7:00 am a 5:00 pm y 5:00 pm a 7:00 am, cuentan también con un guarda que labora el día domingo y otro que labora cuando alguno de ellos se encuentra en sus días libres. En cuanto a los fontaneros, se cuenta con uno principal con amplia experiencia en el sistema que tiene 15 años de laborar en la ASADA y un asistente de fontanería, ambos trabajan en el horario de lunes a viernes en turnos de 7:00 am a 4:00 pm y los primeros dos sábados de cada mes de 7:00 am a 12:00md igual que la administración.

5.2.2 Descripción general del sistema

La ASADA de Higuito cuenta con un sistema de abastecimiento por gravedad y en consecuencia la mayoría de sus componentes estructurales se encuentran ubicados en el Barrio San Gerardo. El acueducto cuenta con dos tanques de almacenamiento uno denominado el “Tanque de San Gerardo” con una capacidad de 16 m³ y otro “Tanque principal” de 300 m³, lo que representa que se divide en dos sub sistemas, para sectores distintos, ambos abastecidos por las mismas fuentes y llevadas por la misma línea de conducción al primer componente de pretratamiento, el desarenador. (Ver Figura 5.1)



ASADA DE HIGUITO DE DESAMPARADOS

Figura 5.1. Diagrama general del sistema provisto al 2016

Fuente: ASADA de Higuito de Desamparados.

El Tanque de San Gerardo, es parte del componente del sistema que abastece únicamente a la población del Barrio San Gerardo que cuenta con un total de 92 abonados lo que implica un abastecimiento para aproximadamente 450 personas. Este tanque tiene una capacidad de 16 m³ y cuenta con un sistema de filtros lentos de arena, donados por la empresa P3 Biosand Bag Filters LLC (Ver Figura 5.2) que es el tratamiento primario del agua, además se le aplica cloración por goteo con un sistema de la Marca AquaClor. De este tanque, sale el agua en una tubería de PVC de 50 mm.

En el Tanque Principal de almacenamiento es el otro sistema que abastece el resto de las comunidades del acueducto, con 1129 abonados y alrededor de 5645 personas. El tratamiento que se le da al agua que nutre este tanque pasa por una planta de tratamiento de filtros rápidos, un tanque de 400 m³ semi enterrado del que sale una tubería de 100 mm en PVC y hace un recorrido hasta la plaza de Higuito lo que es aproximadamente 2 km, luego de ahí se amplía el diámetro a 125 mm en HG, los ramales tienen diferentes diámetros a saber 1", 3" y 4". Este subsistema, tiene un dispositivo de producción de Hipoclorito de sodio de 12 libras marca EASYCLOR.

El desarenador es el punto de reunión de las 4 quebradas que abastecen a la ASADA, y es de acá donde sale una línea de conducción de 200 metros en tubería PVC de 150 mm y 800 metros en tubería PVC de 100 mm que se dirige a los tanques y la planta de tratamiento.(Ver Figura 5.3)



Figura 5.2. Filtros de arena del Tanque de San Gerardo.

Con base en el esquema provisto por la ASADA (Figura 5.1), y con las inspecciones correspondientes se realiza un mapeo de los principales componentes del sistema y se actualiza el diagrama general del sistema que se encuentra en la Figura 5.3

Diagrama del sistema ASADA Higuito

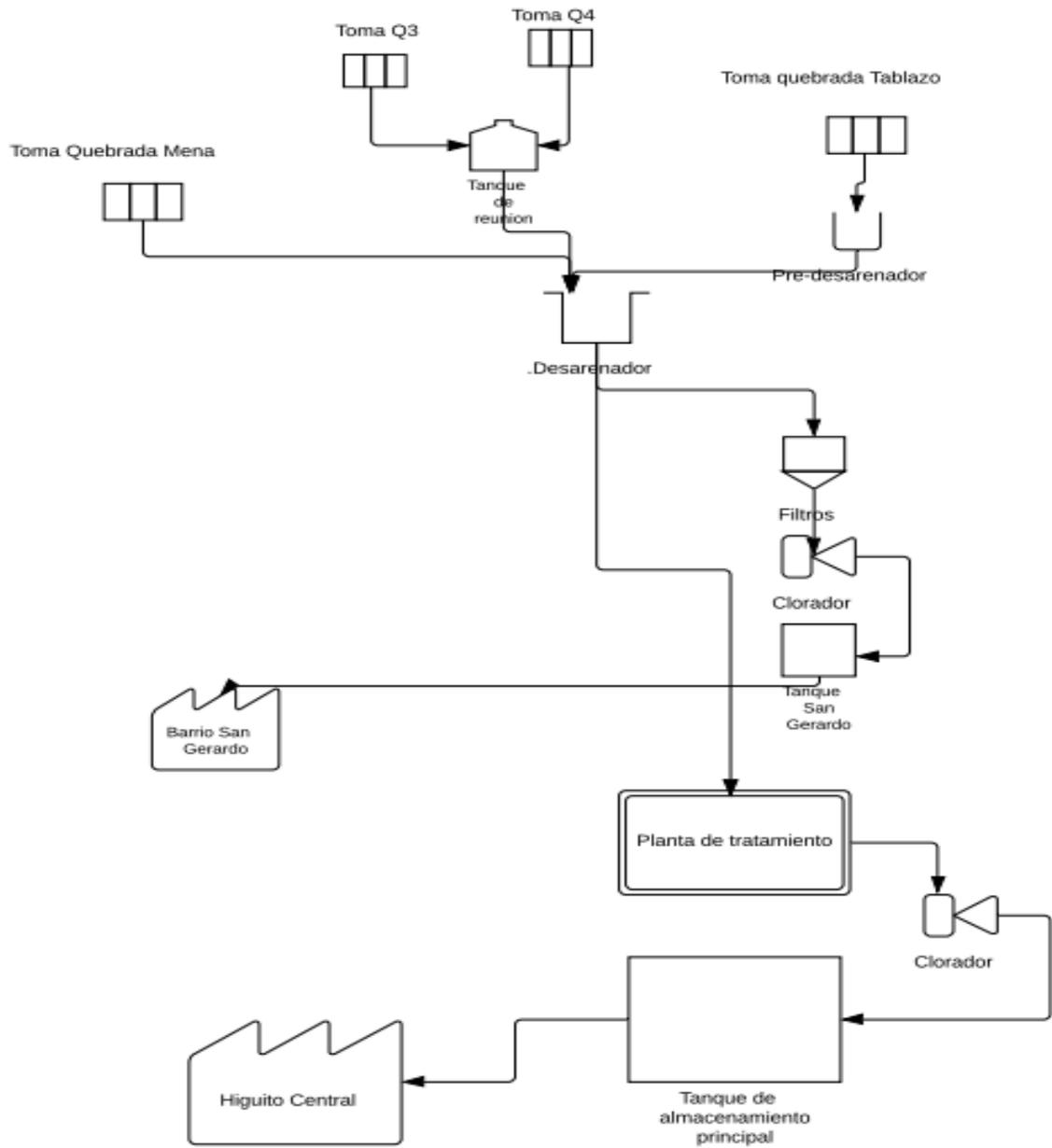


Figura 5.3. Diagrama de flujo actualizado del sistema de la ASADA
Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Red de distribución

En cuanto a la red de distribución, se cuenta con 14 ramales que abastecen las distintas comunidades, cada uno con válvulas de compuerta, que permiten ser cerradas a discreción, con el fin, de hacer purgas de tuberías, reparaciones o cambios de tuberías en sectores específicos sin afectar la continuidad del servicio. Estos ramales se encuentran desglosados en el Cuadro 5.3

Cuadro 5.3. Ramales de la ASADA de Higuito de Desamparados.

RAMALES	METROS	PVC	DIAMETRO
01	195	“	50mm
02	596	“	50mm
03	625	“	100mm
04	180	“	50mm
05	140	“	100mm
06	200	“	75mm
07	120	“	100mm
08	260	“	75mm
09	170	“	25mm
10	60	“	50mm
11	60	“	25mm
12	285	“	100mm
13	180	“	38mm
14	350	“	50mm

Tomado de: ASADA de Higuito de Desamparados.

5.2.4 Nacientes y captaciones

En cuanto a las fuentes y disponibilidad de agua del acueducto rural de Higuito de San Miguel de Desamparados, cuenta con 47 nacientes registradas las cuales se encuentran debidamente inscritas en el oficio del Ministerio de Ambiente y Energía, por parte de la Dirección de Aguas en el expediente 0238-R y notificado por el oficio DA-2179-2014-AGUAS-MINAE. Las nacientes registradas son las que nutren las 4 quebradas captadas por la ASADA. A continuación, se detalla la descripción de cada una de las captaciones.

5.2.4.1 Quebrada Mena

La captación superficial de la Quebrada Mena, se encuentra ubicada en el Tablazo Viejo de Higuito de Desamparados en una propiedad bajo la custodia de la ASADA, a la cual se le da mantenimiento y vigilancia diaria para evitar la entrada de personas ajenas a la administración y/o animales. Es una estructura de concreto que tiene un área de 6,75 m², en la toma se cuenta con una rejilla que tiene un largo de 2,25 m y un ancho de 0,5 m; con varillas redondas de 1,2 cm de diámetro y un espaciamiento entre las varillas 7,00 cm para una cantidad total de 31 varillas esto para captar un caudal de 8.33 L/s concesionado por el MINAE en el decreto DA-2179-2014-AGUAS-MINAE. Sobre la rejilla (Ver Figura 5.4) se encuentra un cedazo de 5 mm, el cual se coloca con el fin de evitar el paso de sólidos de mayor diámetro. La captación tiene una canaleta de salida de 47x47 cm que se abre para la limpieza y se conecta con el cauce de la Quebrada. Para el mantenimiento y limpieza se tiene una válvula con un diámetro 100 mm, esto es de principal importancia en la época lluviosa (Ver Figura 5.5).



Figura 5.4. Captación de la de la quebrada Mena.

La captación se conecta con una caja de reunión de 14 m³ de concreto a través de una tubería de PVC de 150 mm con un largo de 21 m. Este tanque tiene dos salidas al desarenador en PVC de 150 mm de diámetro y otra en hierro galvanizado de 125 mm de diámetro. La distancia de esta tubería es de 78 m y pasa enterrada por 36 m hasta el

“*Puente Diputado Garrón*”, donde pasa por debajo quedando ligeramente expuesta y luego de nuevo va enterrada hasta la salida ubicada en la caja de reunión del desarenador.



Figura 5.5. Captación de la Quebrada Mena durante la época lluviosa.

5.2.4.2 *Quebrada Tablazo*

La captación está construida en concreto posee un área de 12,12 m², con una rejilla de 4,30 m de largo y 0,65m de ancho, construida con varilla de hierro redonda de 1.2 cm de espesor y un espaciamiento de 5,0 cm, sobre esta se tiene un cedazo de 5,0 mm para evitar el paso de sólidos de mayor diámetro que pueda afectar otros componentes del sistema o contaminar el agua. Esta rejilla esta diseñada para captar un caudal 11.78L/s concesionado por el MINAE en el decreto DA-2179-2014-AGUAS-MINAE (Ver Figura 5.6)



Figura 5.6. Captación de la quebrada Tablazo.

La captación se conecta con una tubería de 150 mm y una distancia de 22 m a una caja de reunión con una capacidad de $3,91\text{m}^3$, de esta caja sale una tubería del mismo diámetro hacia desarenador. Este desarenador (Ver Figura 5.7) cuenta con dos cámaras (Figura 5.8), donde la entrada de agua viene en una tubería de 150 mm por la parte inferior y entra en la primera cámara de un volumen de $4,72\text{ m}^3$, y pasa por un vertedero a la siguiente cámara que es de un volumen $5,05\text{ m}^3$, donde se tiene dos salidas una ubicada en la parte posterior; una con un diámetro de 150 mm en PVC semienterrada y otra ubicada de manera lateral de 100 mm que se tiene para una operación alterna. Este pretratamiento permite disminuir la turbiedad del agua que suele ser alta principalmente en la época lluviosa.



Figura 5.7. Desarenador de la quebrada Tablazo.



Figura 5.8. Vista superior del desarenador de la quebrada Tablazo

De ambas quebradas se tiene un aprovechamiento de un 95% dejando un remanente para el cauce de las quebradas que se forma de la unión de ambas que asume el nombre de Quebrada Tablazo ya que es la de mayor caudal y mayor longitud

Los caudales reportados para ambas quebradas se encuentran registrados en el Cuadro 5.4, que es el histórico de aforos de los últimos 4 años, realizados en la época de verano donde la producción es menor, permitiendo tener un escenario crítico. Estos son valores únicos que se toman el verano, de manera anual.

Cuadro 5.4. Valores de los aforos para las quebradas Tablazo y Mena en litros por segundo, en el verano de los últimos cuatro años.

Quebrada	2016 (l/s)	2017 (l/s)	2018 (l/s)	2019 (l/s)
Mena	6,37	7,32	8,33	5,96
Tablazo	12,51	11,70	14,73	9,66

Fuente: Asada de Higuito de Desamparados.

5.2.4.3 Quebrada Q3

La toma de la quebrada Q3 es una estructura de concreto, con una rejilla de largo de 1,15 m y 0,38 m ancho con varillas de 1,2 cm de diámetro y un espaciado de 1,4 cm entre cada varilla (Ver Figura 5.9), la cual fue diseñada para un caudal de 4.53 l/s, concesionado por el MINAE. La canaleta de esta presa tiene una altura de 0.45m. De esta presa sale una tubería de SDR32 de 150 mm de diámetro por 22.47 m hacia un tanque PVC de un volumen de 6,0 m³, este tanque funciona como punto de reunión de las quebradas Q3 y Q4, que también cumple función de quiebra gradiente.



Figura 5.9. Captación de la quebrada Q3.



Figura 5.10. Tanque de reunión de las quebradas Q3 y Q4

5.2.4.4 Quebrada Q4

En cuanto a la captación de la Q4 se encuentra ubicada en la finca de la Asociación de Desarrollo Integral de Higuito de Desamparados, la presa está ubicada bajo una catarata que es la unión de varias nacientes, la estructura es de concreto con una rejilla que tiene 2,815 m de largo y 0,425 m de ancho, y formada por varilla de acero redonda de un diámetro de 1,5 cm y un espaciado entre varillas de 2,0 cm diseñada para un caudal máximo concesionado por el MINAE mediante el decreto 32529-S de 3.55 L/s(Ver Figura 5.11). El canal de captación que se encontraba bajo la rejilla, contaba con una inclinación de un $\Delta H = 0,02$ m que direccionaba el agua hacia un canal de entrada 60,5 m² y con un volumen de 0,132 m³.



Figura 5.11. Rejilla de la captación de la Q4

Los caudales reportados para ambas quebradas se encuentran registrados en el Cuadro 5.5, que es el histórico de aforos de los últimos 4 años, realizados en la época de verano donde la producción es menor. Estos son valores únicos que se toman el verano, de manera anual.

Cuadro 5.5. Valores de los aforos para las quebradas Q3 y Q4 en litros por segundo, en el verano de los últimos cuatro años.

Quebrada	2016 (l/s)	2017 (l/s)	2018 (l/s)	2019 (l/s)
Q3 y Q4	2,18	2,60	3,55	1,88

Fuente: Asada de Higuito de Desamparados.

5.2.5 Red de conducción

En cuanto a la Red de conducción toda la red de las diversas captaciones convergen en el desarenador principal y proviene de la finca de la Asociación de Desarrollo Integral de Desamparados de la captación Q3, es toda en PVC, el primer tramo es de 80 m en 6 pulgadas que viene de la caja de reunión de la toma hasta un tanque de reunión de PVC de un volumen de 4,00 m³, en cuanto a la tubería proveniente de la toma Q4, esta tiene un diámetro de 6 pulgadas y una longitud de 17,0 m hasta el mismo tanque de reunión. Este tanque tiene 4 salidas, una para el rebalse y tres que se dirigen al desarenador, estas salidas son en tubería de PVC de un diámetro de 6 pulgadas, posterior a unos 200m se ubica una válvula de aire del mismo diámetro con una salida en 4 pulgadas hasta llegar a un tanque quiebra gradiente de PVC de un volumen de 4,00 m³.

5.2.6 Desarenador

El Desarenador es una estructura construida en el año 1991, es una estructura construida en concreto con un volumen de 9,752 m³, diseñado para un caudal de 28L/s y con un diseño general como se muestra en la Figura 5.12



Figura 5.12. Vista superior del Desarenador principal de la ASADA de Higuito de Desamparados.

El desarenador posee entradas separadas para cada una de las quebradas, en tuberías de 150 mm y 100 mm respectivamente y con válvulas reguladoras que permiten cerrar la operación si necesario de manera individual sin afectar la continuidad del servicio. Se dispone de una cámara de entrada de 1,5 m de largo y una altura de 0,8 2 m, donde se reúne el agua proveniente de dos quebradas, y esta canaleta tiene una salida con un vertedero triangular (Ver Figura 5.14) con una placa metálica y un ángulo de 90° y el agua para por una canaleta de entrada de un ancho de 0,45 m y una altura 0,65 m, diseñado para realizar los aforos de agua.

Al final de la canaleta de entrada (Ver Figura 5.13), se tiene una placa metálica de 2,0 mm de espesor que funciona como canaleta de distribución de agua de 16 orificios de 50 mm de diámetro y 8 orificios de 8,0 mm a la entrada del primer tanque con dimensiones de 2,05 m de largo, 2,0 metros de ancho y 1,15 m de largo para un volumen de contención de 4,71 m³.



Figura 5.13. Canaleta de entrada del desarenador.



Figura 5.14. Vertedero triangular del desarenador principal

Luego pasa a otro tanque que está en serie con unas dimensiones de 2,19 m de largo, 2,00 m de alto y 1,15 m de ancho para un volumen de contención de 5,04 m³. Al final, el desarenador cuenta con vertedero posterior rectangular (ver Figura 5.15), que es una placa de hierro de espesor de 2,0 mm y una altura de 0,45 m, con cortes triangulares uniformemente distribuidos de un ancho de 0,15 m y las aberturas de una altura de 0,1174 m para un total de 12 cortes colocados en un ángulo de 90 grados, este vertedero permite la distribución uniforme del agua hacia la canaleta de salida de un ancho de 0,40 m, un largo de 2,00 m y una altura de 0,40 m. Esta canaleta tiene 3 salidas, una tubería de 1.05 mm de diámetro donde se conecta con el sistema de tratamiento del tanque de San Gerardo, y dos tuberías se conectan en paralelo con la planta de tratamiento. Además existe una tubería adicional que se conecta por medio de un bypass al tanque de almacenamiento cuando la planta se encuentre fuera de operación. Cada una de las tuberías cuenta con una válvula de compuerta.



Figura 5.15. Vertedero posterior del desarenador.

Para la limpieza, tiene un canal en el fondo donde se sedimentan los sólidos que tiene un desnivel del 0.08% donde se sedimentan los lodos, conectada a una tubería de 100 mm, que permite el lavado este canal que finaliza con dos cajas para los lodos con tuberías de desfogue de 100 mm, cada una con una válvula de compuerta del mismo diámetro.

5.2.7 Planta de Potabilización de Agua (PPA)

La Planta Potabilizadora de Agua (Figura 5.16) se encuentra compuesta de: un sistema de entrada donde se realiza la dosificación de sulfato de aluminio, floculador hidráulico de flujo horizontal, sedimentadores laminares de flujo ascendente y filtros rápidos de flujo descendente y tasa declinante, así como una canaleta de salida que conecta esto con el tanque de almacenamiento principal, donde se tiene una capacidad máxima de 27 l/s no obstante, actualmente se tiene un ingreso promedio de 19 l/s.



Figura 5.16. Planta de tratamiento de agua Potable de Higuito de Desamparados.

En cuanto al sistema de entrada el agua proviene del desarenador en dos tuberías de PVC SDR26 de 100 mm, e ingresa a la cámara de entrada que mide 0,75m de ancho y 2,00 m de altura, diseñada para un caudal máximo diario (Q_{CA}) de 27,55 L/s, con un tiempo de retención de 30 minutos. Cuenta con una válvula de entrada de 100 mm, que regula el ingreso a la planta, y cuatro válvulas de desfogue de 100 mm para lavado, posee un vertedero triangular con un ángulo de 45 grados en una placa metálica de 0,50 m de ancho

y 0,45 m de alto que permite la medición del caudal usando la siguiente fórmula: $Q \text{ l/s.} = 0,01388 \times H^{5/2}$, de ahí el agua pasa a través de un resalto hidráulico a una cámara de mezcla rápida (Figura 5.17) donde se dosifica el sulfato de aluminio y la coagulación se produce en ese punto producto de la energía suministrada del resalto y la mezcla rápida que esto produce.



Figura 5.17. Cámara de entrada a la PPA y dosificación de sulfato de aluminio(Ver Figura 5.17).

Seguidamente se sigue con el proceso de la floculación también llamado mezcla lenta esta estructura se encuentra a 1403,25 msnm, el ingreso a esta estructura se realiza por medio de una cámara rectangular con un ancho de 1,70 m y una altura de 1,10 m, esta estructura esta diseñada para un Q_{CA} de 27.55 L/s. A continuación, se presentan tres secciones de floculación con láminas de policarbonato a distintas distancias calculadas y gradientes específicos que posibilita el paso del agua haciendo hondas horizontales, se controla la velocidad del agua y la formación de floculó, mismos que serán separados en la etapa de sedimentación. (Figura 5.18). La “Sección 1” tiene un espaciado entre láminas de 0,20 m con una pendiente de 0,0168% y un tiempo de retención 6.44min, la “Sección 2” tiene un espaciado entre láminas de 0,25 m con una pendiente de 0,0083% y un tiempo de retención 10.20 min y la “Sección 3” con un espaciado de 0,32 m con una pendiente de 0,0038% y un tiempo de retención 16.80 min.

Cada una de las secciones tiene un ancho de 2,27 m, y 0,90 m de alto, la longitud de la “Sección 1” es de 70.98m, en la “Sección 2” es de 90.12m y la “Sección 3” es de

115.64m , separadas por paredes de concreto de 0,15 m, las cuales se encuentran ancladas a las láminas de policarbonato. Al final de cada sección , existe una válvula de desfogue para limpieza y eliminar sedimentos y lodos.



Figura 5.18. Floculadores de la PTAP de la ASADA de Higuito.

La floculación se conecta a través de una canaleta a los sedimentadores, que son dos unidades paralelas, a las cuales les ingresa el agua y distribuye de manera equitativa el agua, que se regula con una compuerta movediza para la admisión del agua a través de un orificio de paso para cada unidad. Cada sedimentador, posee las siguientes dimensiones: 2,44 m de ancho, 5,00 m de largo y 4,60 m de profundidad , y esta diseñado para un caudal de 14.00L/s cada uno (Ver Figura 5.19). Cada una de las unidades dispone de dos fosas secas de 0,70 m de ancho, una en la parte superior y otra en la parte inferior, además de láminas de policarbonato de 6 mm y 1.10 m de largo en un ángulo de 60 grados colocadas sobre soportes de madera. Cuenta con tuberías desmontables por medio de falanges para la recolección de agua sedimentada en PVC de 250 mm, con orificios que conducen el agua a la canaleta de recolección de agua sedimentada y reúne el agua de ambos sedimentadores a través de una tubería de PVC SDR26 de 150 mm tubería que lleva el agua sedimentada a los filtros. En el fondo de cada sedimentador hay una tolva de recolección de lodos para la limpieza regular de los sedimentadores con una salida en una tubería de PVC SDR26 de 150 mm de diámetro.



Figura 5.19. Sedimentador de la PTAP de la ASADA de Higuító.

La planta potabilizadora cuenta con cuatro filtros circulares como se muestran en la Figura 5.20 cada uno con un diámetro de 1,62 m y una altura de 3,00 m, diseñados para un caudal de 6.89 L/s cada uno de los filtros. En la parte superior tiene una canaleta distribuidora de agua que proviene de los sedimentadores, esta canaleta tiene perforaciones laterales para una distribución uniforme del agua en los filtros, esta agua proviene de la cámara de agua sedimentada en una tubería de PVC SDR26 de 150 mm de diámetro.

En la parte superior, cuenta con una tubería de rebalse de 100 mm de diámetro y en la parte inferior de la misma, una tubería de 100 mm para hacer retro lavado de los filtros. Cada uno de los filtros tiene un falso fondo perforado, en los que se coloca la grava como medio de soporte y del medio filtrante.

El medio de soporte está compuesto por grava de diversos diámetros tal como se muestra en el Cuadro 5.6, además se tiene un medio filtrante que se compone por arena con una capa de espesor de 0,25m, tamaño efectivo de 0,5mm de diámetro y coeficiente de uniformidad de 1,5 y peso específico de $1,65\text{g/m}^3$, además una capa de antracita con un espesor entre 0,4m y 0,5m. Esta antracita es un producto de carbón activado de color de negro con una densidad de 50 lb/cm^3 , con una solubilidad en ácido menor al 1% y un dureza de entre 3,0 y 3,8 según la escala de Mohs, el diámetro efectivo es entre 0.6mm-0.8mm.



Figura 5.20. Filtros de la PTAP de la ASADA de Higuito.

Cuadro 5.6. Composición del medio de soporte de los filtros de la planta potabilizadora de la ASADA de Higuito.

Diámetro de la grava	Altura (m)
1"	0,05
¾"	0,05
½"	0,05
¼"	0,05
3mm	0,10

Fuente: Asada de Higuito de Desamparados.

5.2.8 Tanques de almacenamiento

5.2.8.1 *Tanque principal*

Este es un tanque de concreto semi enterrado de concreto (Figura 5.21) de un volumen total de 400 m³, y está dividida en cuatro cámaras con dimensiones de 7,50 m de largo, 5,00 m de ancho y 3,00 m de alto cada una.



Figura 5.21. Tanque de almacenamiento principal de la ASADA de Higuito.

Posee dos entradas de agua provenientes de la canaleta de salidas de los filtros de la PPA, en tubería de PVC de 100 mm de diámetro, cada una con una válvula de compuerta de 100 mm. Estas tuberías están interconectadas con el sistema de cloración.

Se dispone de una caseta, dónde es realizado el proceso de producción y dosificación de cloro, además de un equipo productor de Hipoclorito de Sodio de 121 bp con un temporizador programable de 24 horas para una producción de 900 L, proceso realizado por hidrólisis de cloruro de sodio (NaCl) en un equipo marca EasyClor (Figura 5.22.). La dosificación, es por goteo con una bomba dosificadora de cloro Marca CHEMFEED de 119 galones por día, 125PSI, y modelo C-17000N; la dosificación en el tanque se calcula según el caudal de entrada, con un promedio de 280 ml/s, generando un residual de 0,5ppm.



Figura 5.22. Equipo de cloración EasyClor ubicado en el tanque principal de la ASADA de Higuito.

Este tanque cuenta con dos salidas en diámetros de 100 mm, 150 mm y todas en PVC que se dirigen a los distintos ramales, cada una de estas salidas cuenta con una válvula de compuerta en su respectivo diámetro. Además de esta salida, se tiene dos tuberías de 100 mm que se conecta directamente al tanque que funciona como bypass en caso de emergencia.

5.2.8.2 *Tanque de San Gerardo*

Este es un tanque de San Gerardo que se muestra en la Figura 5.23 a nivel de concreto con un volumen de 16 m³, y de dimensiones de 2,04 m de ancho, 5,05 m de largo y 1,60 m de altura. Se divide en dos cámaras que funcionan en serie, donde una tiene las dimensiones de 2,45 m de largo, 2,04 m de ancho y 1,60 m de alto y la otra 2,60 m de largo, 2,04 m de ancho y 1,60 m de alto. Este tanque se encuentra construido sobre una cama de grava de distintos diámetros ya que se ubica en una zona cenagosa.



Figura 5.23. Tanque de almacenamiento de San Gerardo.

El tanque cuenta con una entrada de agua proveniente del desarenador, en una tubería de 1.5 mm de diámetro, la cual ingresa a los filtros de agua portátiles (Ver Figura 5.2) con dimensiones 1.08 mx 1.08 mx1.83 m y un peso de 14,52 kg cada uno, Estos filtros se encuentran suspendidos por cuerdas en una estructura de metal y concreto construida por la ASADA para dar soporte, estos son filtros descendentes de arena y carbón, por lo tanto, el flujo ingresa por la parte superior, un metro por arriba del nivel de fuente de agua. En la salida del tanque, procede la cloración por goteo con equipo marca AquaClor.

5.2.9 BALANCE HIDRICO

Para conocer la situación hídrica de la ASADA se realizó un balance hídrico, que es un análisis que permite conocer la disponibilidad del recurso hídrico en relación a la oferta y demanda actual de la ASADA. En este caso, para calcular la demanda se utilizan los datos de los aforos de todas las fuentes desde el año 2016 hasta el 2019, tomando en cuenta que solo se realiza una medición en verano en la época de mayor estrés hídrico. En el caso de la demanda utiliza los datos de dotación y micro medición. (Mora, et al., 2018)

Para el cálculo de la demanda, se toma en cuenta los datos de consumo de los usuarios desde el mes de febrero hasta noviembre del año 2019 tal como se muestra en Cuadro 5.7, además de una proyección de crecimiento demográfico del 1,16% según datos del INEC (INEC, 2016). A partir de esta información, y considerando una ocupación media de 4 personas por unidad habitacional, entonces se determina una dotación promedio de 204 Litros/ persona día, para la ASADA de Higuito de Desamparados.

Cuadro 5.7. Demanda de agua mensual de la ASADA de Higuito, usuarios y consumo promedio.

Mes	Consumo mensual (m³)	Abonados activos	Dotación mensual (L/p/d)
Febrero	24,728.00	1216	176.00
Marzo	21,528.00	1217	154.00
Abril	28,650.00	1220	204.00
Mayo	27,056.00	1220	192.00
Junio	27,527.00	1221	196.00
Julio	26,705.00	1222	190.00
Agosto	27,149.00	1222	193.00
Setiembre	24,694.00	1224	175.00
Octubre	24,466.00	1225	173.00
Noviembre	23,954.00	1227	169.00

A partir de la información de consumo mensual y la demanda diaria que se muestra en el Cuadro 5.7, se construye el balance hídrico para la situación del año 2019 y se realiza la proyección para los próximos 5 años, tal como se muestra en el Cuadro 5.8. donde se estima un 30% de perdidas por agua no contabilizada (ANC) , por lo anterior para el análisis del balance Hídrico se toma una demanda bruta de 17.54 L/s, además se considera un factor máximo diario 1.2 y un factor máximo horario de 1.8 y es aquí donde se evidencia que las fuentes y su producción actual son insuficientes para el consumo de la población, por lo que se debe realizar la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento ya que de lo contrario no se puede garantizar la continuidad del servicio que permita atender el crecimiento de la población, en Figura 5.24. se muestra donde la producción es insuficiente para el crecimiento poblacional

Cuadro 5.8. Balance hídrico de la ASADA de Higuito de Desamparados según las condiciones actuales del año 2019 al 2023.

Año	Servicios	Demanda (L/s)	Producción (L/s)	Balance Hídrico (L/s)
2019	1253	17.14	17.50	0.36
2020	1268	17.34	17.50	0.16
2021	1283	17.54	17.50	-0.04
2022	1298	17.74	17.50	-0.24
2023	1313	17.95	17.50	-0.45

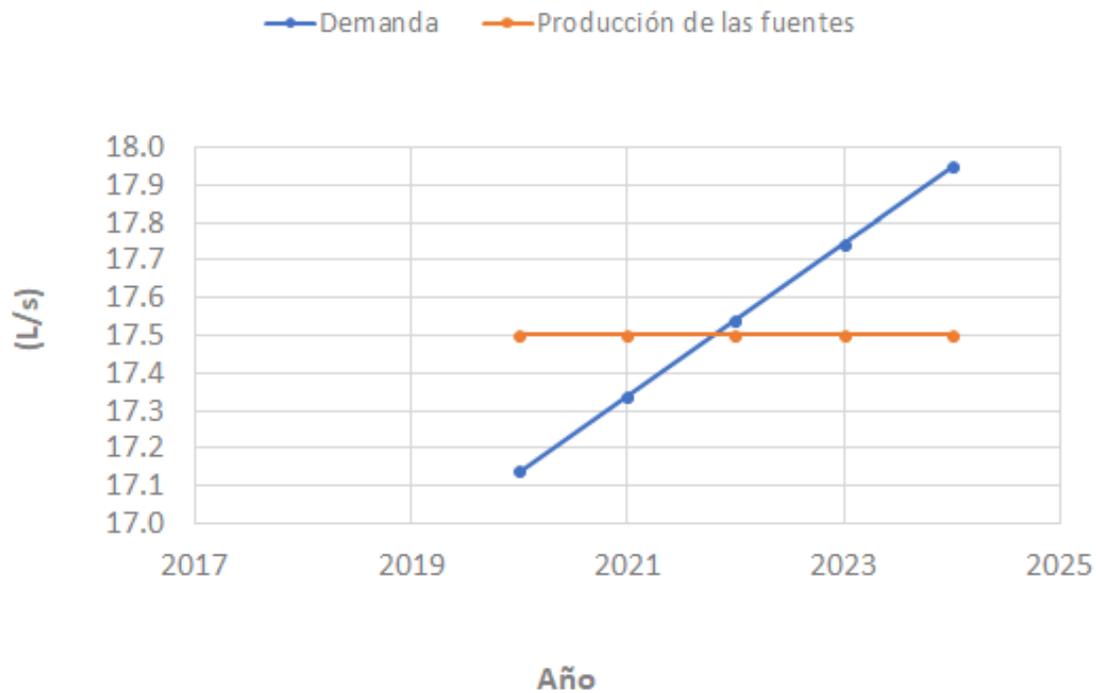


Figura 5.24. Tendencia en el tiempo de demanda y producción de las fuentes de la ASADA de Higuito del año 2019 al 2023.

5.2.10 USOS

La ASADA brinda servicios a 1221 abonados, sin embargo, abastece un total de 1251 servicios equivalentes, ya que se incluyen escuelas y colegios de la comunidad. (Ver Cuadro 5.9 de servicios equivalentes).

El uso del agua abastecida por la ASADA de Higuito, es principalmente para consumo humano y uso domiciliar siendo este el 93.92% de los casos, de modo que, los parámetros de potabilidad son de suma importancia con el objetivo de promover estados óptimos de salud; esto debido a que, en su mayoría es utilizada para consumo general, higiene personal y uso intradomiciliar. El abastecimiento de agua desde la ASADA de Higuito no contempla usos especiales industriales

Cuadro 5.9. Tabla de servicios equivalentes de la ASADA de Higuito.

Cantidad de servicios	Tipo de actividad	Cantidad total	Unidad de cálculo	de Servicios equivalentes
0	Hoteles, moteles	0	habitaciones	-
2	Escuelas, colegios o centros de educación y capacitación	800	estudiantes	32
2	Bodegas, industrias o centros de acopio, almacenamiento y distribución ¹	600	m ²	2
6	Restaurantes, sodas, bares y similares ¹	400	m ²	4
8	Locales comerciales, centros comerciales, oficinas administrativas y bancarias (industrial o general) ¹	600	m ²	3
0	Parcela miento agrícola con frente a calle pública	0	m ²	-
0	Parcela miento agrícola con frente a servidumbre	0	m ²	-
0	Centros de recreación, turísticos o club campestre	0	m ²	-

Fuente: Herramienta Calculadora Hídrica -ASADA

¹ : Incluyendo parques y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas

5.3 DETERMINACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

Los peligros son definidos como agentes físicos, químicos, biológicos o radiológicos que pueden dañar la salud pública. Por otro lado, los eventos peligrosos se definen como eventos puntuales que introducen peligros en el sistema de abastecimiento. Es por esto que es importante determinar en cada punto del sistema los puntos vulnerables del mismo. (Bartram J C. L., 2009)

El conocimiento integral del sistema y las determinaciones de estos riesgos se realizan por medio de visitas de campo, inspecciones visuales de los aspectos de las diferentes zonas del sistema, investigaciones teóricas, entrevistas con miembros de la Junta Directiva y funcionarios de la ASADA. Estas determinaciones de peligros, conlleva la evaluación de acontecimientos y antecedentes, así como los aspectos particulares del sistema a lo largo del tiempo bajo las diferentes variables que lo puedan afectar.

En este proceso de identificación, se reconocen factores de influencia, probabilidades de ocurrencia, severidad, gravedad, entre otras.

Se convierte en un riesgo latente la posibilidad de pasar desapercibidos peligros y eventos peligrosos nuevos, por lo tanto, es relevante el proceso de evaluación del sistema. Estas evaluaciones son puntuales y reflejan un momento específico y es recomendado reevaluaciones periódicas para poder incorporar nuevos riesgos de ser pertinente.

5.3.1 Peligros del sistema de la ASADA de Higuito

De manera preliminar se construyen una serie instrumentos donde se evalúan los peligros que frecuentemente afectan las diversas etapas del sistema, tales como: las captaciones, el tratamiento, la red de distribución y los lugares de consumo, que permiten tener un panorama general de los riesgos que tiene el sistema.

Es por medio de análisis histórico de comportamiento del acueducto, notas y revisiones bibliográficas se desarrollan los

Cuadro 5.10, Cuadro 5.11, Cuadro 5.12 y Cuadro 5.13, este análisis sirve de guía para poder determinar posteriormente en giras de campo y visitas los aspectos señalados.

Cuadro 5.10. Peligros típicos asociados en las cuencas y de captaciones de la ASADA de Higuito

Evento Peligroso (Fuente de peligro)	Peligros asociados (Cuestiones a considerar)
Fenómenos meteorológicos	Inundaciones, cambios rápidos en la calidad del agua de la fuente.
Variaciones estacionales	Cambio de calidad del agua, cambio en la cantidad de agua
Geología	Arsénico, Flúor, Plomo, Uranio, Radón, Azufre, Aluminio.
Agricultura	Contaminación microbiológica, plaguicidas, estiércol, desecho de cadáveres de animales.
Explotación forestal	Plaguicidas, Hidrocarburos poli aromáticos (HPA)
Industria	Contaminación Químicas, pérdida de agua por contaminación
Transporte: Carreteras	Plaguicidas, sustancias químicas.
Desarrollo urbanístico	Escorrentía.
Viviendas	Contaminación microbiológica.
Mataderos	Contaminación orgánica y microbiológica
Faunas	Contaminación microbiológica.
Uso Recreativo	Contaminación microbiológica.
Demanda de agua para otros usos	Cantidad insuficiente
Almacenamiento de agua cruda	Toxinas, algas y estratificación
Inundaciones	Cantidad y calidad del agua cruda.
Deslizamientos	Obstrucción total o parcial de captaciones, daño en tuberías.

Fuente: (Bartram J C. L., 2009)

Cuadro 5.11. Peligros típicos asociados al tratamiento de la ASADA de Higuito

Evento Peligroso (Fuente de peligro)	Peligros asociados (Cuestiones a considerar)
Cualquier peligro no controlado o atenuado en la cuenca de captación	Daños o alteraciones en la tubería de conducción.
Suministro eléctrico	Interrupción en el tratamiento y desinfección.
Capacidad de las instalaciones	Sobrecarga del tratamiento.
Desinfección	Fiabilidad, Subproductos de la desinfección
Mecanismo de derivación	Tratamiento inadecuado
Averías en el tratamiento	Agua no tratada
Sustancias químicas asociada	Contaminación del sistema de abastecimiento y contaminación
Obstrucción de filtros	Eliminación insuficiente de partículas
Medio filtrante	Eliminación insuficiente de partículas
Seguridad deficiente	Contaminación, suspensión de suministro
Fallo de instrumentación	Pérdida de control
Inundación	Inutilización total o parcial de las instalaciones.

Fuente: (Bartram J C. L., 2009)

Cuadro 5.12. Peligros típicos asociados a la distribución de la ASADA de Higuito

Evento Peligroso (Fuente de peligro)	Peligros asociados (Cuestiones a considerar)
Ruptura de las tuberías	Entrada de contaminación
Fluctuaciones en la presión	Entrada
Intermitencia del suministro	Entrada de contaminación, acumulación de aire y sedimentos.
Apertura y cierre de válvulas	Perturbación de depósitos por la inversión o modificación del flujo introducción de agua vaciada.
Uso de materiales no aprobados.	Contaminación de agua
Acceso de terceros a las tomas	Contaminación por contraflujo, Perturbación de depósitos por aumento de flujo
Conexiones no autorizadas Seguridad o vandalismo	Contaminación por contraflujo Contaminación

Fuente: (Bartram J C. L., 2009)

Cuadro 5.13. Peligros típicos asociados a los lugares de consumo de la ASADA de Higuito

Evento Peligroso (Fuente de peligro)	Peligros asociados (Cuestiones a considerar)
Conexiones no autorizadas	Entrada de contaminación
Tuberías de plomo	Entrada
Tubería de servicio plástico	Entrada de contaminación, acumulación de aire y sedimentos.
Conexiones intradomiciliar.	Perturbación de depósitos por la inversión o modificación del flujo introducción de agua vaciada.

Fuente: (Bartram J C. L., 2009)

En esta etapa se desarrolla en cuatro sesiones de trabajo con el equipo de PSA para la construcción de las herramientas de evaluación y análisis de riesgos. En estas reuniones y sesiones de trabajo se guían por el esquema que se muestra en la Figura 5.25.

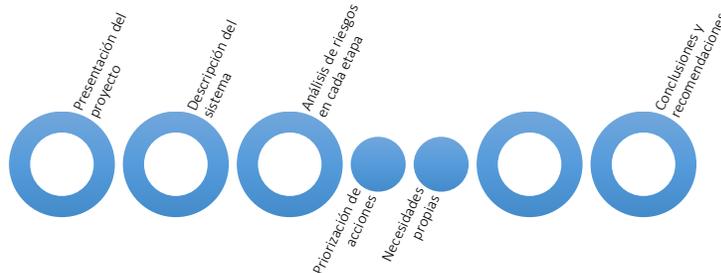


Figura 5.25. Esquema de sesiones de trabajo para definición de riesgos.

Resultado de las sesiones de trabajo previas se construye una matriz con los peligros señalados, donde se agrupan los principales peligros tal como se muestra en el Apéndice 3 además se señalan si estos se encuentran controlados o no.

5.3.2 Evaluación de riesgo y metodología SERSA

Para la evaluación de riesgos se aplican métodos cuantitativos, cualitativos y semi-cuantitativos para cada uno de los componentes del sistema, además para la calidad del agua. Para esto se utilizarán los criterios que se muestran en el

Cuadro 5.15 y

Cuadro 4.1 y estos se le facilitaron a los miembros del equipo para que de manera conjunta se determinan los valores de riesgos asignados, lo que permite asignar valores a cada uno de los riesgos.

El equipo de PSA, además cuenta con una herramienta evaluación desarrollada por el Ministerio de Salud denominada “Sistema Estandarizado de Regulación en Salud (SERSA), donde se evalúan todos los componentes del sistema tal como se muestra en el Apéndice 5, y de ahí se realiza una valoración del nivel de riesgo según se muestra en el Cuadro 3.3 y a partir de esto se tiene una premisa sobre los riesgos e implicaciones en cada componente del sistema tal como se muestra en el cuadro Cuadro 5.14

Cuadro 5.14. Resultados de la valoración, según los criterios SERSA.

Componente	Valor sersa	Clasificación de riesgo
------------	-------------	-------------------------

Q3	5	Alto
Q4	5	Alto
Mena	4	Intermedio
Tablazo	4	Intermedio
Tanque Principal	1	Bajo
Tanque San Gerardo	1	Bajo
Red de conducción y distribución	2	Bajo

5.3.3 Evaluación de la calidad del agua

Siendo la calidad del agua un pilar fundamental para la seguridad del agua y salud pública, como parte de la construcción del PSA se realiza una revisión de los análisis de laboratorio que se le realizan de manera trimestral al acueducto por parte del Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) del AyA. La ASADA tiene registros de resultados de laboratorio desde el año 2013, a pesar que la gran mayoría los análisis se encuentran dentro de los rangos legales, el equipo de PSA procede a realizar una evaluación basada en el "Índice de Riesgos de la Calidad del Agua para el Consumo Humano de Costa Rica (IRCACH) (Mora, y otros, 2018), cuyo objetivo es analizar el grado de riesgo que supone para la población el incumplimiento de ciertos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se encuentran establecidos en el Decreto Ejecutivo 41499-S Reglamento para la Calidad de Agua Potable (Ministerio de Salud, 2019), además de eso se toman cuenta aspectos operativos, estéticos, indicadores de contaminación y otros relacionados con la salud pública y permiten de manera cuantitativo determinar el nivel de riesgo según la metodología IRCACH que puede ser riesgo muy bajo, bajo, intermedio, alto y muy alto, tal como se muestra en el Cuadro 5.15.

Para esta evaluación IRCACH el equipo del PSA decide tomar en cuenta los resultados del año 2018 (Ver Anexo 1: Análisis de laboratorio de la ASADA 2018) y los resultados que se tienen hasta julio del 2019, Para la aplicación de esta valoración de riesgos se requiere una evaluación de la red de distribución y los reportes puntuales, lo que aplica para este caso donde se analicen los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Se hace una recopilación de los análisis de laboratorio realizados durante el 2017, 2018 y 2019, pero para efectos de la evaluación IRCACH se utilizan los realizados en el 2018 ya que son los que abarcan más parámetros.

Cuadro 5.15. Criterios de evaluación de riesgos de IRACH

Clasificación IRCACH	Nivel de riesgo	Código de color	Calidad del agua	Acciones y recomendaciones
$x \leq 5$	Riesgo muy bajo (RMB)	Azul	Apta para ingesta	Continuar suministro de manera normal, continuar control o vigilancia de la calidad del agua.
$5 < x \leq 10$	Riesgo bajo (RB)	Verde	Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad	Continuar suministro, implementar o mejorar control de la calidad del agua.
$10 < x \leq 20$	Riesgo intermedio (RI)	Amarillo	No apta para ingesta, rechazo por parte de los consumidores debido a las características organolépticas.	Seguir Protocolo de Atención a Problemas de Calidad de Agua por Contaminación Química.
$20 < x \leq 30$	Riesgo alto (RA)	Naranja	No apta para ingesta	Seguir Protocolo de Atención a Problemas de Calidad de Agua por Contaminación Química y/o el Procedimiento de Inspecciones Ordinarias.
$x > 30$	Riesgo muy alto (RMA)	Rojo	No apta para ingesta	Seguir Protocolo de Atención a Problemas de Calidad de Agua por Contaminación Química, Procedimiento de Inspecciones Ordinarias, Procedimiento de Inspección para Emergencias de Brotes y/o el Procedimiento de Inspección para emergencias Químicas.

Fuente: (Mora et al, 2018)

Basados en el análisis de agua realizada en marzo del año 2018, y realizando una evaluación según los criterios IRACH como se muestra en el Apéndice 4, se tiene una calificación menor a 5 por lo que el agua se encuentra considerada como de un riesgo muy bajo (RMB) y el agua se considera apta para el consumo.

5.3.4 Evaluación del sistema

Para evaluar el sistema y a partir de los riesgos identificados en las sesiones de trabajo con los miembros de la comisión del PSA, se toma como referencia un método semi cuantitativo basada en una matriz de riesgos (Deerre D, 2001) que se encuentra en el Manual para el desarrollo de planes de seguridad del Agua (Bartram J C. L., 2009) como se

muestra en el APÉNDICE 6. VALORACIÓN DE RIESGOS PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA ASADA DE HIGUITO.

Con la valoración multidimensional realizada por el equipo de PSA, se determina cuáles son los principales riesgos del sistema de abastecimiento de la ASADA, y en Cuadro 5.16 se muestran de manera sintetizada los riesgos para cada componente del sistema a partir de la asignación de valores numéricos a los valores cuantitativas y calitativas de riesgos permiten asignar el valor del riesgo global para componente del sistema del acueducto.

Cuadro 5.16. Síntesis de la clasificación de riesgo para cada uno de los componentes del sistema de la ASADA de Higuito.

Componente del sistema	Clasificación del riesgo			
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Nacientes y Captaciones	5	2	2	2
Red de conducción y distribución	2	1	3	2
Tratamiento	2	1	3	2
Almacenamiento	3	2	0	0
Total	12	6	8	6

La evaluación de los diferentes componentes del sistema por los miembros del equipo de PSA a través de una matriz semicuantitativa con los criterios planteados en el Cuadro 4.1, permitió de una manera objetiva homologar los criterios sobre los riesgos y peligros de los diferentes componentes del sistema, y permitir priorizar las acciones según las necesidades del equipo de PSA. Como resultado de esto, se pudieron diseñar medidas de control, herramientas de validación, puntos críticos y la determinación y clasificación de los riesgos que no son controlados.

Partiendo del conocimiento que las medidas de control es cualquier acción y/o actividad que pueda utilizarse para atenuar un riesgo o peligro, se realiza en primero instancia la identificación de las medidas de control que se tienen actualmente y la documentación de las mismas, así como las que faltan por desarrollar para poder atenuar los riesgos para cada uno de los componentes del sistema como se muestra en el Apéndice 8 De manera paralela con la construcción de las medidas de control, se desarrolla y la estimación de los límites críticos del sistema ante el riesgo y las acciones que se desencadenan ante estos escenarios que se encuentran descritos en el Apéndice 7. Estos límites críticos se

documentan a partir de sesiones de trabajo y entrevistas con personal, miembros de Junta Directiva y validados por el equipo de PSA, donde se plantean los escenarios críticos que deben ser controlados y cuales acciones se desarrollan ante estos eventos puntuales basados en experiencias anteriores o acciones operativas actuales. Al igual que todos los productos de este proyecto estos límites críticos deben ser reevaluados de manera anual o cuando se dé un evento que cambien las condiciones del sistema y/u operación.

Estos datos recolectados y procesados se convierten en el principal insumo para poder desarrollar las propuestas de nuevas medidas de control, que se construyen en sesiones de trabajo con el equipo de PSA, de manera preliminar se realiza una reevaluación de la situación actual del sistema con las medidas de control actual y se desarrolla una nueva propuesta de medidas de control que incluye la evaluación de la eficiencia de las mismas y las actividades control que llevan.

Estas medidas de control diseñadas que se encuentran el Apéndice 8, requieren ser validadas por lo tanto se debe asegurar la eficacia de estas medidas, muchas de estas medidas van a requerir un programa de monitoreo intensivo por lo que en el marco de este proyecto no va a poder verificar la eficacia., así que como uno de los primeros pasos de la verificación de las medidas, se realiza una determinación del método de validación y el marco teórico y legal que lo sustentan tal como se muestra en el Cuadro 5.17.

Cuadro 5.17. Lineamientos legales y técnicos para la validación de medidas de control.

Elemento validado	Validación	Referencia
Las características físico químicas, microbiológicas y organolépticas.	Para poder certificar la potabilidad de agua se basa en los lineamientos descritos en la legislación nacional e internacional. A través de análisis de laboratorio trimestrales se realiza la confirmación de estos valores que además se evalúan a través del "Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo Humano en Costa Rica (IRCACH)" que permite determinar la potabilidad del agua.	Mora, D., Orozco, J., Rivera, P., Solís, Y., Zúñiga, L., Cambroner, D., y otros. (2018). índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo Humano en Costa Rica (IRCACH). Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Laboratorio Nacional de Aguas. San José: AyA.
		Ministerio de Salud. (3 de Mayo de 2005). Reglamento para la calidad de Agua Potable. San José, San José, Costa Rica.
Umbral crítico de disponibilidad de agua.	Los sistemas de abastecimiento de agua potable deben garantizar una dotación mínima para poblaciones rurales de 200 L/p/d.	AyA. (21 de Junio de 2017). Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial. San José, Costa Rica: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Umbral crítico del estado de la infraestructura del sistema	Se realizan inspecciones y mediciones basadas en el Código de Instalaciones Hidráulicas de Costa Rica.	CFIA. (2017). Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones. San José: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. AyA. (21 de Junio de 2017). Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial. San José, Costa Rica: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
Umbral crítico de las zonas de recarga y cuencas	Se debe garantizar el margen mínimo legal 50m de diámetro de protección de las nacientes.	Asamblea Legislativa de Costa Rica. (1995). N° 7554: Ley Orgánica del Ambiente. Versión 9. Asamblea Legislativa de Costa Rica. (1996). Ley Forestal No. 7575. San José, Costa Rica: Editorial Investigaciones Jurídicas, S.A. Asamblea Legislativa de Costa Rica. (1998). Ley de Biodiversidad de Costa Rica (Ley No. 7788). San José, Costa Rica: Editorial Investigaciones Jurídicas, S.A. Asamblea Legislativa de Costa Rica. Ley de aguas (Ley No. 276). San José, Costa Rica: Editorial Investigaciones Jurídicas, S.A.

5.4 PLAN DE MEJORA O MODERNIZACIÓN

Con las medidas de control y las herramientas para la validación se trabaja en determinar los diversos mecanismos para poder verificar la eficacia de las mismas, se procede a diseñar un plan de mejora o modernización donde se definan plazos, responsables y costos estimados de inversión tomando en cuenta la operación actual de la ASADA. Lo que se pretende con este plan de mejora es poder manejar de forma sostenible los riesgos y las medidas de control.

Para esto se cuenta con una herramienta adicional que se llama el “Plan de Eficiencia y Mejora (PEM)” desarrollada por el ICAA para la evaluación simplificada de manera integral de las ASADAs esta herramienta permita la evaluación integralmente la ASADA y reconocer los puntos en los que requiere mejorar. Esta herramienta permite la categorización de la ASADA según la prestación del servicio basada en una serie de preguntas sobre la gestión administrativa y financiera, Comercial, Comunal, del Recurso Hídrico, de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento. (AyA, GEF PNUD, 2018), Estas categorías permiten ubicar el servicio prestado por la ASADA como: (A) Consolidado, (B) en Desarrollo, (C) En desarrollo Bajo y (D) Débil.

El equipo de PSA, utiliza esta herramienta para realizar una evaluación general sobre los componentes del sistema y esta valorización se encuentra en el Apéndice 9., y a partir de

esto se tiene una categorización de ASADA tipo D, además la herramienta genera una serie de alternativas que se deben incorporar en la gestión de la ASADA que permitiría una re categorización a clase A, estas medidas propuestas se encuentran el Apéndice 10.

Se aplica el enfoque de barreras múltiples para así de manera consecuente poder prevenir y reducir la contaminación del agua de consumo. Este enfoque se basa el aseguramiento de la calidad del agua por lo que tiene 4 pilares: (1) Protección de las fuentes de captación, (2) Tratamiento para potabilización, (3) Integridad del sistema de distribución y conducción y (4) Información y orientación al consumidor. Bajo este enfoque se tienen acciones que se realizan como las que se muestran en el Cuadro 5.18.

Cuadro 5.18. Determinación de acciones según el planteamiento de barrera múltiple para la protección de agua potable.

Barreras	Acciones
Protección de fuentes y captaciones	<p>Uso de agua de fuentes seguras y captaciones protegidas de contaminación por agentes externos.</p> <p>Infraestructura de captación en adecuadas condiciones y con buen mantenimiento.</p> <p>Limpieza y mantenimiento de las captaciones.</p>
Potabilización de Agua	<p>Planta Convencional: Rejas, desarenador, coagulación, floculación, sedimentación, filtración, desinfección. Planta de Filtración Múltiples Etapas – FiME.</p>
Integridad del sistema de conducción y distribución	<p>Medidas de determinación y detención de contaminantes en el tanque de almacenamiento.</p> <p>Control del cloro residual en los diferentes puntos de la Red.</p> <p>Sistema de monitoreo de fugas</p> <p>Purga de tuberías luego de las suspensiones del servicio.</p>
Información y orientación al consumidor	<p>Información en tiempo de real de suspensión y restablecimiento del sistema</p> <p>Control de quejas y reporte de averías y seguimiento de quejas</p> <p>Información sobre eventos y situaciones a través de redes sociales.</p> <p>Asambleas anuales de rendición de cuentas a los afiliados.</p>

Estas acciones planteadas, deben ser reguladas bajo la legislación nacional sobre el marco de seguridad del agua, calidad, salud, protección de cuencas y prestación del servicio.

5.4.1 Desarrollo de Plan de mejora

En tanto no es posible abordar de manera simultánea los aspectos colocados en el Plan de Mejora, este requiere de priorizar las inversiones según la clasificación dada por el equipo

de PSA, si bien algunas de las actividades del plan de mejora diseñado no requieren una inversión adicional ya que se pueden incluirse en la operación de la ASADA pero conlleva una planificación la forma de incorporarlas en la operación diaria, para que sea exitosa y perdure en el tiempo. Estas medidas ya fueron priorizadas con anterioridad y esta clasificación es la que se utiliza para poder planificar de manera oportuna la incorporación. Es por eso que se clasificaron los riesgos para cada uno de los componentes del sistema como se muestra en Figura 5.26, Figura 5.27, Figura 5.28 y Figura 5.29.

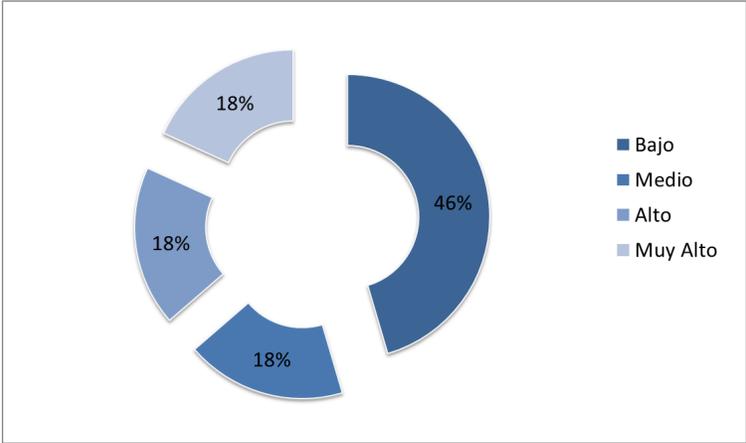


Figura 5.26. Clasificación de los riesgos de la naciente y captaciones según las evaluaciones del equipo de PSA.

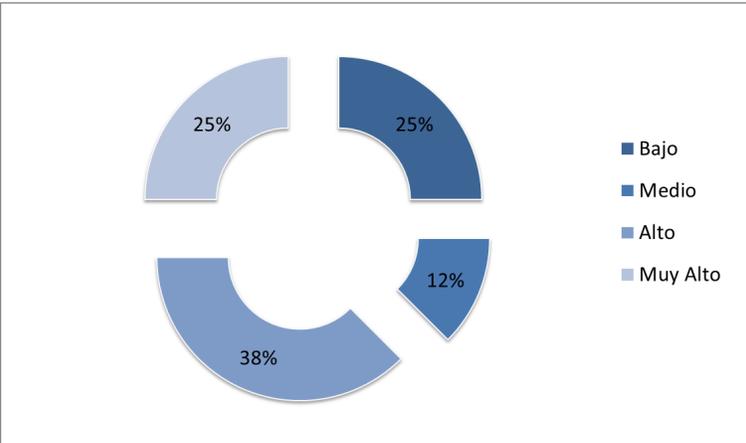


Figura 5.27. Clasificación de los riesgos de la red de conducción y distribución según las evaluaciones del equipo de PSA.

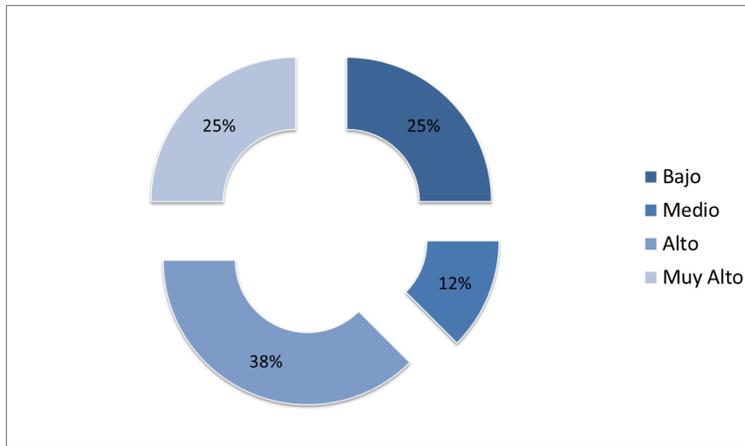


Figura 5.28. Clasificación de los riesgos del tratamiento según las evaluaciones del equipo de PSA.

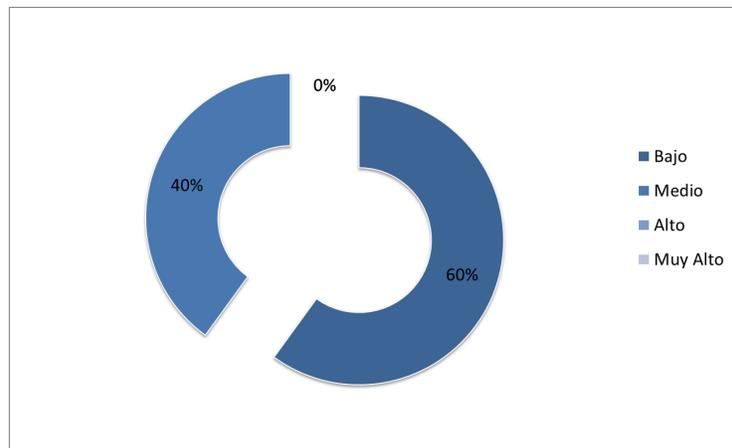


Figura 5.29. Clasificación de los riesgos del almacenamiento según las evaluaciones del equipo de PSA

Este plan incluye medidas a corto, mediano y largo plazo, las cuales pueden representar inversiones importantes, en consecuencia, se realiza un análisis pormenorizado de los riesgos y clasificación de los mismos la priorización y selección de las medidas clasificadas. Apéndice 12.

5.5 ANÁLISIS FINANCIERO E INVERSIONES.

Una vez construidas las medidas de control y de monitoreo operativo, se puede observar cuales son las principales inversiones que se deben tener en cuanto a los diferentes componentes del sistema y así de esta manera analizar la capacidad de inversión de la ASADA. Los costos que se estiman para la implementación de las medidas deben ser analizados por la Junta Directiva y ser sometidos a procesos de contratación administrativa a los cuales están sujetas las ASADAs.

A partir de la construcción de las medidas de plan de mejora, se puede determinar que las acciones van dirigidas en cinco ejes principales que se muestran en el Cuadro 5.19

Cuadro 5.19. Descripción del tipo de acciones del plan de mejora.

Medida	Descripción
Socio- Educativas	Son acciones dirigidas tanto al personal técnico y administrativo, como Junta Directiva y usuarios del sistema con el fin capacitar de manera técnica, financiera, ambiental entre otros.
Hídricas	Estas medidas son referentes a las soluciones en cuanto a cantidad y calidad del agua.
Técnicas	Son medidas referentes a las acciones técnicas del sistema como lo son tuberías, válvulas, equipos, o infraestructura de cada comonente.
Telemétricas	Estas medidas son de control en tiempo real de los niveles del tanque, así como de parámetros de calidad de agua y de manera remota lo que permite así tomar decisiones de manera oportuna.

5.5.1 Gestiones socio-educativas

Un aspecto fundamental para el comité de PSA son los programas de extensión a la comunidad y socio educativas tanto para la comunidad como al personal de la ASADA y directivos, y con base en esto se realiza una consulta al contador y administrador de la ASADA para poder estimar los costos máximos de inversión y así se realiza un esquema de gastos e inversiones a realizar bajo estos rubros.

El comité del PSA realiza una primera identificación de las actividades que considera prioridad o de mayor impacto para la operación del sistema o para la comunidad, además

realiza una estimación de los costos de los materiales y recursos necesarios tal como se muestra en el Cuadro 5.20

Esto es una guía para la implementación de estos programas socioeducativos y de extensión, a la hora de implementarse deberán considerarse cualquier otro costo adicional que deba incluirse, así como tener alguna otra actividad que se considera pertinente por parte del equipo de PSA. Estas actividades deben ser aprobadas por la Junta Directiva, y así también contar con el apoyo financiero.

Cuadro 5.20. Estimación de costos de las actividades socio Educativas de la ASADA

Tipo de actividad	Recursos requeridos	Costo recursos	Fuente de financiamiento	A quien va dirigida	Periodicidad anual	Actividades asociadas	Costos asociados	Costo Totales
Reforestación	Árboles Palas Palanes Estacas Abono Transporte Refrigerio	€ 75,000	ASADA	Estudiantes de las escuelas de la comunidad de Higuito	3	Mantenimiento de los árboles	€ 25,000	€ 300,000
Día del agua	Refrigerio Recursos audiovisuales	€ 75,000	ASADA	Comunidad	1	Coordinar con las escuelas o entidades comunales	NA	€ 75,000
Feria del agua	Refrigerio Recursos audiovisuales	€ 75,000	ASADA	Comunidad	1	Coordinar con otros actores comunales	NA	€ 75,000
Campañas de limpieza de ríos	Guantes Bolsas Refrigerio Seguro Transporte	€ 95,000	ASADA	Comunidad	2	Coordinar con la Municipalidad para la recolección de los residuos.	NA	€ 190,000
Programas de capacitación	Capacitación fontanero Capacitación administrativa Gestión del agua	€ 200,000	ASADA	Personal de la ASADA	3	NA	NA	€ 600,000
Giras educativas al sistema	Refrigerio Transporte	€ 35,000	ASADA	Comunidad	4	NA	NA	€ 140,000

5.5.2 Gestiones del recurso hídrico

En cuanto a la gestión del recurso hídrico, esto es considerado por la ASADA como prioridad, es por esto que se han identificado tres acciones principales que se deben gestionar que son: (1) Un estudio Técnico, (2) Perforación de un pozo y (3) Construcción de un tanque de almacenamiento, esto para poder asegurar la continuidad del servicio en diferentes escenarios. El equipo de PSA, construye el Cuadro 5.21 donde se realizaron las cotizaciones sobre las principales inversiones y así poder estimar la capacidad de incorporación de estas medidas propuestas.

Cuadro 5.21. Estimación de costos de las gestiones del recurso hídrico de la ASADA

Tipo de actividad	Costo Estimado	Fuente de financiamiento	Importancia o problemas atendido	Plazo de implementación
Estudio Técnico	€ 5,000,000	La empresa proveedora	Se requiere una actualización del estado del sistema y así conocer la capacidad de crecimiento en la etapa en el estado actual.	12 meses
Perforación de un pozo	€35,000,000	La empresa proveedora	La ASADA presenta una situación de estrés hídrico importante por lo que es imperante encontrar nuevas fuentes de abastecimiento de agua.	36 meses
Construcción de un nuevo tanque de almacenamiento	€60,000,000	La empresa proveedora	Durante las horas de baja demanda el tanque principal presenta un rebalse por lo que según estudios previos se recomienda la construcción de un tanque de 300m ³ para dar mayor continuidad al servicio.	6 meses

5.5.3 Gestión de medidas técnicas

En la gestión técnica se incluyen las acciones de la operatividad diaria, así como extraordinarias vinculadas a mejorar la calidad del servicio, esto con el fin de poder gestionar los riesgos identificados de manera adecuada. En el caso de las actividades relacionadas con la operatividad diaria, a estas no se realiza una estimación de costos ya que se encuentran en el presupuesto ordinario de la ASADA, el comité únicamente realiza una estimación de la inversión en el caso de las actividades que requieran buscar fuentes de

financiamiento específico, o requieran un ajuste presupuestario de la ASADA para poder implementarlo sin que afecte la liquidez. Es por este motivo que para esto se realizaron cotizaciones a varios proveedores y se realizó una estimación de los costos de los materiales, en todos los casos excepto en la sustitución de la tubería queda exento el cálculo de la mano de obra ya que esta la realiza el personal de la ASADA dentro de la jornada laboral por lo que no se considera como un costo adicional. En el caso de la sustitución de la tubería se cotiza una empresa que realice todo el cambio incluyendo el recarpeteo de las calles, toda esta información se encuentra sintetizada en el Cuadro 5.22

Cuadro 5.22. Estimación de costos para las principales gestiones técnicas.

Tipo de actividad	Costo Estimado	Fuente de financiamiento	Importancia o problemas atendido	Plazo de implementación
Sustitución de tubería	€35,000,000	La empresa proveedora	Cambio de un tramo de 1,8km aproximadamente de tubería HG por PVC	36 meses
Instalación de Hidrantes	€2,875,000	ASADA	Para cumplir con el plan de instalación de Hidrantes se requiere una instalación de	36 meses
Instalación de válvulas de compuerta	€328,700	ASADA	Durante las horas de baja demanda el tanque principal presenta un rebalse por lo que según estudios previos se recomienda la construcción de un tanque de 300m ³ para dar mayor continuidad al servicio.	48 meses
Mantenimiento de las infraestructuras	€700,000	ASADA	Esto es mantenimiento, pintura o estructuras de cierre que ya existen.	Anual
Contratación de personal	€2,450,000	ASADA	Esto con el fin de poder operar la PTAP las 24 horas continuas, así como el mantenimiento de las otras estructuras sin sobrecargar turnos a otros empleados.	Mensual

5.5.4 Gestión de medidas Telemétricas

La telemetría es un sistema de gestión de recursos de manera digital y remota que permite conocer en tiempo real las condiciones del sistema y así poder tomar medidas en cuanto a la operación óptima del mismo. En este caso, el equipo de PSA considera que debido a la ubicación de la gran parte de los componentes del sistema, además de ser fuentes

superficiales que vuelve más vulnerable el sistema a contaminación por turbiedad u otros factores que afecten la continuidad u calidad del agua, se realiza una valoración económica que se ubica en el Cuadro 5.23 de los equipos de telemetría para su implementación en el largo plazo, además que el sistema de gestión y facturación con el que actualmente cuenta la ASADA tiene un módulo que permite la implementación de estos parámetros al monitoreo.

Cuadro 5.23. Estimación de costos para las principales gestiones técnicas.

Tipo de actividad	Costo Estimado	Fuente de financiamiento	Importancia o problemas atendidos	Plazo de implementación
Equipo de monitoreo de nivel del tanque de almacenamiento principal	₡ 1,471,860	Financiamiento externo.	Esto permite conocer en tiempo real el nivel del tanque y tomar decisiones oportunas sobre las suspensiones del servicio y tener un conocimiento sobre los hábitos de consumo.	60 meses
Equipo con sensores de monitoreo de parámetros como turbiedad, pH, Cloro	₡ 54,405,000	Financiamiento externo.	Permite el control de parámetros como turbiedad, pH, y cloro residual en tiempo real y así evitar contaminación en el tanque o la red.	60 meses
Servicio de monitoreo del tanque	₡ 43,875	ASADA	La interconexión con el software de la ASADA para control remoto.	Mensual

5.6 MONITOREO OPERATIVO Y VALIDACIÓN

El monitoreo operativo del PSA, es un proceso de evaluación continuo para comprobar la correcta implementación de las actividades del PSA. Este proceso implica la definición y validación de monitoreo de las medidas de control diseñadas, además del establecimiento de procedimientos para demostrar que los controles propuestos se han puesto en marcha y se encuentran operando adecuadamente. En el marco del proyecto quedan por fuera la ejecución de las medidas de control y el monitoreo de las mismas, pero de igual manera se les realiza una propuesta a la ASADA con herramientas que permitan las acciones de monitoreo.

Con la finalidad de asegurar la operatividad del PSA, se desarrollan una serie de herramientas donde se plantea un plan de monitoreo sistemático con parámetros medibles (Monitoreados a través de análisis físico químicos con los instrumentos que cuenta actualmente la ASADA) y observables (Inspecciones y documentación), esto basado también en límites críticos previamente establecidos tal como se muestra en el Apéndice 7 y de donde se desprende la matriz de medidas correctoras que se encuentra en el Apéndice 13, esto permita de manera oportuna ejecutar planes de contingencia para el suministro de agua de fuentes alternas, la operación manual del sistema u cualquier otra acción que considere pertinente la administración. En cuanto a la validación de las medidas de control esto se encuentra fuera del alcance presente proyecto, esto es una tarea pendiente para las revisiones posteriores, del equipo de PSA.

De manera adicional para poder evaluar las acciones se construye una lista de chequeo para la evaluación de riesgos que se encuentran en el Apéndice 11 y que se debe incorporar de manera oportuna y permanente en la operación de la ASADA esto con el fin de documentar la efectividad de las medidas de control en el tiempo y el comportamiento de los riesgos a lo largo del tiempo. Junto con las listas de chequeo, se debe actualizar la matriz de medidas de control periodicidad determine el equipo de PSA, además se indica que se establece una bitácora donde se anotan los eventos peligrosos y riesgos así como los diversos factores que intervienen con los mismos.

Es en este caso que se determina al fontanero como el encargado de manera mensual de completar las listas de chequeo, así como de notificar ante cambios y otros, y este reporte según lo acordó por el equipo se debe entregar a más tardar la semana del mes al administrador para que este de un informe en la sesión de Junta Directiva. Esto se debe documentar y almacenar ya que serán los insumos base para la reevaluación de factores de riesgo.

5.7 PROCEDIMIENTOS DE GESTIÓN

Un PSA debe incorporar de manera integral procedimientos de gestión claros y documentados tomando en cuenta la operación en condiciones normales (Procedimientos operativos normalizados o PON) y cuando se produce un incidente (Medidas correctoras).

(Bartram J C. L., 2009) Se requiere documentar los procedimientos de control de calidad cuando sea posible y las medidas de control relacionadas ya que esto facilitará el éxito a largo plazo de la implementación del PSA.

Estos controles forman parte de los programas complementarios, pero se debe tener en cuenta que para la gestión del personal y continuidad del PSA se debe:

- Elegir por parte del comité una serie de parámetros significativos a evaluar.
- Contar con sistema de notificación eficiente sobre eventos peligrosos o fallas del sistema.
- Informar al encargado administrativo y de Junta Directiva sobre los diversos eventos.
- Diseñar auditorías centradas en la autocomplacencia y que producen consecuencias negativas.
- Diseñar un modelo de “no culpabilización” y la responsabilidad se compartida.
- Contar con mecanismos de sugerencias accesible a todos que permita la mejora, análisis e interpretación de riesgo así como cuestionar las prácticas vigentes.
- Asegurar que todos los procedimientos tanto de emergencia como los PON estén firmados por la Junta Directiva.

5.7.1 Operación Ordinaria del sistema

Estos PON son elaborados por el personal de fontanería y el administrador que son los que tienen mayor experiencia en la operación del sistema en diversos escenarios, pero se designa a la Junta Directiva de la ASADA, como el órgano encargado de asegurarse que los procedimientos se mantengan actualizados, vigentes así debidamente documentados y disponibles, también se designa a la Junta Directiva como la encargada de mantener a los operarios y el personal directivo involucrado en los diferentes procesos, asesorar en la toma de decisiones así como proporcionar los recursos suficientes para poder operar de manera adecuada el sistema, además de mantener los canales de comunicación adecuados, con el fin, de evitar pérdida de información importante por miedo a que se den sanciones o

acciones administrativas, y en su lugar tener más transparencia en los procesos. Entonces para poder tener más claridad sobre los proceso como se trabajará se construye

Cuadro 5.24 donde se muestran las generalidades de estos procedimientos dentro de la operación normal de la ASADA.

Cuadro 5.24. Información general sobre los Procedimientos de Operativos Normalizados (PON).

Responsable de elaborar el PON	Administrador y fontanero
Responsable de supervisión	Junta Administradora
Lugar de documentación	Oficina/ Nube informativa
Periodicidad de actualización	12 meses
Evaluación de los procedimientos	6 meses

Es a partir de esto que se construye una matriz de los procedimientos operativos típicos de las ASADA que deben ser normalizados y se encuentra en el Apéndice 14. Todos los procedimientos ahí descritos se deben documentar para que esto permita su replicabilidad, actualmente la ASADA no cuenta con manuales ni instructivos claros a excepción para la operación de la PPA, lo único que cuenta es con herramientas de control operativo diario tanto para la fontanería y mantenimiento que se encuentran en el Anexo 2 estas herramientas son la base para la documentación de procedimientos pero esto es una actividad que queda pendiente para la administración.

5.7.2 Operación del sistema ante un incidente

Cuando los procedimientos de control operativo detecten una desviación con respecto a los límites críticos establecidos con anterioridad, se debe aplicar medidas correctoras para poder enfrentar el incidente. Con relación a esto se debe diseñar un protocolo para la atención de incidentes donde se contemple lo siguiente: (1) Datos de los responsables e información de contacto del personal en caso de suscitarse un evento, (2) Descripción clara de las medidas pertinentes en caso de una desviación, (3) Ubicación de los procedimientos (PON) y equipos necesarios para la atención del evento, y (4) Información logística y de interés. Las acciones anteriormente descritas, se deben considerar cuando la operación del sistema incurra en los límites críticos del mismo que se encuentran en el Apéndice 7 y seguir el protocolo de notificar a los responsables y aplicar las medidas de control que se diseñaron para los riesgos que se encuentran en Apéndice 13 también se deben considerar que durante una emergencia se puede ver afectado diferentes componentes del sistema y se debe modificar el tratamiento de las fuentes temporales o recurrir a abastecimiento

temporal de los usuarios o cualquier otra medida esto debe documentarse en los manuales operativos que se deben diseñar.

En caso de cualquier desviación de los límites críticos, los técnicos operativos deben comunicar a los diversos actores sobre la situación presentada es por esto para que el equipo del PSA construya un esquema para poder visualizar la ruta de acción tal como se muestra en el Figura 5.30

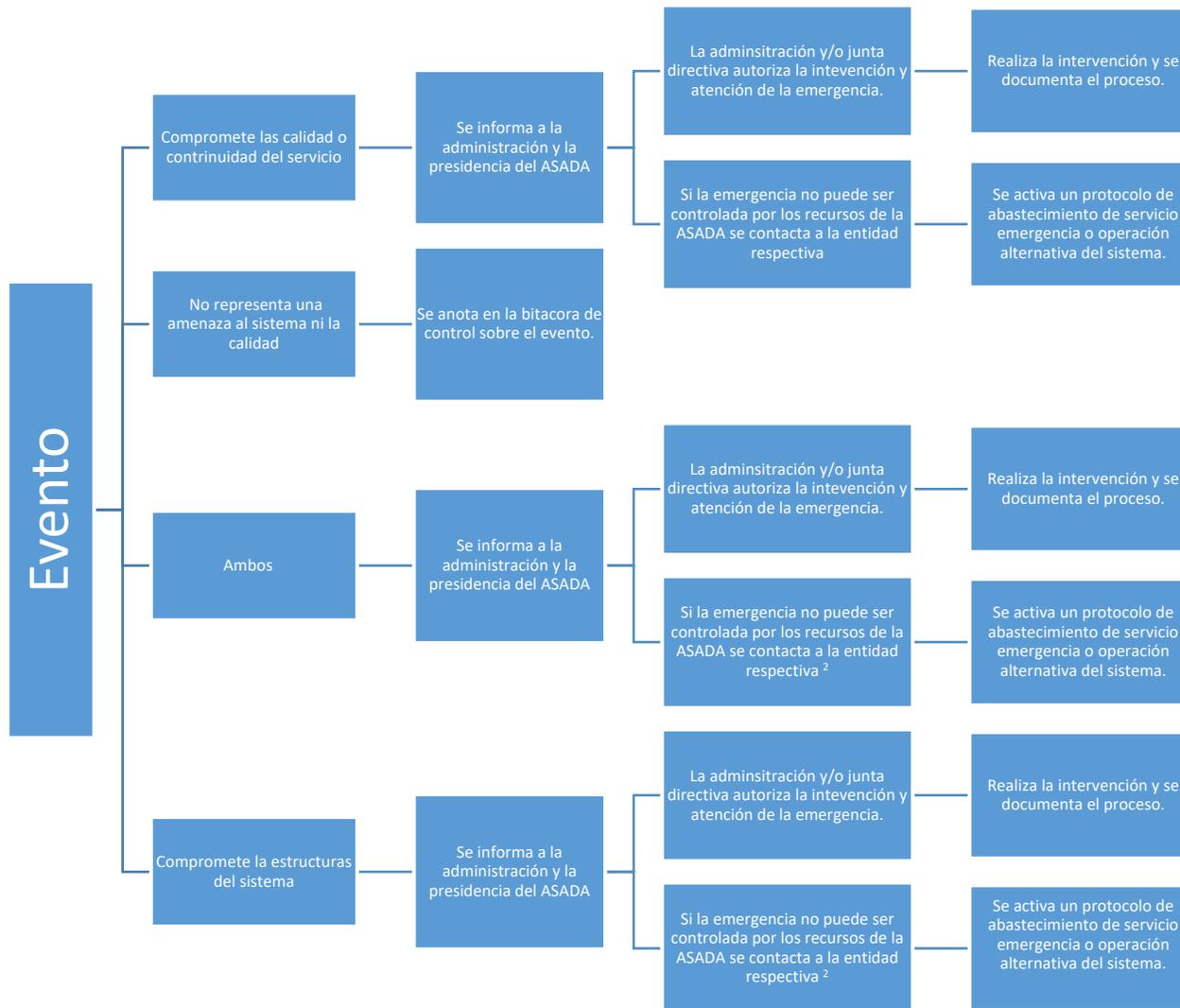


Figura 5.30 .Ruta² de acción para atención de emergencias en la ASADA de Higuato

² : En caso que se deba coordinar con organizaciones como el CNE, AyA, MUnicipalidad, Ministerio de Salud, Bomberosentre otros, en horario de oficina, la secretaria y/o administrador, fuera de horario de oficina, algun designado por la Junta Directiva (Administrador, presidente u otro).El responsable de turno, además deberá informar a los diversos comités, así como los usuarios sobre la situación.

5.8 PROGRAMAS COMPLEMENTARIOS

Los programas complementarios son actividades para fomentar las capacidades y conocimientos de las personas, además de fomentar el compromiso de la directiva de la ASADA con la adecuada implementación del PSA y la capacidad de gestión de sistemas. Estos programas giran en torno a tres ejes fundamentales que son: formación, investigación y desarrollo, y pueden estar relacionados de manera directa o indirectamente con la gestión del agua.

En el marco de la construcción del PSA, se realiza una revisión de la información existente sobre programas complementarios que ya tiene implementada la ASADA, así como se construyen las propuestas de algunos otros programas a implementar en el mediano y corto plazo. La implementación y validación de estos programas queda fuera del alcance del proyecto. Algunos de los programas requieren apoyo externo para acciones como: capacitación, asesoría técnica y acompañamiento, respaldo administrativo y financiero, monitoreo, vigilancia y seguimiento entre otros, otros se realizan con los recursos financieros y humanos que actualmente cuenta la ASADA.

Primero, se construyen una propuesta de programas complementarios que permitan dar continuidad al PSA y que se muestra en el Cuadro 5.25, esto va a ser la base para poder detalladamente cada uno de estos programas propuestos. La ampliación de estos, así como la ejecución queda bajo la responsabilidad de la administración y sujetos a la aprobación y fiscalización de la Junta Directiva.

En cuanto a los programas complementarios relacionados con la operatividad del sistema, algunos existen actualmente pero no se encuentran normados, por lo que luego que el equipo de PSA determinara cuáles son los principales programas que desea desarrollar (Ver Cuadro 5.26, pero en este caso la administración debe determinar cuáles ya existen y cuál es el procedimiento que se hace y documentarlo, y en caso que estos no existan deben construir los programas y documentarse donde se incluyan aspectos como objetivos, responsables, plazos, alcances, recursos entre otros, y de igual manera que los programas anteriores la construcción y ejecución queda a cargo de la administración mientras que la aprobación y fiscalización es una competencia de la Junta Directiva.

Cuadro 5.25. Propuesta de programas complementarios para dar la continuidad del PSA.

Acción	Tarea	Programa de apoyo	Posible Facilitador	Responsable
Planear	Formación del equipo de PSA	Formación de un equipo y capacitación y formación continua para homologar los conocimientos.	Coordinador del PSA	Junta Directiva
	Identificación de objetivos comunales	Sesiones de trabajo con actores comunales significativos	Coordinador del PSA	Administrador
	Descripción del sistema de agua	Descripción detallada del sistema y documentación de cambios en infraestructura y operación	Fontanero	Administrador
	Identificación de peligros potenciales y eventos potenciales.	Programa de monitoreo del sistema donde se controlen los peligros potenciales además de identificación de cambios o nuevos riesgos.	Coordinador del PSA	Junta Directiva
	Evaluación de riesgos potenciales	Reevaluación de riesgos periódico.	Coordinador del PSA	Junta Directiva
Hacer y comprobar	Gestionar un plan de mejora para el PSA	Cronograma de aplicación de las opciones de mejora que incluya reevaluaciones de las medidas de control	Junta Directiva	Junta Directiva
Comprobar	Verificación del PSA	Auditoría interna de los procedimientos y documentos del PSA entre otros	Administrador o personas externas	Junta Directiva
Actuar	Elaborar y documentar procedimientos administrativos.	Documentación de los registros operacionales para la creación de manuales operativos	Administrador	Junta Directiva
	Programas de apoyo.	Campañas de educación ambiental, conciencia ambiental, vigilancia de los recursos naturales	Coordinador del PSA	Administrador
	Revisión periódica de los Programas operativos.	Auditoría de los PON	Administrador	Administrador

Cuadro 5.26. Propuesta de los programas complementarios requeridos para la operación del sistema de la ASADA de Higuito.

Programa	Objetivo	Ejemplos	Dirigido a
Formación y concientización	Proporcionar actualizaciones de conocimientos a los funcionarios que permita la adecuada operación del sistema, además de capacitar a los usuarios sobre la importancia del agua y la influencia de la misma en las actividades humanas, así como del funcionamiento de los sistemas de la ASADA	Formación introductoria	Personal de la ASADA
		Formación en materia de PSA	Personal y usuarios
		Capacidades técnicas	Personal de la ASADA
		Gestión integral del recurso hídrico	Personal y usuarios
		Procedimientos de operación	Personal de la ASADA
		Charlas de concientización ambiental	Usuarios
		Campañas de recuperación de cuencas	Usuarios
		Campañas de reforestación	Usuarios
Investigación y desarrollo	Apoyar de manera técnica las decisiones relativas a la mejora o mantenimiento de la calidad del agua.	Comprender posibles peligros	Personal de la ASADA
		Investigación causas de los posibles de contaminación	Personal de la ASADA
		Investigación de tecnologías para mejorar indicadores de calidad de agua	Personal de la ASADA
Gestión del sistema	Analizar os procesos ordinarios y extraordinarios para poder establecer tiempos, limitaciones y realizar propuestas de mejora	Optimización de procesos.	Personal de la ASADA
		Control de las actividades y revisión de procesos	Personal de la ASADA
		Construcción de indicadores de gestión	Personal de la ASADA
Calibrado	Garantizar el monitoreo efectivo de los indicadores de calidad de agua potable con una precisión aceptable.	Optimización de procesos de gestión del sistema	Personal de la ASADA
		Curvas de dosificación de reactivos según turbiedad y caudal	Personal de la ASADA
Atención al cliente y comunicación	Mejorar la comunicación con los usuarios.	Capacitación para la dosificación de cloro adecuada para los diversos escenarios.	Personal de la ASADA
		Atención de consultas y quejas	Usuarios
		Informes periódicos de las acciones y estado de la calidad del agua.	Usuarios
		Habilitar un sistema de retroalimentación	Usuarios
		Formación en manejo de redes sociales y gestión de reclamos	Usuarios
		Establecer canales de comunicación eficientes	Usuarios
Programa de agua segura que incluya aspectos de ambiente saludable, residuos sólidos, manejo del recurso hídrico y salud pública.	Usuarios.		

5.9 PLANIFICACIÓN Y REALIZACIÓN DE EVALUACIONES PERIÓDICAS DEL PSA

Para poder asegurar el éxito y continuidad de un PSA, se debe actualizar de manera continua las herramientas desarrolladas en la construcción del PSA por lo que las reuniones de los miembros de equipo deben agendarse de manera periódica y de manera exclusiva para el tratamiento de temas relacionados con la seguridad del agua. Estas reuniones se desarrollarán bajo tres ejes principales:

- Revisión de los controles y documentación generada en el tiempo.
- Construcción y aplicación de procedimientos nuevos
- Monitoreo y reevaluación de riesgos.

Las evaluaciones del PSA son fundamentales para poder dar continuidad y validez a las medidas de control y programas generados, ya que esto garantiza la evaluación de riesgos nuevos, es por eso que el equipo del PSA designa como periodicidad cada 60 días una evaluación o cuando se dé un evento significativo que cambie las condiciones actuales de operación. A partir de esto en este PSA se construye un cuadro con información requerida para las sesiones de evaluación así como las evaluaciones esperadas en cada examen con el fin de tener éxito en la continuidad del plan. (Ver Cuadro 5.27)

Además de las evaluaciones periódicas, se debe realizar una actualización de todo el PSA donde se incorporen las recomendaciones de cada evaluación y todos los cambios en los peligros potenciales, condiciones del sistema, condiciones de abastecimiento, demanda y oferta agua entre otros. Esta actualización debe ser anual y se debe documentar de manera precisa y socializar con todos los relacionados con el proceso de abastecimiento de agua. (Usuarios, empresas, instituciones públicas, Municipalidad, centros educativos entre otros)

Cuadro 5.27. Propuesta para evaluaciones periódicas y requerimientos para la continuidad del PSA.

Exámenes	Objetivo	Periodicidad	Herramientas	Aspectos a evaluar
Exámenes tras un evento	Cuando se suscite un evento se debe	Inmediatamente cuando se suscite un evento.	Evaluaciones por el equipo técnico y administrativo	Condiciones del sistema
			Documentación audiovisual.	Evaluar proceso de acción por parte de los actores
			Informes sobre el evento	Determinar los cambios suscitado luego del evento.
			Informes sobre los cambios en la operación del sistema.	Propuesta de nuevas de medida de control
			Informes sobre reporte ante instituciones	Respuesta ante instituciones externas que dan respaldo ante la una emergencia
				Respuesta por la administración y Junta Directiva Lecciones aprendidas
Exámenes ordinarios	Evaluar los resultados y tendencias de monitoreo para poder asegurar la continuidad del PSA, mantener registros y actualización de insumos.	Cada 60 días	Acta de las reuniones anteriores	Condiciones del sistema
			Evaluaciones anteriores	Riesgos y eventos peligrosos
			Herramientas de datos documentados de operación del sistema	Cambios en el equipo de PSA
			Bitácoras de operación	Cambios en cuencas, captaciones, tratamiento y distribución
			Notas e informes administrativos y técnicos.	Propuesta y validación de nuevas medidas de control
				Examen de tendencia de datos de la operación del sistema
				Informes de auditorías externas y externas
				Comunicación con instituciones, comunidad y otros actores. Fecha de la siguiente reunión.

Cuando se presente un incidente, ya sea por los riesgos identificados o algún riesgo nuevo no analizado previamente en el PSA, se debe documentar de manera precisa, con el fin de evaluar la eficiencia de las medidas de control y adecuarlas de ser necesario, lo que permite reducir la frecuencia y gravedad de los incidentes, aunque esto no implica que no se vayan a presentar más. Las revisiones tras el incidente deben ser abiertas y francas, con el fin de poder tener información precisa, para esto se debe generar un protocolo de atención y revisión de incidentes. De manera inicial y dentro del marco de este proyecto se construye con el equipo del PSA una herramienta que permita la evaluación y documentación de los incidentes que se encuentra en el Apéndice 15.

5.10 MANEJO INTRADOMICILIAR DEL AGUA

En este apartado lo que se busca es incorporar la gestión domiciliar de agua segura y ambientes saludables, es por este motivo que para esto se realiza en primera instancia una encuesta a los usuarios para poder conocer la gestión del agua y se muestra en el Apéndice 16-

En cuanto a la aplicación de la encuesta diseñada por el equipo del PSA, se logró aplicar al 100% de la muestra seleccionada (ver Figura 4.1). El principal objetivo de esta encuesta es conocer la percepción de la comunidad sobre el servicio que presta la ASADA, así como algunos hábitos de consumo y está compuesta por 28 preguntas de las cuales 23 son preguntas cerradas y 5 preguntas abiertas.

5.10.1 Análisis de resultados y patrones de uso de la población

Las preguntas de la encuesta van dirigidas en 5 ejes fundamentales: (1) Gestión administrativa, (2) Salud e higiene, (3) Gestión de residuos sólidos, (4) Aguas residuales y (5) Racionamientos y agua pluvial, que bajo estas premisas podemos generar algunas premisas sobre los hábitos de consumo, manejo de residuos, gestión del agua entre otros.

A partir de la información recolectada el 63% de los usuarios encuestados cuentan con núcleos familiares entre 2-4 personas, aunque también existen casos donde hay hasta 10

personas por unidad habitacional tal como se muestra en la Figura 5.31. En cuanto a la percepción del servicio prestado, se realiza un análisis de la percepción sobre el servicio brindado a los usuarios, y se determina que la mayoría de los encuestados percibe tanto turbiedad como olor y/o color en el agua que brinda la ASADA (Ver

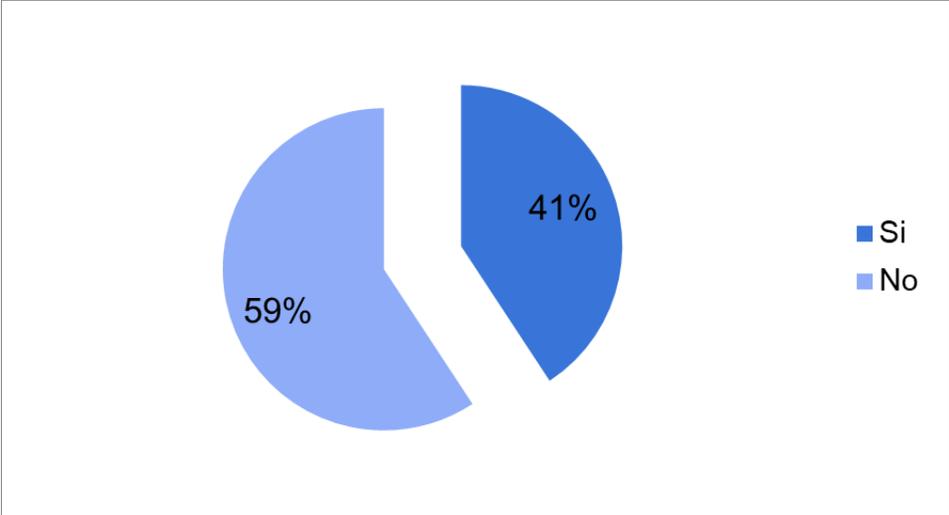


Figura 5.32) esto afecta la confianza de los usuarios en cuanto a la potabilidad del agua que consumen y el 85% de los encuestados indican que es principalmente evidente estas afectaciones en la época lluviosa. (Ver Figura 5.33)

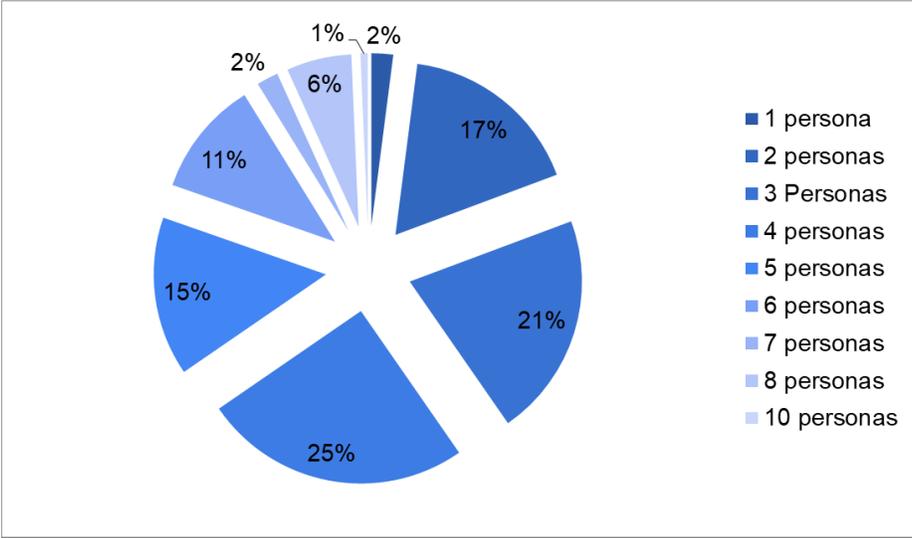


Figura 5.31. Cantidad de personas por unidad habitacional según las personas encuestadas.

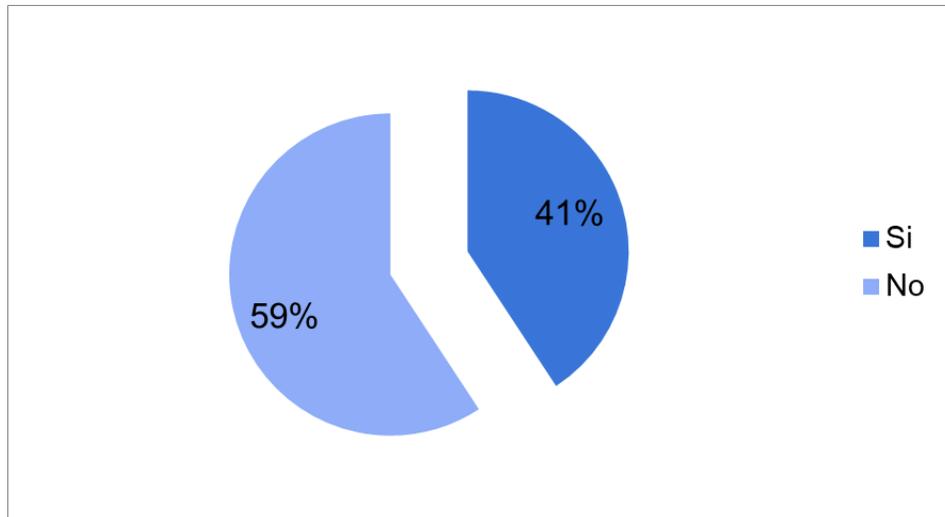


Figura 5.32. Percepción organoléptica del agua por los encuestados.

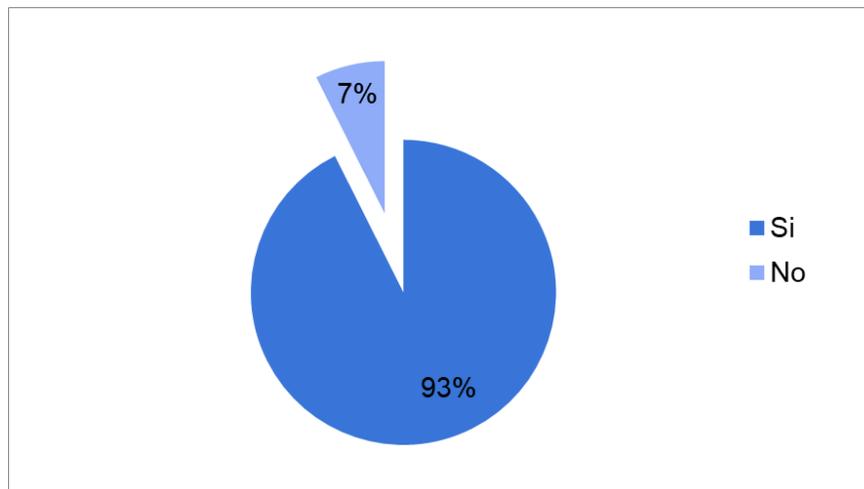


Figura 5.33. Percepción de la turbiedad del agua por los encuestados

En cuanto a los hábitos de consumo y usos del agua, se tiene que la mitad de los encuestados no conocen el promedio de consumo de agua (Figura 5.34) por lo que no tienen control si hay fugas o no en las tuberías, y el 100% de los encuestados contestaron no tener fugas. En cuanto a la continuidad del servicio el 63% de los encuestados se dicen que se ven afectados por cortes de agua durante distintas épocas del año, lo que afecta directamente la calidad de vida de los usuarios.

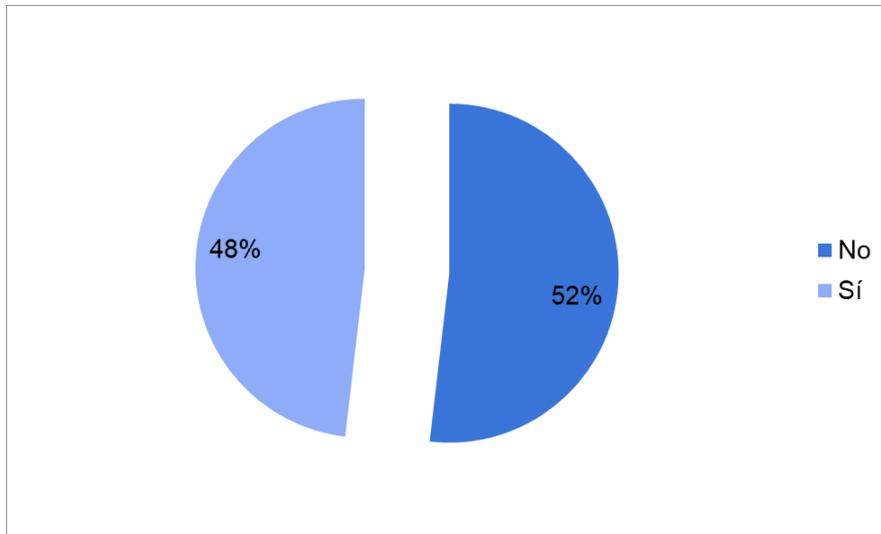


Figura 5.34. Conocimiento sobre el consumo de agua mensual en m3 de los encuestados.

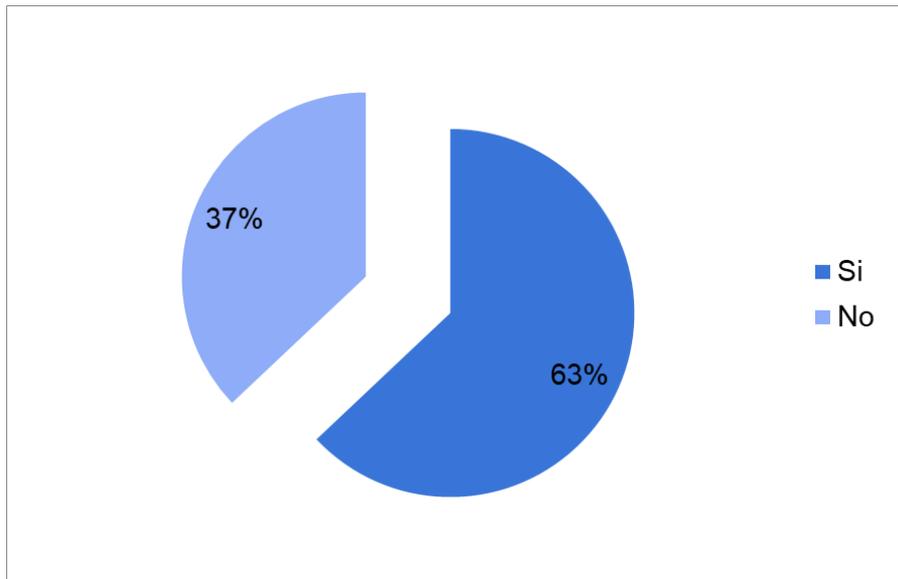


Figura 5.35. Percepción de los encuestados sobre la afectación de los cortes de agua

En cuanto al análisis de los patrones de uso de agua y condiciones de los usuarios a través de la observación y las preguntas de la encuesta se puede ver qué factores de riesgos están relacionados. En cuanto a las aguas residuales tal como se muestra en la Figura 5.36, se puede ver que la gran mayoría cuenta con tanque séptico, y es por esto que existe un riesgo de contaminación cruzada por fugas en tuberías de agua residual o drenajes que produzcan y se infiltren en tuberías de agua potable o afecten la salud y se dé proliferaciones de enfermedades. En términos de higiene, el 100% de los encuestados cuenta con al menos un

espacio en la casa y/o unidad habitacional para lavarse las manos y bañarse, así como también todos cuentan con servicio sanitario en adecuadas condiciones, esto es importante para evitar enfermedades relacionadas con contaminación fecal y brotes de diarrea o vómito.

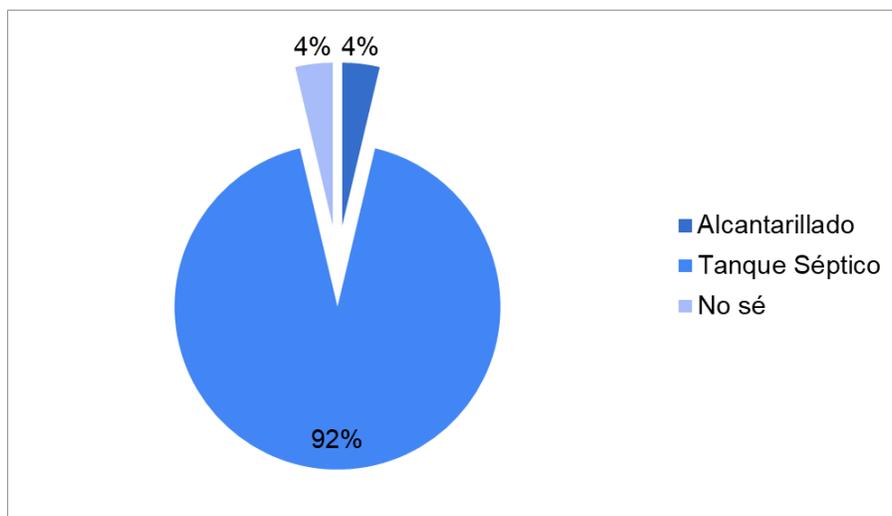


Figura 5.36. Manejo de aguas residuales en las unidades habitacionales de los encuestados.

En la encuesta se recopila información sobre los animales tanto domésticos como de granja que se tienen en la propiedad, esto con el fin conocer un riesgo potencial por el manejo inadecuado de las excretas de los mismos o la contaminación de cuerpos de agua, también se realiza la consulta sobre la tenencia de cultivos alimenticios en las propiedades ya que estos suelen atraer vectores que pueden provocar enfermedades y brotes de las mismas en las zonas cercanas. Se tiene que el 81% de los encuestados tienen mascotas en su propiedad (Ver Figura 5.37) pero no conocen como disponer adecuadamente de las excretas por lo que se puede dar contaminación cruzada con las tuberías de agua potables o proliferación de enfermedades y/o vectores. En el caso de los cultivos y animales de granja (Ver Figura 5.38) , es una minoría del 8% de tiene animales o cultivos, y en general son pequeñas cantidades de animales o extensiones de terreno, por lo que se podría controlar con giras e inspecciones ocasionales.

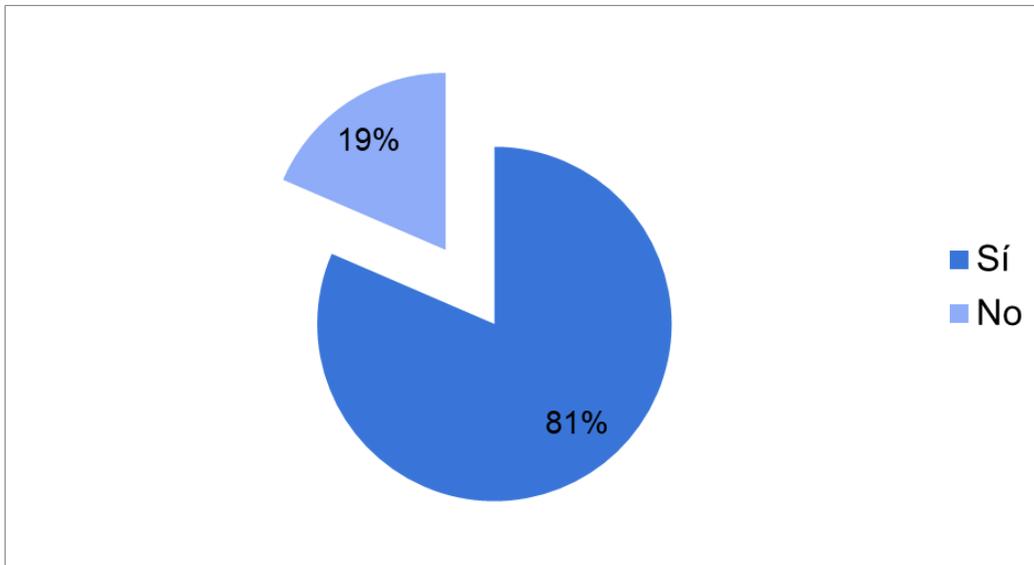


Figura 5.37. Posesión de mascotas en las propiedades por los encuestados.

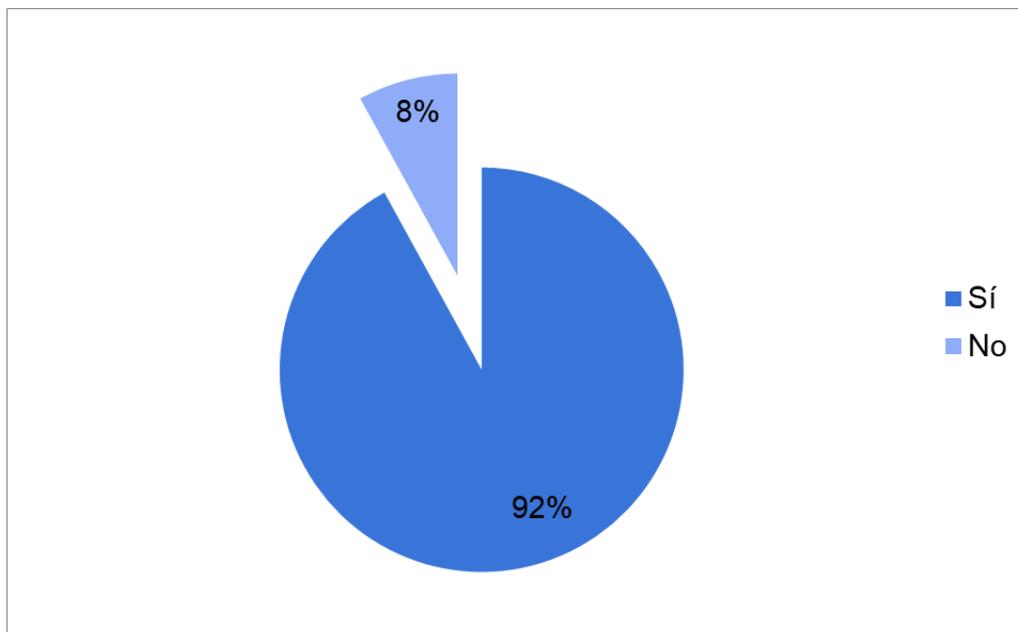


Figura 5.38. Cantidad de encuestados que tienen cultivos y/o animales de granja.

En cuanto al uso del agua pluvial, es una alternativa muy utilizada por los usuarios cuando se dan racionamientos tal como se muestra en la Figura 5.39, donde el 41% de los usuarios hacen pero esto a su vez implica un riesgo por el almacenamiento del agua estancada que puede atraer vectores y enfermedades, además el agua puede ser almacenada en recipientes sucios o contaminados y afectar a los usuarios cuando la utilizan, Otro riesgo del agua

pluvial es la acidez que esta tiene por la contaminación atmosférica y este riesgo en muchos de los casos es pasado por alto por los usuarios.

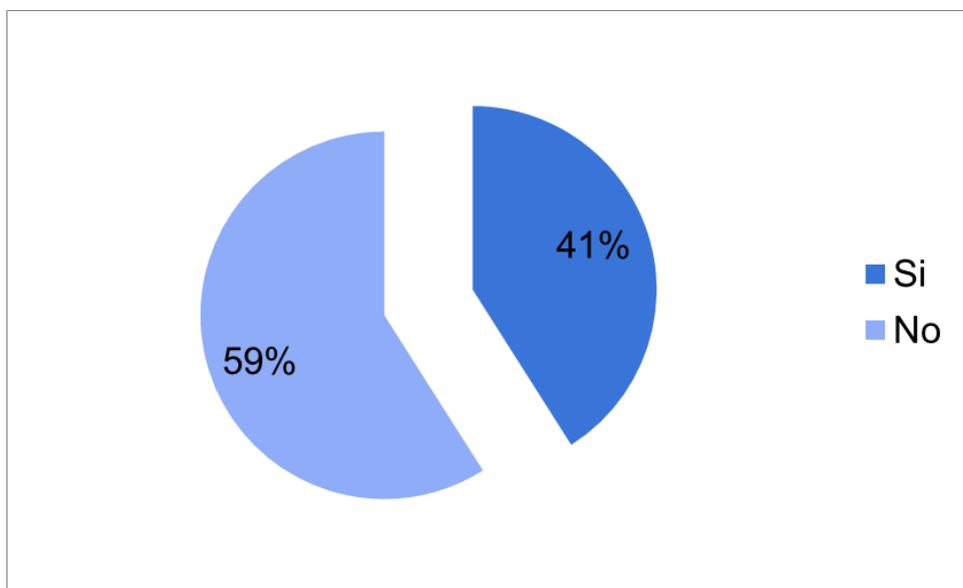


Figura 5.39. Cantidad de encuestados que utilizan el agua pluvial para usos domésticos.

En relación con el manejo de residuos sólidos, según los encuestados el 85% de ellos cuentan con servicio municipal de recolección de residuos sólidos (Ver figura Figura 5.40) lo que es un buen indicador, es importante a partir de esta encuesta determinar los sectores en los cuales no se da este servicio y poder contactar con la municipalidad para aumentar su cobertura. La municipalidad además de la recolección de residuos ordinarios tiene un plan de recolección de residuos valorizables que se llama “Soy Generador Responsable” donde recientemente realizó un convenio en el cual donó 100 composteras en el sector de San Miguel de Desamparados, para el sector de Higuito la recolección de residuos ordinarios se da una vez a la semana los días martes, y en cuanto a la recolección de residuos valorizables se realiza pasa todos los jueves y 67% de los usuarios encuestados realiza la separación en su casa (Figura 5.41) y el 30% realiza compostaje ya sea con el plan municipal o por sus propios medios (Figura 5.42).

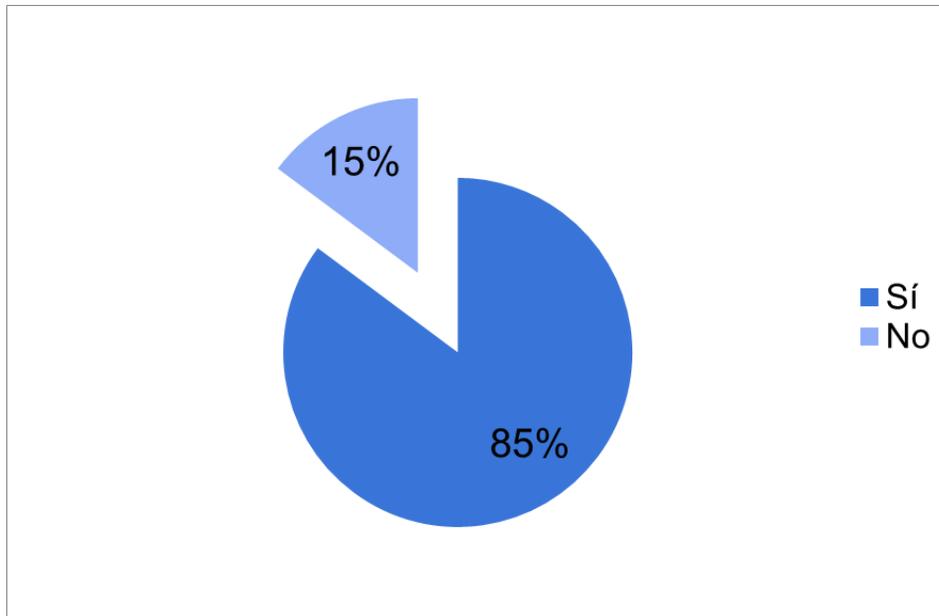


Figura 5.40. Cantidad de usuarios que cuentan con servicio de recolección de residuos sólidos.

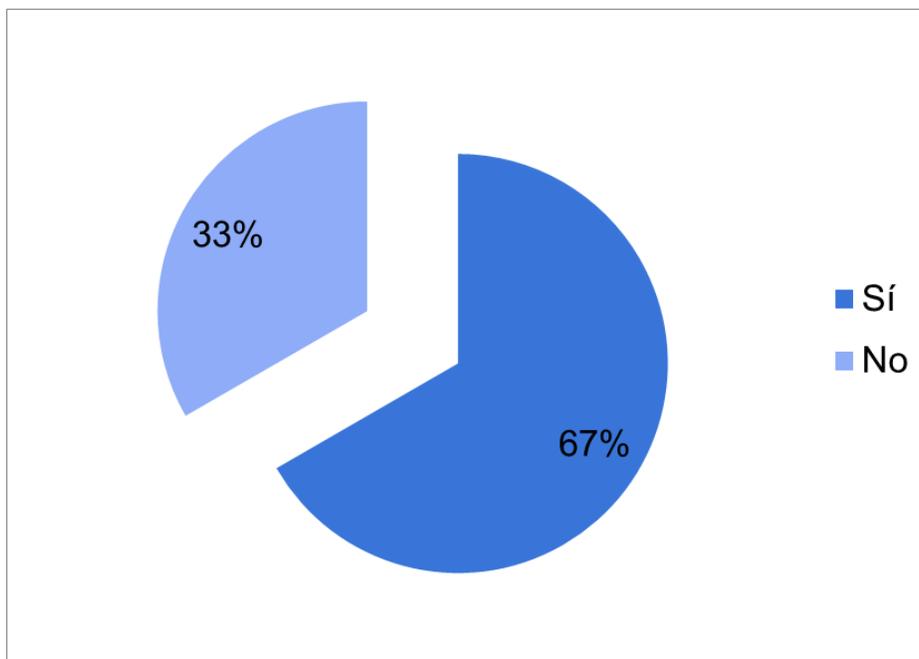


Figura 5.41. Cantidad de usuarios encuestados que realizan separación de residuos valorizables en sus hogares.

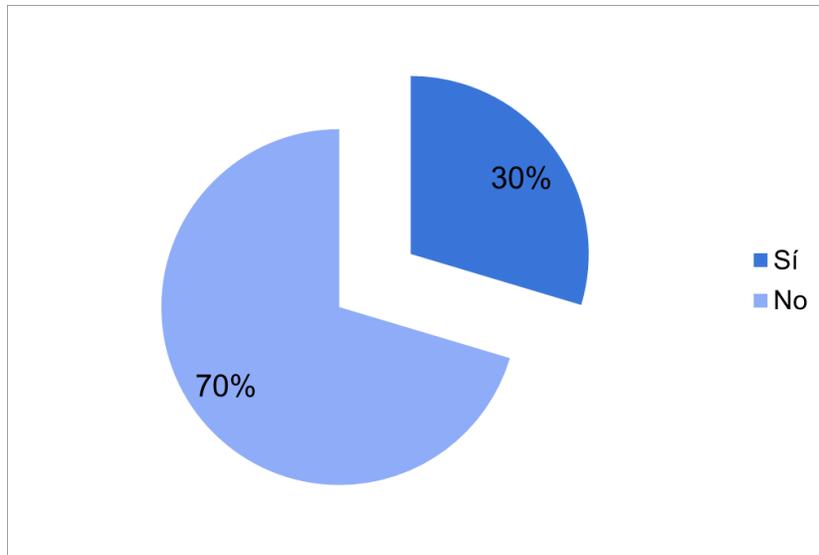


Figura 5.42. Cantidad de usuarios encuestados que realizan compostaje de sus residuos orgánicos

Sobre la operación de la ASADA y la gestión administrativa en la encuesta se determinó que el 59% de los encuestados no conoce cómo operan ni se realizan las lecturas de los medidores de agua potable (Figura 5.43) y esto les genera incertidumbre sobre los cobros, además que el 70% de los encuestados desconoce las tarifas aplicadas (Figura 5.44) y si estas son las aprobadas por ARESEP por lo que las dudas a la hora del cobro de los recibos y el desconocimiento es mucho.

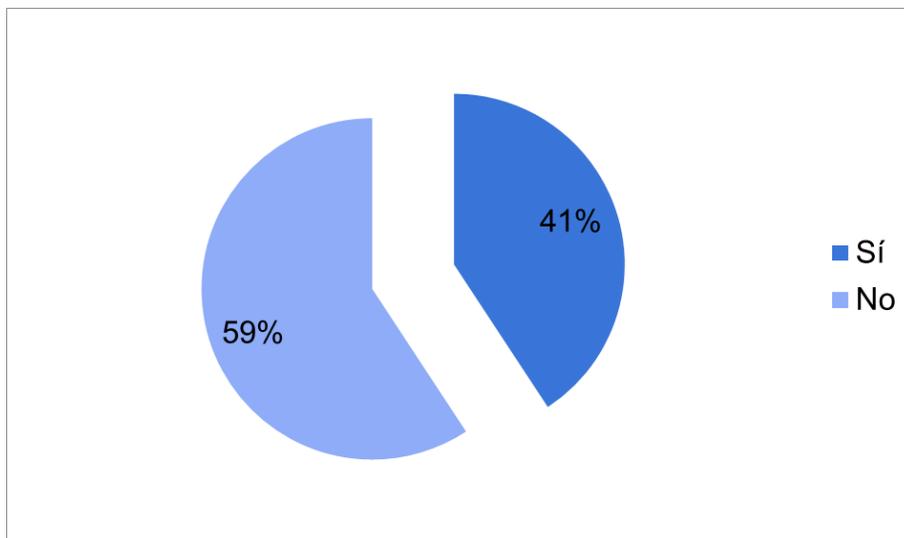


Figura 5.43. Cantidad de encuestados que conocen sobre el funcionamiento de los medidores.

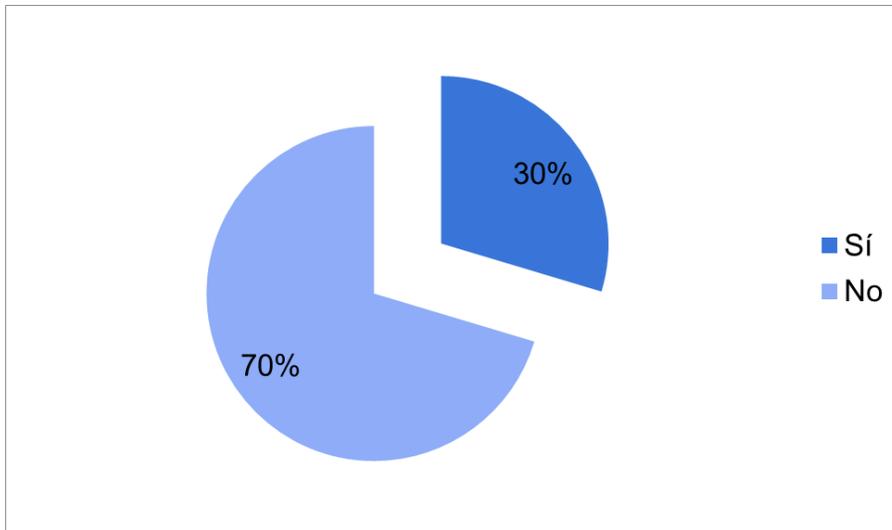


Figura 5.44. Cantidad de encuestados que conocen sobre las tarifas aprobadas por ARESEP

El 67% de los usuarios encuestados no tiene conocimiento sobre los análisis de agua realizados y si la calidad del agua consumen es potable o no, (Figura 5.45), además tampoco tienen conocimiento sobre el tratamiento el 63% como se muestra en la Figura 5.46, en este campo es una tarea de la ASADA dar a conocer la calidad del agua en los diversos momentos esto con el fin de dar más seguridad a las personas a la hora de consumirla.

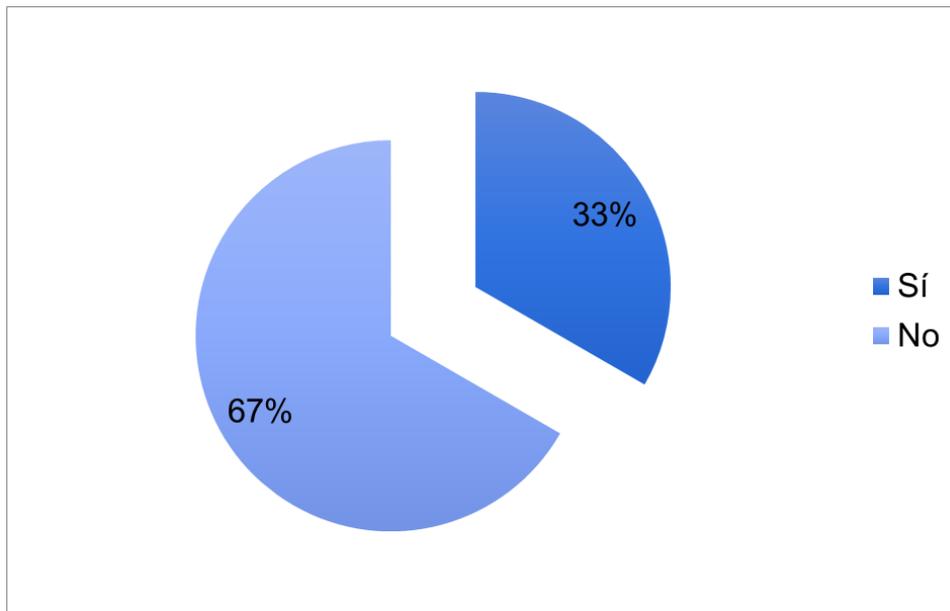


Figura 5.45. Cantidad de encuestados que conocen sobre la calidad del agua de la ASADA.

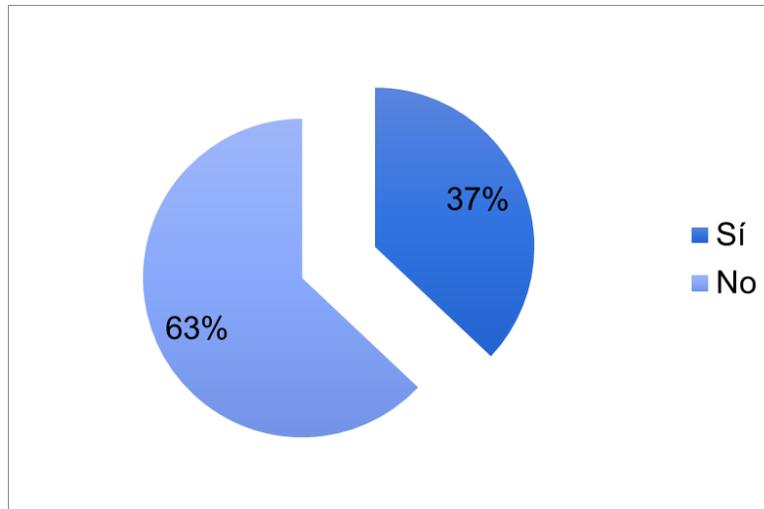


Figura 5.46. Cantidad de encuestados que conocen sobre el tratamiento del agua para potabilizarla

Otro eje temático importante que se trabajó en la encuesta es la gestión administrativa y técnica de la ASADA. En cuanto a la percepción de la labor de la Junta Directiva el 85% de los encuestados se encuentran satisfechos con las gestiones y administración (Figura 5.47. Percepción de los encuestados sobre la gestión de la Junta Directiva de la ASADA.. En cuanto al cobro y la atención al cliente se encuentran satisfechos con los servicios brindados por la ASADA, además los encuestados generaron una serie de recomendaciones las cuales se documentaron y se sintetizaron en el Cuadro 5.28.

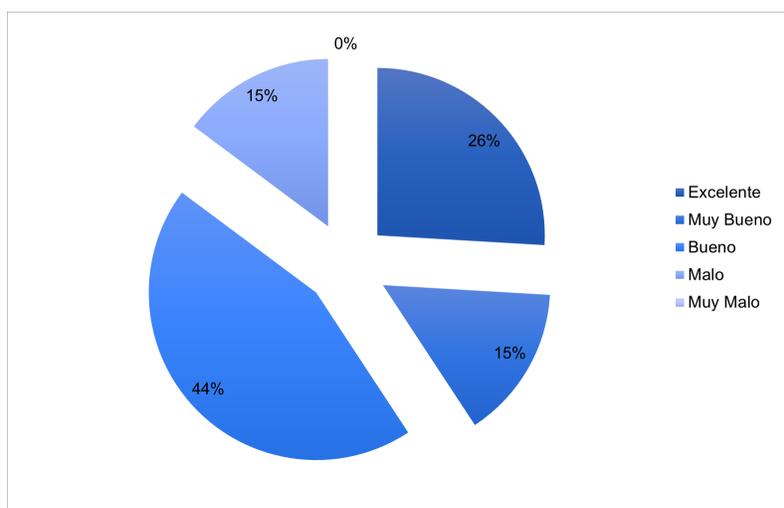


Figura 5.47. Percepción de los encuestados sobre la gestión de la Junta Directiva de la ASADA.

Cuadro 5.28. Síntesis de las recomendaciones dadas por los encuestados.

Recomendaciones

- Mejorar la gestión de redes sociales para comunicar sobre los racionamientos.
- Buscar medios alternativos a Facebook para avisar cuando se quita el agua.
- Dar información sobre: Funcionamiento de la planta de potabilización de agua, estado de las nacientes y quebradas, políticas de ahorro y consecuencias de no tratamiento de aguas residuales.
- Como saber si el agua la podemos consumir cuando llega turbia
- Se podrían generar grupos de difusión en Whatsapp
- Como saber si el agua la podemos consumir cuando llega turbia
- Razonamientos de agua y el cómo o qué planes tienen para el mejoramiento de la planta de potabilización.
- Proyectos de mejora para que en invierno el suministro de agua sea de mejor calidad y sin cortes
- Hacer más capacitaciones de temas generales
- Informar sobre el eficiente del recurso
- Comunicar sobre la suspensión de agua
- Aumentar los talleres en la comunidad para fortalecer la educación ambiental, en temas de Saneamiento ambiental, agua, residuos.
- Visitas a la planta de potabilización de agua para que la población entienda el funcionamiento desde la captación, se puede realizar un video explicativo ya que las visitas puede ser más difícil de realizar, es importante que las personas entiendan este funcionamiento además la importancia de un adecuado tratamiento en aguas residuales para aumentar el compromiso ambiental y el racionamiento.
- Aumento de campañas ambientales.
- Falta mucho por hacer en educación ambiental, inclusive se puede coordinar con las escuelas y las iglesias, pues los niños son un gran promotor de estos temas.
- Sería bueno que la asada estuviera mejor preparada para la falta de agua porque todos los días se va sea domingo feriado o entresemana

5.10.2 Determinación de riesgos y medidas correctivas

De las premisas antes expuestas se determinan los riesgos relacionados y los cuales los usuarios consideran como prioridad, además de las inspecciones visuales, es así que en el Cuadro 5.29. Principales riesgos y medidas de control propuestas para los riesgos intra domiciliarios, donde se exponen en los principales riesgos a los que están expuestos los usuarios, así como medidas de control.

Cuadro 5.29. Principales riesgos y medidas de control propuestas para los riesgos intra domiciliarios.

Eje temático	Peligros	Riesgos	Medidas de control y actividades relacionadas.
Gestión administrativa	Mala gestión administrativa y financiera	Falta de recursos financieros	Actividades de rendición de cuentas

	Atención al cliente	Baja capacidad administrativa	Mejorar canales de comunicación.
	Comunicación	Poca o deficiente gestión del sistema	Manuales de gestión y operación
	Deficiencia en la operación del sistema		Talleres de atención al cliente
Salud e higiene	Contaminación Microbiológica	Enfermedades gastrointestinales	Diseñar una feria de salud en coordinación con las autoridades de salud.
	Ácaros	Enfermedades por vectores	Campaña sobre el uso adecuado del recurso hídrico para evitar la contaminación cruzada.
	Vectores	Enfermedades en la piel	Control cruzado con las entidades de salud y educación sobre brotes de enfermedad
		Brotos de diarrea o vomito	Control de cloro residual en la red.
Gestión de residuos sólidos	Olores desagradables	Ambientes inapropiado	Identificar los sectores que no cuentan con recolección de residuos y gestionarlo ante la municipalidad
	Microorganismos	Enfermedades por presencia de vectores y roedores	Identificar y notificar sobre botaderos a cielo abierto ilegales.
	Vectores	Contaminación del agua por lixiviados	Talleres sobre el manejo de residuos sólidos
	Lixiviados		Taller de compostaje (coordinar con la municipalidad) Campaña de recolección de residuos no ordinarios Campaña de limpieza de ríos.
Aguas residuales	Olores desagradables	Ambientes inapropiado	Cuando se detecten fugas de aguas residuales en las vías principales notificar a los dueños y/o municipalidad.
	Contaminación microbiológica.	Enfermedades por agua contaminada	Talleres sobre el manejo adecuado de aguas residuales
	Proliferación de parásitos	Colapso de alcantarillas y drenajes	Coordinar con la municipalidad la limpieza de alcantarillas
		Contaminación de cuerpo de agua por vertido aguas residuales y aguas grises	Manejo adecuado de las excretas de animales domésticos y de granja.
Racionamientos y agua pluvial	Agua estancada	Criaderos de vectores	Talleres sobre el uso de aguas residuales
	Lluvia ácida	Crecimiento de parásitos en el agua	Talleres y dar información sobre el uso de agua pluvial
		Colapso de alcantarillas y drenajes	Manejo del recurso y uso racional del agua. Coordinar con la municipalidad la limpieza de alcantarillas

6 CONCLUSIONES

El Acueducto Rural de Higuito de Desamparados es periurbano que abastece a un total de 1251 servicios de los cuales el 94% son domiciliarios con usos en su gran mayoría de consumo.

Las fuentes del acueducto son todas superficiales por lo que presenta riesgo potencial a la contaminación antropogénica o animales en los cauces, por lo que los controles deben ser más estrictos, además las alteraciones organolépticas (Turbiedad, color, sabor) son originadas por las características superficiales de las fuentes y se ven afectados principalmente en la época lluviosa. En cuanto a la calidad del agua, según la evaluación IRCACH y basada en los análisis de agua del año 2018 el agua es considerada apta para el consumo humano.

El caudal promedio de todas las fuentes es de 17,56 L/s, y con base en la demanda promedio por abonado el caudal requerido es de 17,14 L/s, por lo que actualmente se tiene un pequeño superávit lo que no permite tener crecimiento de la población, para el año 2019 pero ante la demanda creciente este escenario se ve afectado y la ASADA entra en un situación de estrés hídrico. Según la proyección de crecimiento demográfico proyectado para la zona de Desamparados se estima un posible desabastecimiento para el año 2020 con un déficit de 0.67L/s, y este deficit prodría aumentar significativamente de manera anual si no se incorporan nuevas fuentes de abastecimiento.

A partir de la evaluación SERSA del sistema se determina que los componentes del sistema se encuentran en buen estado, a excepción de algunas estructuras de protección que deben ser mejoradas, además se identifican los peligros reales y potenciales para cada uno de los componentes.

A partir de la evaluación SERSA, se determina que las quebradas Mena y Tablazo presentan un riesgo intermedio al ser fuentes superficiales, pero estas al estar más cerca de las estructuras del sistema tienen un mantenimiento más frecuente y mayor vigilancia, por otro lado las quebradas Q3 y Q4 al estar en zona boscosa tienen un riesgo alto.

Se aplicó la herramienta de autoevaluación de ASADAs desarrollada por el AyA, llamada “Plan de Mejora y Eficiencia (PME)”, donde se le da una clasificación a la ASADA tipo D, y a su vez generan una serie de propuestas de mejora que la reclasificarían la ASADA a tipo A.

En cuanto a la evaluación de riesgos del sistema de la ASADA de Higuito de Desamparados, se evidencia que la mayoría de los riesgos de los componentes del sistemas son bajos o medios lo que permite tener un mejor control de los mismos y una mitigación de los mismos. En cuanto a los riesgos específicos, los componentes de almacenamiento del sistema de la ASADA son los que presentan riesgos menores y siendo la red de conducción y distribución y los sistemas de tratamiento los más vulnerables ante riesgos. De todos los componentes del sistema los riesgos identificados solo el 19% se clasifican como riesgos muy altos, por lo que pueden ser atendidos como prioritarios mientras se trabaja en la mitigación, control y atención de otros riesgos.

Se utilizó el método de barrera múltiple para identificar las medidas de mejora en los diversos componentes del sistema, y tomando en cuenta los riesgos previamente identificados por el equipo del PSA, donde se agrupan en cuatro tipos de gestiones principales: Socio-educativas, Hídricas, Técnica y Telemétricas.

Se realizó una estimación de los costos basados en cotizaciones a distintos proveedores, así como una estimación de plazos de implementación basado en los criterios del equipo del PSA, además se realiza un mapeo de fuentes de financiamiento que puede tener la ASADA para ejecutar estas mejoras u otras que considere pertinente.

En cuanto a las actividades operativas, se construyeron una propuesta de monitoreo operativo que deberán ser ejecutadas y fiscalizadas por el equipo de PSA, además de esto se deberán validar la efectividad de las mismas en un plazo de 12 meses, valorando que el PSA es un proceso de mejora continua.

7 RECOMENDACIONES

Luego de la de la propuesta de un PSA para la ASADA de Higuito, se tiene un conocimiento más amplio sobre el sistema, la operación y los riesgos del acueducto , para lo cual se realizan las siguientes recomendaciones:

- La ASADA presenta una situación de estrés hídrico ya que no tiene capacidad de crecimiento y actualmente solo tiene disponibilidad de 0.39 L/s por encima del consumo habitual, por lo que es imperante la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento para que la operación y funcionamiento del abastecimiento de agua sea sostenible para la futura población.
- Documentar los procesos de operación del sistema en los diversos escenarios ya que el conocimiento recae en personas específicas y dificulta su replicabilidad
- Realizar un registro de las actividades o eventos que se encuentren en el campo tanto con los instrumentos generados como en una bitácora, así como registro de revisiones periódicas.
- Realizar aforos de cada una de las fuentes más frecuente y mantener un registro constante de estos valores, para conocer el comportamiento de la oferta de agua en las diferentes épocas del año, y como se cuenta con el espacio físico y el personal se recomienda realizarlo de manera mensual y registrar de manera adecuada la información para su análisis.
- Es una necesidad contar con personal calificado para la operación de la planta de potabilización y que conozcan claramente el funcionamiento las operaciones unitarias e interpretación de los parámetros de los análisis físico-químicos y microbiológicos que se realizan y además tengan la capacidad para la operar la planta bajo una responsabilidad supervisada.
- Colocar un macro medidor a la salida del tanque para establecer el caudal que sale del tanque para conocer las pérdidas por fugas en redes de distribución o el agua no contabilizada, con el fin de establecer acciones para disminuir las perdidas y tener mejor aprovechamiento del recurso. Esta macromedición, permite tener un mejor control sobre el agua no contabilizada que permite tener mejor control sobre las fugas o peridas en las tuberías.

- Establecer un plan de emergencias en coordinación con las autoridades municipales y de salud para actuar de manera conjunta cuando se presenten eventos que ponga en riesgo la integridad de las estructuras del acueducto, la calidad del agua, la continuidad del servicio o cualquier otro evento que pueda afectara la comunidad.

8 REFERENCIA

- ARESEP. (2013). *Reglamento de prestación de servicios de Acueductos, Alcantarillados e Hidrantes* . San José: GACETA No.50.
- ARESEP. (2017). *Tarifas ASADAS 2017- Pliegos Tarifarios*. San José: GACETA No.157.
- Asamblea Legislativa de Costa Rica. (1995). *Nº 7554: Ley Orgánica del Ambiente*. San José, Costa Rica: Editorial Investigaciones Jurídicas, S.A.
- Asamblea Legislativa de Costa Rica. (1996). *Ley Forestal No. 7575*. San José, Costa Rica: Editorial Investigaciones Jurídicas, S.A. .
- Astorga Espeleta, Y. (2018). *INFORME DE GESTIÓN 2014-2018*. San José: AyA.
- AyA. (2009). *Reglamento de Normas Técnicas y Procedimientos para el Mantenimiento Preventivo de los Sistemas de Abastecimiento de agua* . Acueductos y Alcantarillados, Programa de Sello de Calidad . Gaceta N.154.
- AyA. (2016). *NORMA TÉCNICA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DE SANEAMIENTO Y SISTEMA PLUVIAL*. Acueductos y Alcantarillados. San José: AyA.
- AyA. (2017). *Norma Técnica para “Diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial*. INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, Subgerencia SAID. San José: La Gaceta.
- AyA. (21 de Junio de 2017). *Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, sanimiento y pluvial*. San José, Costa Rica: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantariillados.
- AyA. (n.d). *Manual informativo Aspectos básicos para la gestión de las Juntas Directivas de las ASADAs*. Subgerencia de sistemas comunales.
- AyA, GEF PNUD. (2018). *Guía de Autoevaluación y Elaboración de Plan de Mejora y Eficiencia para ASADAS*.
- Bartram J, C. L. (2009). *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: Metodología por minorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo* . Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

- Bartram J, C. L. (2009). *Manual para el Desarrollo de planes de seguridad del agua: Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- CEDARENA. (2013). *Transparencia y Rendición de Cuentas en las ASADAS*. San José.
- CFIA. (2017). *Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones*. San José: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.
- Chan Santiesteban, M. (2014). *Métodos de almacenamiento del agua*. Guatemala.
- Corcho Romero, F., & Duque Serna, J. I. (2005). *Acueductos: Teoría y diseño*. Medellín, Colombia: Sello.
- Decret No. 37169-S-MINAET. (2005). *Decreto N°. 37169-S-MINAET: Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales*.
- Deerre D, D. A. (2001). *Water Quality: Guidelines standars and helth assesments of risk and risk managment for water related infectious disease*. OMS.
- Enviromental Protection Agency. (2001). *Parameters of Quality: Interpretion and Standads*.
- Henry, G., & Heinke, G. (199). *Ingeniería Ambiental*. Prentice Hall.
- Herrera Murillo, J. (2017). *Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2017: Uso y estado de los recursos:Recurso Hídrico*. San José: Estado de la Nación.
- INEC. (2016). *Estadísticas Vitales 2016: Población, nacimientos, defunciones y matrimonios*. San José: INEC.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2016). *Política Nacional de Agua Potable de Costa Rica 2017-2030*. San José, Costa Rica: Comisión Interinstitucional.
- Mara, D., & Horan, N. (2003). *Handbook of Water and waste water Microbiology*. London.
- Marín Galvín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiológica de los medios acuáticos*.
- Ministerio de Salud. (22 de Enero de 2019). *Reglamento para la calidad de Agua Potable. Decreto N° 41499-S*. San Jose, San Jose, Costa Rica.
- Ministerio de Salud de Costa Rica. (2007). *Guía de Inspección para la calidad del Agua Potable -SERSA*. San José: Decreto N°38924-S.

- Monge , E., & Ovares, C. (2013). *Manual para las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS) de Costa Rica*.
- Mora, D., Orozco, J., Rivera, P., Solís, Y., Zúñiga, L., Cambroner, D., y otros. (2018). *Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH)*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Laboratorio Nacional de Aguas. San José: AyA.
- OMS. (2004). *Guía para la calidad del agua Potable* . OMS.
- OMS. (2004). *Guías para la calidad del agua potable*. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN EN SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA* . Lima, Perú: CEPIS .
- Poder Ejecutivo . (2015). *Decreto 3892-S*.
- Poder Ejecutivo. (2019). *Decreto 41499-S* . Enero .
- Poder Ejecutivo. (22 de Enero de 2019). *Decreto N°41499-S. . Reglamento para la calidad del Agua potable*. San José.
- Roldán Pérez, G. A. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Medellín.

APÉNDICES

APÉNDICE 1. DETERMINACIÓN DE RESPONSABILIDADES DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO COORDINADOR DEL PSA.

Cuadro A.0.1. Roles y responsabilidades de los miembros del equipo de PSA.

Cargo	Responsabilidades
Coordinador general	<ul style="list-style-type: none"> Coordinar reuniones Mantener canales de comunicación interno Socializar PSA a equipo de soporte Búsqueda de soporte financiero de riesgos. Coordinación de planes de gestión de riesgos y dar seguimiento. Dirigir procesos capacitación y actualización del PSA periódicamente Coordinar procesos de involucramiento con el equipo de soporte Coordinar ayudas interinstitucional en caso de un evento
Coordinador de gestión del PSA	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de actividades y planes del PSA Creación de sub comités Asignación presupuestaria para la atención de los aspectos del PSA tanto por parte de la ASADA como financiamiento externo
Coordinador de campo y monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> Dirigir procesos de capacitación sobre el PSA Dirigir los procesos de comunicación del PSA y eventos peligrosos. Supervisar procesos de ejecución del PSA Coordinar inspecciones a los componentes del sistema, con el fin de identificar cambios y actualización del PSA
Gestor administrativo	<ul style="list-style-type: none"> Ejecutar el plan de trabajo Líder en la gestión de tratamiento del agua Líder en la gestión de riesgos y en atención de eventos peligrosos y riesgos Identificar riesgos y eventos peligrosos Diseñar plan de gestión de riesgos Revisión de los controles de potabilidad del agua Control de quejas y averías
Gestor operativo	<ul style="list-style-type: none"> Ejecutar la operatividad del PSA Gestionar de tratamiento del agua Líder en la gestión de riesgos y en atención de eventos peligrosos y riesgos Identificar riesgos y eventos peligrosos Diseñar plan de gestión de riesgos Revisión de los controles de potabilidad del agua

APÉNDICE 2.: CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PSA.

Actividades		Semanas															
Actividades	Sub Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Formación de un comité para el PSA.	1.1. Formar un comité de PSA.																
	1.2. Homologar conocimientos a los miembros del comité.																
	1.3. Establecer roles de participación de cada uno.																
	1.4. Reconocer actores externos involucrados																
	1.5. Buscar estrategias de comunicación efectivas.																
2. Establecer el alcance y la estrategia de participación del proyecto.	2.1. Definir el plazo de desarrollo del PSA.																
	2.2. Establecer los alcances y limitaciones del PSA.																
3. Documentar y describir el sistema.	3.1. Realizar un diagrama de flujo del sistema.																
	3.2. Describir los procesos de cada uno de los componentes.																
	3.3. Determinar encargados de operación y mantenimiento de cada uno de los componentes.																
	3.4. Documentar otras generalidades del sistema																
4. Evaluar y caracterizar los riesgos en cada uno de los componentes del sistema	4.1. Determinar los riesgos reales de cada uno de los componentes del sistema.																
	4.2. Determinar los riesgos potenciales de cada uno de los componentes del sistema.																
	4.3. Determinar las vulnerabilidades del sistema.																
	4.4. Describir los peligros y eventos peligrosos.																
	4.5. Evaluar los riesgos de manera interpretable y comparable.																
	4.6. Diseñar un plan de monitoreo operativo de riesgos.																
1. Determinar medidas de control para riesgos reales y potenciales.	1.1. Determinar las medidas de control para cada uno de los riesgos.																
	1.2. Documentar las medidas para atenuar los peligros.																
2. Validar las medidas diseñadas para los riesgos reales y potenciales.	2.1. Obtener información sobre la eficacia de la medida de control.																
	2.2. Desarrollar un programa de monitoreo de eficiencia las medidas de control																
3. Reevaluar los riesgos según medidas de control	3.1. Recalcular riesgos en términos de probabilidad y consecuencia.																
	3.2. Analizar la eficacia de las medidas de control y su sostenibilidad en el tiempo y cambio de condiciones.																
	3.3. Determinar las medidas de control para las fallas.																
4. Clasificación de riesgos en función de prioridad.	4.1. Clasificación de riesgos en probabilidad de efectos																
	4.2. Plantear un plan de mejora y modernización de riesgos no controlados o priorizados.																
	4.3. Desarrollar un plan de monitoreo de ejecución del plan de mejora y modernización.																
1. Definir monitoreo de las medidas de control	1.1. Evaluar la eficacia de las medidas de control.																
	1.2. Establecer las medidas correctivas según límites críticos y desviaciones preestablecidas.																
2. Verificar la Eficacia del PSA	2.1. Confirmar que el PSA es correcto y pertinente.																
	2.2. Realizar pruebas que el PSA es aplicable según lo previsto.																
	2.3. Revisar el cumplimiento legal de los parámetros de calidad del agua.																
	2.4. Revisar las necesidades de recurso humano y financieros.																
	2.5. Realizar un análisis de satisfacción del cliente.																
3. Elaborar procedimientos de gestión y programas complementarios	3.1. Recolectar información sobre los responsables, medidas de respuesta, monitoreo operativo entre otros.																
	3.2. Diseñar un protocolo y estrategia de comunicación del PSA																
	3.3. Crear un protocolo de acción y comunicación de emergencia ante un evento de riesgos.																
	3.4. Protocolo de readaptación de documentación oportuna.																
	3.5. Planes para abastecimiento de agua																
4. Planificar y documentar la revisión periódica del PSA.	4.1. Crear programas complementarios para aplicar la metodología de PSA.																
	4.2. Elaborar programas complementarios para los vacíos de información y operación en el PSA.																
	4.3. Planear una estrategia para asegurar la continuidad del PSA y la operatividad de la ASADA.																
	4.4. Establecer registro de cambios.																

Figura A.1. Cronograma de construcción del PSA.

APÉNDICE 3. RESPUESTA DE LOS TALLERES DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

Cuadro A.0.2. Respuesta de talleres de identificación de riesgos.

	Peligro identificado	¿Control?		¿Cómo se podría controlar?	¿Urgente?	
		Si	No		Si	No
Nacientes y captaciones	Nacientes que abastecen las quebradas están cerca de la carretera nacional en el Cerro Tablazo por lo que se contaminan de manera indirecta por hidrocarburos por escorrentía.		x		x	
	La mayor parte de las nacientes registradas por la ASADA se encuentran en el Cerro Tablazo, por lo que los frecuentes botaderos ilegales que se dan en este lugar comprometen significativamente la calidad del agua de las quebradas que se forman a partir de estas nacientes.		x	Control municipal y organización vecinal.	x	
	Se realizan construcción, que conllevan a movimientos de tierra importantes y deforestación de la zona, lo que compromete la estabilidad del terreno y la calidad de las aguas por el vertido de aguas residuales de tipo domiciliario en los cuerpos de agua de los cuales se abastece la ASADA.		x	Control municipal.	x	
	Se tienen identificadas fincas y propiedades específicas donde se encuentran nacientes de la ASADA y se realizan actividades ganaderas que pueden comprometer la calidad del agua.		x	Delimitar con los dueños de la finca el sector del ganado para evitar la contaminación.	x	
	Las lluvias producen deslizamientos que pueden dañar la toma con obstrucciones o destrucción total o parcial de la estructura.	x		Establecer planes de monitoreo del estado de los terrenos y planes de reforestaciones.	x	
	Las sequías bajan el caudal de las quebradas.		x	Buscar fuentes alternativas de abastecimiento de agua	x	
	No se tiene el adecuado mantenimiento en las captaciones, ni de las estructuras hidráulicas ni de protección lo que puede comprometer la calidad y continuidad del abastecimiento de agua a para la población.	x		Diseñar un plan de mantenimiento, donde se incluya la mejora y cambio de tapas y rejillas	x	
	La deforestación y erosión que presentan muchas de las fincas donde se encuentran las nacientes por las actividades agropecuarias que se desarrollaron anteriormente, producen gran inestabilidad en los terrenos por lo que son más propensos a sufrir daños significativos que comprometan la calidad, la continuidad y la disponibilidad de agua para consumo		x	Monitoreo continuo en época lluviosa y realizar planes de reforestación.	x	
Las captaciones de las quebradas Q3 y Q4 no cuentan con portón ni cercado por lo que tiene el acceso libre para personas y animales, además que por contar con cataratas son de gran atractivo turístico durante el verano y es por esto que se puede ver afectada por contaminación, física, química o microbiológica. En cuanto a la quebrada Mena y Tablazo, tienen acceso regulado por la ASADA y la vigilancia es diaria, pero al ser quebradas pueden accederse en cualquier punto de la quebrada e introducir contaminación por lo que se deben realizar inspecciones a lo largo del cauce.	x		Medidas de control y vigilancia de acceso de personas y animales a las quebradas.	x		

Red de conducción y distribución	La tubería de conducción de la quebrada Elieres atraviesa la finca en la que se ubica hasta llegar a la caja de reunión en la captación de la quebrada Tablazo es de PVC y se encuentra totalmente expuesta.	x		Como la toma es temporal, cuando la toma está en uso se debe estar en vigilancia de los terrenos por lo que pasa y de las obstrucciones ya que sólo opera en época lluviosa.	x	
	Por lo fácil de acceder a las zonas de captación de la Q3 y Q4, son propensas a sufrir daños y vandalismo en las estructuras.	x		Monitoreo frecuente por parte de los funcionarios.	x	
	De la tubería de distribución se tiene un tramo de aproximadamente 1,8km en HG. Esto se ubica en la parte baja del sistema sobre la calle principal de Higuito	x		Elaborar un plan de cambio de tubería, con presupuesto, plazos	x	
	La tubería de la Q3 y Q4 están en alto riesgo de sufrir daños significativos por deslizamientos en la época lluviosa principalmente en el tramo que se ubica en la Finca de los Hernández.	x		Hacer mantenimiento preventivo de las tuberías en época seca y mantener vigilancia constante en las tuberías	x	
	Cuando se suspende el servicio las tuberías se vuelven propensas a daños significativos por golpe de ariete.		x	Tener un procedimiento para volver a poner el agua luego de una suspensión, poner válvulas de aire	x	
	Las líneas de conducción son propensas a vandalismo por ubicarse más alejadas y con poca vigilancia.		x	Vigilancia y monitoreo continuo.	x	
	Las tuberías de distribución están ubicadas a 80cm de profundidad y son propensas a roturas y daños por las vibraciones de vehículos pesados.		x	Se tiene un control de fugas por parte del fontanero, pero no es eficiente por lo que se daña la carretera en busca de tuberías.	x	
	No se tienen o se encuentran en mal estado válvulas de compuerta en los distintos ramales, que permitan la reparación de fugas sin afectar sectores grandes de usuarios.		x	Cambio de la válvula (Válvula de compuerta de HG con Flanger de 4", con una unión Draiser de 5"x4" Frente al EBAIS	x	
Tratamiento	El desarenador es la estructura más propensa a derrumbes, ya sufrió en el año 2017 los efectos de la tormenta Nate y perdió de manera parcial la estructura de protección	x		Construcción de un muro de contención en la parte del deslizamiento del desarenador, además de terminar el cierre de la estructura que fue destruida.	x	
	En la parte posterior de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) tiene un talud de tierra que se encuentra erosionado y sin protección, lo que puede ocasionar un deslizamiento de material que afecte la estructura de la PTAP, así como la continuidad y calidad del agua.		x	Poner una geo membrana y zacate para amarrar el terreno y evitar derrumbes que afecte las estructuras del desarenador	x	
	La falta de electricidad es un riesgo en los equipos de bombeo y dosificación de la PTA, además que afecta la continuidad los procesos de producción de cloro que se da por electrolisis así como la dosificación del mismo.		x	Comprar una planta eléctrica, UPS o protector de picos para evitar daños por cambios de voltaje o cortes de electricidad afecten los equipos sensibles.	x	
	Existe una falla tectónica importante que atraviesa el cerro del Tablazo justo donde se encuentran las principales estructuras de tratamiento de la ASADA por lo que existe un riesgo latente.	x		Plan de emergencia y contingencia ante un evento telúrico.	x	
	Al ser fuentes superficiales la carga orgánica y turbiedad es muy alta por lo que se puede dar una obstrucción de los filtros de la planta de tratamiento por sobrecarga de sedimentos		x	Mantenimiento adecuado y capacitación del personal en la operación de la PTAP frente a las diferentes entradas de agua.	x	
	El sistema de tratamiento de los filtros de carbón y antracita con que cuenta San Gerardo pueden verse sobresaturados de sedimentos en la época lluviosa ya que las fuentes que lo nutren son superficiales.	x			x	
	Crecimiento de biopelícula en las paredes, láminas del floculador y el sedimentador, así como acumulación de sedimentos.				x	
Problemas de dosificación de químicos en la PTAP						

Almacenamiento	El personal no tiene suficiente capacitación o instrucciones sobre la operación de las llaves, tratamientos y tanques en los diversos escenarios por lo que se producen pérdidas de reactivos, cloro y hasta agua en el rebalse.		x	Control y capacitación del personal para el adecuado mantenimiento.	x	
	Estructuras de protección dañadas lo que vuelve los componentes del sistema más propensas a vandalismo.	x		Reparar la infraestructura con el fin de resguardar el acceso al tanque principal.	x	
	Contaminación y sedimentos acumulados por ingreso de aguas contaminadas o fallas en el proceso de desinfección.	x		Programar limpiezas del tanque y desinfección. Se debe realizar el mantenimiento del tanque además de un plan de abastecimiento de agua a la población se realiza el lavado.	x	
	Grietas o daños estructurales por movimientos telúricos	x		Revisión frecuente de la infraestructura y regular la entrada de agua.	x	
	Sobrepresión en los sistemas de almacenamiento	x			x	
Intradomiciliar	Riesgo de contaminación por llaves y tuberías internas en mal estados		x	Cuando se identifican casos así se debe reportar a la administración y al usuario ya que esto puede perjudicar la salud pública.	x	
	Daños en medidores. Llaves de paso entre otros.		x	Realizar monitoreo de fugas, avisar a usuarios de altos consumos, realizar capacitaciones sobre el alto.	x	
	Drenajes mal diseñados que introducen contaminación cruzada		x	Cuando se identifican casos así se debe reportar a la administración y al usuario ya que esto puede perjudicar la salud pública.	x	
	Conexiones ilegales		x	Establecer un plan de vigilancia en las rutas de lectura donde se puedan identificar las conexiones ilegales del sistema.	x	
	Tuberías y accesorios adicionales dentro de la propiedad que pueden provocar fugas o pérdidas.		x	Se tienen pérdidas importantes de agua por conexiones deficientes, además de que se tiene perdías por accesorios. Estas conexiones deficientes hacen que se revienten por golpe de ariete y se tengan fugas.	x	
	Consumo excesivo que baja el nivel de tanque.	x		Campañas de uso racional del agua y eficiente del recurso.	x	
	Manipulación de medidores o llaves de paso y se afecta la continuidad del agua.	x		Diseñar un plan de mantenimiento de medidores.	x	
	Válvulas de conexiones domiciliarias en muchos casos están ausentes o en mal estado.					
Almacenamiento de agua en estañones o recipientes sin tapa.						

APENDICE 4. EVALUACIÓN IRCACH DE LA ASADA.

Cuadro A.3. Evaluación IRCACH para la ASADA de Higuito en el año 2018

Sistema clorado		Acueducto de Higuito de San Miguel de Desamparados			
Punto de muestreo		RED4			
Fecha de muestreo		16/03/18			
ID		AYA-ID-02565-2018			
PARAMETRO	Unidades	Valor Máximo Permissible+ Incertidumbre	Resultado	Conformidad	Puntaje
Aluminio	µg/L	201,0	91,0	Cumple	
Antimonio	µg/L	5,1	N.D.	Cumple	
Arsénico	µg/L	10,1	0,3	Cumple	
Cadmio	µg/L	3,1	N.D.	Cumple	
Calcio	mg/L	101,0	14,5	Cumple	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,29 - 1,01	0,3	Cumple	
Cloruros	mg/L	250,50	2,62	Cumple	
Cobre	µg/L	2001,0	N.D.	Cumple	
Color Aparente	UPt-Co	16	7	Cumple	
Conductividad	µS/cm	401	124	Cumple	
Cromo	µg/L	50,1	N.D.	Cumple	
Dureza Total	mg/L	401	56	Cumple	
Fluoruros	mg/L	1,53	0,15	Cumple	
Hierro	µg/L	301,0	83,2	Cumple	
Magnesio	mg/L	50,1	4,8	Cumple	
Manganeso	µg/L	301,0	15,0	Cumple	
Mercurio	µg/L	1,1	N.D.	Cumple	
Níquel	µg/L	21,00	N.D.	Cumple	
Nitratos	mg/L	50,53	N.D.	Cumple	
Nitritos	mg/L	0,13	N.D.	Cumple	
Olor	N.A.	Aceptable	Aceptable	Cumple	
pH		5,90 - 8,10	8,03	Cumple	
Plomo	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Potasio	mg/L	10,8	D.	Cumple	
Selenio	µg/L	10,1	N.D.	Cumple	
Sodio	mg/L	202,1	6,8	Cumple	
Sulfatos	mg/L	250,80	14,01	Cumple	
Temperatura	°C	30,1	19,7	Cumple	
Turbiedad	UNT	5,10	2,83	Cumple	
Zinc	µg/L	3001,0	23,2	Cumple	
Coliformes fecales	NMP/100 ml UFC/100 ml	<1	Negativo	Cumple	
TOTAL					0
Nivel de riesgo		Muy Bajo			
Color		Azul			
Calidad del agua		Apta para ingesta.			

APÉNDICE 5. EVALUACIÓN SERSA DEL SISTEMA DE LA ASADA DE HIGUITO DE DESAMPARADOS.

Cuadro A.4. Evaluación SERSA de la Quebrada Tablazo

FICHA DE CAMPO 1		
TOMA DE AGUA SUPERFICIAL- Quebrada Tablazo		
I-) INFORMACION GENERAL		
Fecha:	13-08-19	
Hora:	09:00 AM	
Nombre acueducto:	Asociación Administradora del Acueducto Rural de Higuito de Desamparados	
Nombre de la captación:	Toma Quebrada Tablazo	
Número de registro en MINAE:	NA	
Funcionario del acueducto:	Mario Portuguez Sequeira	
Teléfono:	8326-7779	
Frecuencia de limpieza:	Diario () Semanal (x) Mensual () Nunca () Otro ()	
Especificar		
II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
1. ¿Está la captación fuera de un área protegida o zona de conservación?	1	
2. ¿Está la toma de agua desprovista de infraestructura que la proteja?		1
3. ¿Está el área alrededor de la toma sin cerca, o malla de protección?		1
4. ¿Existe actividad agrícola, ganadera, industrial o desarrollo habitacional, que descarguen sus residuos aguas arriba?	1	
5. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma (tanques sépticos, animales, viviendas, basura o	1	
6. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación del río?		1
7. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas y otros)?		1
8. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas y otros) obstruyendo las rejillas de la toma?		1
9. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma?	1	
10. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?		1
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "SI")	4	6



Cuadro A.5. Evaluación SERSA de la Quebrada Mena

TOMA DE AGUA SUPERFICIAL- Quebrada Mena

I-) INFORMACION GENERAL	
Fecha:	13-08-19
Hora:	09:30 AM
Nombre acueducto:	Asociación Administradora del Acueducto Rural de Higuito de Desamprados
Nombre de la captación:	Toma Quebrada Mena
Número de registro en MINAE:	NA
Funcionario del acueducto:	Mario Portuguez Sequeira
Teléfono:	8326-7779
Frecuencia de limpieza:	Diario () Semanal (x) Mensual () Nunca () Otro ()
Especificar	



II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
1. ¿Está la captación fuera de un área protegida o zona de conservación?	1	
2. ¿Está la toma de agua desprovista de infraestructura que la proteja?		1
3. ¿Está el área alrededor de la toma sin cerca, o malla de protección?		1
4. ¿Existe actividad agrícola, ganadera, industrial o desarrollo habitacional, que descarguen sus residuos aguas arriba	1	
5. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma (tanques sépticos, animales, viviendas, basura o	1	
6. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación del río?		1
7. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas y otros)?		1
8. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas y otros) obstruyendo las rejillas de la toma?		1
9. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma?	1	
10. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?		1
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Sí")	4	6

Cuadro A.6. Evaluación SERSA de la Quebrada Q3

TOMA DE AGUA SUPERFICIAL- Quebrada Q3

I-) INFORMACION GENERAL	
Fecha:	13-08-19
Hora:	07:00 AM
Nombre acueducto:	Asociación Administradora del Acueducto Rural de Higuito de Desamaprados
Nombre de la captación:	Toma Quebrada Q3
Número de registro en MINAE:	NA
Funcionario del acueducto:	Mario Portuguez Sequeira
Teléfono:	8326-7779
Frecuencia de limpieza:	Diario () Semanal (x) Mensual () Nunca () Otro ()



Especificar

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
1. ¿Está la captación fuera de un área protegida o zona de conservación?	1	
2. ¿Está la toma de agua desprovista de infraestructura que la proteja?		1
3. ¿Está el área alrededor de la toma sin cerca, o malla de protección?	1	
4. ¿Existe actividad agrícola, ganadera, industrial o desarrollo habitacional, que descarguen sus residuos aguas arriba?	1	
5. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma (tanques sépticos, animales, viviendas, basura o	1	
6. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación del río?	1	
7. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas y otros)?		1
8. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas y otros) obstruyendo las rejillas de la toma?		1
9. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma?		1
10. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?		1
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "SI")	5	5

Cuadro A.7. Evaluación SERSA de la Quebrada Q4

TOMA DE AGUA SUPERFICIAL- Quebrada Q4

I-) INFORMACION GENERAL	
Fecha:	13-08-19
Hora:	07:30 AM
Nombre acueducto:	Asociación Administradora del Acueducto Rural de Higuito de Desamaprados
Nombre de la captación:	Toma Q4
Número de registro en MINAE:	NA
Funcionario del acueducto:	Mario Portuguez Sequeira
Teléfono:	8326-7779
Frecuencia de limpieza:	Diario () Semanal (x) Mensual () Nunca () Otro ()



Especificar

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
1. ¿Está la captación fuera de un área protegida o zona de conservación?	1	
2. ¿Está la toma de agua desprovista de infraestructura que la proteja?		1
3. ¿Está el área alrededor de la toma sin cerca, o malla de protección?	1	
4. ¿Existe actividad agrícola, ganadera, industrial o desarrollo habitacional, que descarguen sus residuos aguas arriba?	1	
5. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma (tanques sépticos, animales, viviendas, basura o	1	
6. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación del río?	1	
7. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas y otros)?		1
8. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas y otros) obstruyendo las rejillas de la toma?		1
9. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma?		1
10. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?		1
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Sí")	5	5

Cuadro A.8. Evaluación SERSA del Tanque Principal de la ASADA de Higuito.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO- Tanque principal

I-) INFORMACION GENERAL	
Fecha:	13-08-19
Hora:	10:00 AM
Nombre acueducto:	Asociación Administradora del Acueducto Rural de Higuito de Desamaprados
Nombre del tanque:	Tanque Principal
Funcionario del acueducto:	Mario Portuguez Sequeira
Teléfono:	8326-7779
Tipo Tanques:	Elevado () A nivel () Enterrado () Semi-enterrado (x)
Material del Tanque:	Concreto (x) Plástico () Metálico ()
Frecuencia de limpieza:	Diario () Semanal () Mensual () Nunca () Otro (x)
Especificar	Semestral



II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?		1
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?		1
3. ¿Carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		1
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?		1
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?		1
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		1
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?		1
8. ¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?		1
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		1
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad)	1	
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "S")	1	9

Cuadro A.9. Evaluación SERSA del Tanque de San Gerardo de la ASADA de Higuito.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO- Tanque San Gerardo

I-) INFORMACION GENERAL	
Fecha:	13-08-19
Hora:	10:20 AM
Nombre acueducto:	Asociación Administradora del Acueducto Rural de Higuito de Desamparados
Nombre del Tanque:	Tanque de San Gerardo
Funcionario del acueducto:	Mario Portuguez Sequeira
Teléfono:	8326-7779
Tipo Tanques:	Elevado (<input checked="" type="checkbox"/>) A nivel () Enterrado () Semi-enterrado ()
Material del Tanque:	Concreto (<input checked="" type="checkbox"/>) Plástico () Metálico ()
Frecuencia de limpieza:	Diario () Semanal () Mensual () Nunca () Otro (<input checked="" type="checkbox"/>) Especificar Semestral



II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?		1
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?		1
3. ¿Carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		1
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?		1
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?		1
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		1
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?		1
8. ¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?		1
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		1
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad)	1	
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Sí")	1	9

Cuadro a.10. Evaluación SERSA de la línea de conducción y distribución de la asada de higuito.

Línea de conducción y distribución

I-) INFORMACION GENERAL	
Fecha:	13-08-19
Hora:	10:40 AM
Nombre acueducto:	Asociación Administradora del Acueducto Rural de Higuito de Desamparados
Funcionario del acueducto:	Mario Portuguez Sequeira
Teléfono:	8326-7779
Número de reparaciones por fugas	8
Material de líneas de conducción:	PVC(x) Hierro galvanizado() Otros:
Material de la tubería de distribución:	PVC() Hierro Galvanizado() Mixto(x) Otros: Se tiene solo un tramo de 1,8km de HG



II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
1. ¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?		1
2. ¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?		1
3. En los tanques quiebra gradientes ¿se observan rajaduras, grietas, fugas o raíces?		1
4. ¿Se observan fugas visibles en alguna parte de la red de distribución?		1
5. ¿Existen variaciones significativas de presión en la red de distribución?	1	
6. ¿Carece de cloro residual alguna zona en la red principal de distribución?		1
7. Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?	1	
8. ¿Carecen de sistema para purgar la tubería de distribución?		1
9. ¿Carecen de un fontanero o encargado del mantenimiento de la red?		1
10. ¿Carecen de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?		1
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Sí")	2	8

APÉNDICE 6. VALORACIÓN DE RIESGOS PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA ASADA DE HIGUITO.

Cuadro A.11. Matriz de evaluación de riesgos y clasificación de riesgos para cada componente del sistema de la ASADA de Higuito.

Componente del sistema	Peligro identificado	Tipo de riesgo	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación del riesgo	Valor de significancia	Fundamento
Tomas y captaciones	Nacientes que abastecen las quebradas están cercas de la carretera nacional en el Cerro Tablazo por lo que se contaminan de manera indirecta por hidrocarburos por escorrentía.	M-Q-F	4	4	16	Muy Alto	Incierto	Es posible que con esto introduzca sustancias químicas tóxicas a las nacientes que podrían ocasionar en el agua tratada límites superiores a los establecidos por Ley.
	La mayor parte de las nacientes registradas por la ASADA se encuentran en el Cerro Tablazo, por lo que los frecuentes botaderos ilegales que se dan en este lugar comprometen significativamente la calidad del agua de las quebradas que se forman a partir de estas nacientes.	M-F-Q	3	2	6	Medio	Significativo	Es posible que el sistema de abastecimiento resulte contaminado por la existencia de vertido peligroso y tiempo lluvioso.
	Se realizan construcción, que conllevan a movimientos de tierra importantes y deforestación de la zona, lo que compromete la estabilidad del terreno y la calidad de las aguas por el vertido de aguas residuales de tipo domiciliario en los cuerpos de agua de los cuales se abastece la ASADA.	M	3	3	9	Medio	Incierto	Contaminación por vertido de aguas residuales a los cauces de las quebradas que abastecen el sistema de agua de la ASADA.
	Se tienen identificadas fincas y propiedades específicas donde se encuentran nacientes de la ASADA y se realizan actividades ganaderas que pueden comprometer la calidad del agua.	M-Q	1	3	3	Bajo	No significativo	La cantidad de ganado que se tiene es muy poca y se ubica en un sector alejado de las quebradas, pero podría introducir residuos de excrementos.
	Las lluvias producen deslizamientos que pueden dañar la toma con obstrucciones o destrucción total o parcial de la estructura.	F-M	2	5	10	Alto	Significativo	Durante la época lluviosa la turbiedad aumenta a límites superiores que los establecidos por la ley y los sistemas de tratamiento actuales no pueden darle tratamiento para poder darle continuidad al abastecimiento.
	Las sequías bajan el caudal de las quebradas.	H	2	5	10	Alto	Significativo	La producción actual durante la época seca es menor a los consumos de comunidad por lo que se deben realizar suspensiones del servicio de manera temporal.
	No se tiene el adecuado mantenimiento en las captaciones, ni de las estructuras hidráulicas ni de protección lo que puede comprometer la calidad y continuidad del abastecimiento de agua a para la población.	M	2	2	4	Bajo	Significativo	Se tienen partes de las estructuras de las captaciones como las rejillas dañadas que deben ser sustituidas.

	La deforestación y erosión que presentan muchas de las fincas donde se encuentran las nacientes por las actividades agropecuarias que se desarrollaron anteriormente, producen gran inestabilidad en los terrenos por lo que son más propensos a sufrir daños significativos que comprometan la calidad, la continuidad y la disponibilidad de agua para consumo	M-F	1	3	3	Bajo	No significativo	Estos terrenos no son compactados, además se han visto afectados por la erosión por efecto de la ganadería en años anteriores.
	Las captaciones de las quebradas Q3 y Q4 no cuentan con portón ni cercado por lo que tiene el acceso libre para personas y animales, además que por contar con cataratas son de gran atractivo turístico durante el verano y es por esto que se puede ver afectada por contaminación, física, química o microbiológica. En cuanto a la quebrada Mena y Tablazo, tienen acceso regulado por la ASADA y la vigilancia es diaria, pero al ser quebradas pueden accederse en cualquier punto de la quebrada e introducir contaminación por lo que se deben realizar inspecciones a lo largo del cauce.	M-F-Q	5	5	25	Muy Alto	Significativo	Posible contaminación por agentes patógenos, por efecto de la defecación al aire libre de humanos, ganados, la congregación de aves cercanas a las quebradas, además de acceso de personas a las quebradas para uso recreacional.
Red de conducción y distribución	La tubería de conducción de la quebrada Elieras atraviesa la finca en la que se ubica hasta llegar a la caja de reunión en la captación de la quebrada Tablazo es de PVC y se encuentra totalmente expuesta.	M-F	2	3	6	Medio	Significativo	Esta propensa a vandalismos, daños por derrumbes, o daños por ganado que se encuentre en la propiedad.
	Por lo fácil del acceso a las zonas de captación de la Q3 y Q4, son propensas a sufrir daños y vandalismo en las estructuras.	F	2	2	4	Bajo	No significativo	Se presentan robos de válvulas, tuberías entre otros, así como daños en las estructuras como los tanques que quebran gradientes entre otros.
	De la tubería de distribución se tiene un tramo de aproximadamente 1,8km en HG. Esto se ubica en la parte baja del sistema sobre la calle principal de Higuito	M-Q	5	5	25	Muy Alto	Significativo	Esta tubería introduce contaminación con corrosión.
	La tubería de la Q3 y Q4 están en alto riesgo de sufrir daños significativos por deslizamientos en la época lluviosa principalmente en el tramo que se ubica en la Finca de los Hernández.	F-M	1	5	5	Bajo	Significativo	El tramo por la finca de los Hernández es propenso a deslizamientos.
	Cuando se suspende el servicio las tuberías se vuelven propensas a daños significativos por golpe de ariete.	F	4	5	20	Muy Alto	Significativo	Se pierden altos volúmenes de agua en fugas de agua dañadas en la tubería, además se tienen pérdidas económicas considerables en tuberías
	Las líneas de conducción son propensas a vandalismo por ubicarse más alejadas y con poca vigilancia.	F	2	1	2	Bajo	No significativo	Se producen robos esporádicos de tuberías, válvulas, accesorios, tapas de medidores entre otros.
	Las tuberías de distribución están ubicadas a 80cm de profundidad y son propensas a roturas y daños por las vibraciones de vehículos pesados.	F-M-Q	2	4	8	Medio	Significativo	Se producen fugas y fisuras en las tuberías por vibraciones, lo que puede introducir contaminación en la tubería.

Tratamiento	No se tienen o se encuentran en mal estado válvulas de compuerta en los distintos ramales, que permitan la reparación de fugas sin afectar sectores grandes de usuarios.	F-M	4	2	8	Medio	Significativo	Cuando hay averías se deben suspender el servicio a sectores más amplios afectando mayor número de usuarios lo que puede afectar temas de salud e higiene.
	El desarenador es la estructura más propensa a derrumbes, ya sufrió en el año 2017 los efectos de la tormenta Nate y perdió de manera parcial la estructura de protección	F-M-Q	2	4	8	Medio	Significativo	Desprendimiento de materiales e inestabilidad del terreno puede provocar deslizamientos en el terreno aumentando la vulnerabilidad de la estructura.
	En la parte posterior de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) tiene un talud de tierra que se encuentra erosionado y sin protección, lo que puede ocasionar un deslizamiento de material que afecte la estructura de la PTAP, así como la continuidad y calidad del agua.	F	2	4	8	Bajo	Significativo	No existen precedentes, pero la estructura se encuentra en un terreno rodeado de taludes pronunciados y sin protección por lo que pueden ser afectados por la erosión y deslizamientos.
	La falta de electricidad es un riesgo en los equipos de bombeo y dosificación de la PTA, además que afecta la continuidad los procesos de producción de cloro que se da por electrolisis así como la dosificación del mismo.	M-Q	3	5	15	Alto	Significativo	Potencial pérdida de continuidad en el proceso de cloración y aplicación de productos químicos en la PTAP.
	Existe una falla tectónica importante que atraviesa el cerro del Tablazo justo donde se encuentran las principales estructuras de tratamiento de la ASADA por lo que existe un riesgo latente.	F	1	2	2	Bajo	No significativo	Existe una falla tectónica que atraviesa el cerro tablazo, por lo que existe la posibilidad de un movimiento telúrico fuerte que dañe las estructuras del sistema.
	Al ser fuentes superficiales la carga orgánica y turbiedad es muy alta por lo que se puede dar una obstrucción de los filtros de la planta de tratamiento por sobrecarga de sedimentos	M-Q	4	4	16	Muy Alto	Significativo	Una sobre carga de materia orgánica en la entrada de agua puede afectar la operación de PTAP, introduciendo contaminación microbiológica.
	El sistema de tratamiento de los filtros de carbón y antracita con que cuenta San Gerardo pueden verse sobresaturados de sedimentos en la época lluviosa ya que las fuentes que lo nutren son superficiales.	M-Q	4	4	16	Muy Alto	Significativo	Una sobre carga de materia orgánica en la entrada de agua puede afectar la operación de los filtros de agua, introduciendo contaminación microbiológica.
	Crecimiento de biopelícula en las paredes, láminas del floculador y el sedimentador, así como acumulación de sedimentos.	M-F-Q	5	3	15	Alto	Significativo	Contaminación con patógenos por la película formada en las paredes de la PTAP.
	Problemas de dosificación de químicos en la PTAP	M-Q	4	3	12	Alto	Significativo	Esto puede afectar la falta de tratamiento del agua lo que incide directamente en la calidad de agua de salida. Además puede ser un sobre tratamiento, que de igual manera puede incidir en algún parámetro de monitoreo del agua.
	El personal no tiene suficiente capacitación o instrucciones sobre la operación de las llaves, tratamientos y tanques en los diversos escenarios por lo que se producen pérdidas de reactivos, cloro y hasta agua en el rebalse.	H	4	2	8	Medio	Incierto	Se pueden dar pérdidas significativas de agua por poco control de los operarios sobre el nivel del tanque.
Estructuras de protección dañadas lo que vuelve los componentes del sistema más propensas a vandalismo.	F-Q	1	2	2	Bajo	Significativo	Son más propensas a ingreso personas no autorizadas o contaminación por animales o aves y contaminen con	

								patógenos.
	Contaminación y sedimentos acumulados por ingreso de aguas contaminadas o fallas en el proceso de desinfección.	M	3	3	9	Medio	No significativo	Posible contaminación por crecimiento de algas o turbiedad, así como contaminación microbiológica por materia orgánica acumulada en el tanque.
	Grietas o daños estructurales por movimientos telúricos	F	1	4	4	Bajo	Incierto	Potencial pérdida de presión por fugas, además de daños estructurales importantes que comprometan la continuidad.
	Sobrepresión en los sistemas de almacenamiento	M-F-Q	1	4	4	Bajo	Incierto	Potencial pérdida de presión por fugas, además de daños estructurales importantes que comprometan la continuidad, además.
Intradomiciliar	Riesgo de contaminación por llaves y tuberías internas en mal estado	F-M-Q-H	3	5	15	Medio	Incierto	El deficiente manejo del agua intradomiciliar, tuberías en mal estado o
	Daños en medidores. Llaves de paso entre otros.	M-Q	4	2	8	Medio	No significativo	Esto produce pérdidas de agua e incluso eso permite la contaminación potencial con patógenos.
	Drenajes mal diseñados que introducen contaminación cruzada	F-M	3	5	15	Medio	Significativo	
	Conexiones ilegales	H	4	2	8	Medio	Significativo	Es posible la reducción del caudal para la población ya que la demanda de agua es superior a la oferta.
	Tuberías y accesorios adicionales dentro de la propiedad que pueden provocar fugas o pérdidas.	H	3	1	3	Medio	Incierto	Puede introducir contaminación en las casas.
	Consumo excesivo que baja el nivel de tanque.	F-M	3	2	6	Medio	Significativo	Se tienen malas prácticas de uso de agua y fugas no determinadas lo que pone en riesgo la disponibilidad para todos los usuarios.
	Manipulación de medidores o llaves de paso y hace que las personas se queden sin agua por varias horas.	F	3	1	3	Medio	Significativo	Esto ocasiona que los usuarios se queden sin servicio de agua por horas por lo que existe posibilidad de que se generen enfermedades por mala manipulación de alimentos y deficientes procesos sanitarios.
	Válvulas de conexiones domiciliarias en muchos casos están ausentes o en mal estado.	H-M-Q	4	3	2	Medio	Incierto	La manipulación de estas puede provocar golpes de ariete que dañen las tuberías, fugas, o que se queden sin servicio por varias horas.
	Almacenamiento de agua en estañones o recipientes sin tapa.		3	3	9	Medio	Significativo	Estos reservorios de agua pueden almacenar patógenos o ser contaminados por la intrusión de roedores u otros vectores.

APÉNDICE 7. LÍMITES CRÍTICOS Y ACCIONES DESENCADENANTES.

Cuadro A.12. Definición de límites críticos y acciones desencadenantes para los peligros identificados

Componente del sistema	Peligro identificado	Límite crítico previsto	Acción desencadenante
Tomas y captaciones	Nacientes que abastecen las quebradas están cercas de la carretera nacional en el cerro Tablazo por lo que se contaminan de manera indirecta por hidrocarburos por escorrentía.	Contaminación o derrames que aumenten la concentración de hidrocarburos por encima de lo considerado apto para consumo, este valor medido en las captaciones.	Se debe sacar de operación las quebradas que se encuentren contaminadas. Realizar análisis físico químicos para poder estar monitoreando los niveles.
	La mayor parte de las nacientes registradas por la ASADA se encuentran en el Cerro Tablazo, por lo que los frecuentes botaderos ilegales que se dan en este lugar comprometen significativamente la calidad del agua de las quebradas que se forman a partir de estas nacientes.	Identificación de botaderos clandestinos en el cauce de las quebradas.	Notificación a la municipalidad y verificación de la afectación a las nacientes y la calidad del agua.
	Se realizan construcción, que conllevan a movimientos de tierra importantes y deforestación de la zona, lo que compromete la estabilidad del terreno y la calidad de las aguas por el vertido de aguas residuales de tipo domiciliario en los cuerpos de agua de los cuales se abastece la ASADA.	Cuando estas construcciones se encuentren dentro del límite de protección de las nacientes, así como cuando produzcan inestabilidad en el terreno que afecte a largo plazo.	Notificación a la municipalidad y verificación de la afectación a las nacientes y la calidad del agua.
	Se tienen identificadas fincas y propiedades específicas donde se encuentran nacientes de la ASADA y se realizan actividades ganaderas que pueden comprometer la calidad del agua.	Si se desarrollan proyectos de ganadería de extensión o los animales se encuentran en el margen de protección de las quebradas.	Notificación a los dueños de las fincas sobre la afectación y se aplica la medida correctiva correspondiente.
	Las lluvias producen deslizamientos que pueden dañar la toma con obstrucciones o destrucción total o parcial de la estructura.	Obstrucción parcial o total de las tomas o cauce de las quebradas	Se saca de operación las fuentes y se suspende manera temporal el servicio. Se realiza una intervención al sistema.
	Las sequías bajan el caudal de las quebradas.	Cuando el nivel de agua en el tanque de almacenamiento principal sea de dos tercios de capacidad total.	Se suspende el servicio de manera temporal hasta recuperar el volumen del tanque.
	No se tiene el adecuado mantenimiento en las captaciones, ni de las estructuras hidráulicas ni de protección lo que puede comprometer la calidad y continuidad del abastecimiento de agua a para la población.	Cuando se dañen totales o parciales las estructuras de captación, así como cuando la sedimentación impida el flujo de agua a la canaleta.	Sale de operación la quebrada y se dirige el recurso humano de la ASADA a la puesta en operación de la captación.
	La deforestación y erosión que presentan muchas de las fincas donde se encuentran las nacientes por las actividades agropecuarias que se desarrollaron anteriormente, producen gran inestabilidad en los terrenos por lo que son más propensos a sufrir daños significativos que comprometan la	NA	NA

	calidad, la continuidad y la disponibilidad de agua para consumo		
	Las captaciones de las quebradas Q3 y Q4 no cuentan con portón ni cercado por lo que tiene el acceso libre para personas y animales, además que por contar con cataratas son de gran atractivo turístico durante el verano y es por esto que se puede ver afectada por contaminación, física, química o microbiológica. En cuanto a la quebrada Mena y Tablazo, tienen acceso regulado por la ASADA y la vigilancia es diaria, pero al ser quebradas pueden accederse en cualquier punto de la quebrada e introducir contaminación por lo que se deben realizar inspecciones a lo largo del cauce.	Concentración de patógenos, agentes físicos y químicos que afecten la calidad del agua y la vuelven no apta para consumo humano.	Se debe sacar de operación las quebradas que se encuentren contaminadas. Realizar análisis físico químicos y microbiológicos para poder estar monitoreando los niveles.
Red de conducción y distribución	La tubería de conducción de la quebrada Elieres atraviesa la finca en la que se ubica hasta llegar a la caja de reunión en la captación de la quebrada Tablazo es de PVC y se encuentra totalmente expuesta.	Derrumbe, deslizamiento o inundación que ocasionen un daño parcial o total de la estructura	Salida de operación del desarenador y se hace un bypass hasta la planta de tratamiento para poder dar tratamiento al agua.
	Por lo fácil de acceder a las zonas de captación de la Q3 y Q4, son propensas a sufrir daños y vandalismo en las estructuras.	Daños en la infraestructura o robo parcial de las tuberías o válvulas que afecten el flujo de agua al desarenador.	Se debe movilizar el personal para revisar el estado y la calidad del agua.
	De la tubería de distribución se tiene un tramo de aproximadamente 1,8km en HG. Esto se ubica en la parte baja del sistema sobre la calle principal de Higuito	Daños significativos de la tubería que no se puedan solucionar con prontitud debido a las características de la tubería. Cuando se presente contaminación en la red producto de la corrosión de la tubería.	Sustitución y reparación del sector afectado.
	La tubería de la Q3 y Q4 están en alto riesgo de sufrir daños significativos por deslizamientos en la época lluviosa principalmente en el tramo que se ubica en la Finca de los Hernández.	Daño parcial o total de las tuberías que pongan en riesgo la calidad o cantidad de agua que nutre al sistema.	Salida de operación de la quebradas Q3 y Q4, lo que implicaría una disminución importante del caudal por lo que se suspendería el servicio.
	Cuando se suspende el servicio las tuberías se vuelven propensas a daños significativos por golpe de ariete.	Daño en un tramo de la tubería que afecte la disponibilidad en otros sectores o el nivel del tanque	Suspensión del servicio para la reparación de la fuga.
	Las líneas de conducción son propensas a vandalismo por ubicarse más alejadas y con poca vigilancia.	Daño parcial o total de las tuberías que pongan en riesgo la calidad o cantidad de agua que nutre al sistema.	Suspensión temporal del servicio para la reparación.
	Las tuberías de distribución están ubicadas a 80cm de profundidad y son propensas a roturas y daños por las vibraciones de vehículos pesados.	Daño parcial o total de las tuberías que pongan en riesgo la calidad o cantidad de agua que nutre al sistema. Introducción de contaminación por las grietas en las tuberías.	Suspensión temporal del servicio para la reparación. Purgar las tuberías.
	No se tienen o se encuentran en mal estado válvulas de compuerta en los distintos ramales, que permitan la reparación de fugas sin afectar sectores grandes de usuarios.	Sustitución de los accesorios que se encuentren en mal estado o dañados.	Suspensión temporal del servicio y movilización de personal a atender la fuga.

Tratamiento	El desarenador es la estructura más propensa a derrumbes, ya sufrió en el año 2017 los efectos de la tormenta Nate y perdió de manera parcial la estructura de protección	Deslizamiento que afecte la estructura de manera parcial o total. Introducción de sedimentos y contaminación en el tanque de almacenamiento.	Se suspende el servicio mientras se pone a funcionar una tubería a manera de bypass a la PTAP para afectar la disponibilidad, mientras se interviene la infraestructura.
	En la parte posterior de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) tiene un talud de tierra que se encuentra erosionado y sin protección, lo que puede ocasionar un deslizamiento de material que afecte la estructura de la PTAP, así como la continuidad y calidad del agua.	Deslizamiento que afecte la estructura de manera parcial o total. Introducción de sedimentos y contaminación en el tanque de almacenamiento.	Suspensión temporal del servicio mientras se interviene la PTAP.
	La falta de electricidad es un riesgo en los equipos de bombeo y dosificación de la PTA, además que afecta la continuidad los procesos de producción de cloro que se da por electrolisis así como la dosificación del mismo.	Falta de dosificación de cloro y reactivos. Se para la producción de cloro más de 72 horas	Se pone a operar las dosificaciones de manera manual. Se produce el cloro de manera alterna con HTH.
	Existe una falla tectónica importante que atraviesa el cerro del Tablazo justo donde se encuentran las principales estructuras de tratamiento de la ASADA por lo que existe un riesgo latente.	Daños en las infraestructuras del sistema que las inhabilite de manera parcial o permanente.	Suspensión temporal del servicio, e intervención de las infraestructuras afectadas. Si la suspensión supera las 6 horas se activa un plan de abastecimiento de agua por cisterna
	Al ser fuentes superficiales la carga orgánica y turbiedad es muy alta por lo que se puede dar una obstrucción de los filtros de la planta de tratamiento por sobrecarga de sedimentos	Turbiedad superior a los 1200UNT que es la carga máxima de tratamiento de la PTAP	Suspensión temporal del servicio, mezcla con agua almacenada para poder disminuir la turbiedad.
	El sistema de tratamiento de los filtros de carbón y antracita con que cuenta San Gerardo pueden verse sobresaturados de sedimentos en la época lluviosa ya que las fuentes que lo nutren son superficiales.	Sobre saturación de los filtros de agua que hace que la salida de agua tenga una turbiedad mayor que la entrada.	Se hace un bypass en la PTAP para afectar la disponibilidad de agua, mientras que se realiza un lavado de los filtros.
	Crecimiento de biopelícula en las paredes, láminas del floculador y el sedimentador, así como acumulación de sedimentos.	Producción de cian toxinas por proliferación de aguas	Se realiza un bypass a la planta de tratamiento para poder realizar una mezcla con agua almacenada para reducir la concentración de las cianobacterias.
	Problemas de dosificación de químicos en la PTAP	Sobre dosificación que genere subproductos en el agua que pueda producir una afección a la salud. Que se dosifique por debajo de los requerimientos mínimos y esto afecte la calidad del agua.	Realizar una mezcla con agua almacenada para reducir la concentración química. Se debe corregir la dosificación de inmediato.
Almacenamiento	El personal no tiene suficiente capacitación o instrucciones sobre la operación de las llaves, tratamientos y tanques en los diversos escenarios por lo que se producen pérdidas de reactivos, cloro y hasta agua en el rebalse.	NA	NA

	Estructuras de protección dañadas lo que vuelve los componentes del sistema más propensos a vandalismo.	Ingreso de personal o animales no autorizado puede ocasionar daños a la estructura además de que se puede introducir contaminación al agua tratada.	Daño de la estructura de la ASADA, además de un riesgo para la salud por el cloro que se trabaja en la caseta.
	Contaminación y sedimentos acumulados por ingreso de aguas contaminadas o fallas en el proceso de desinfección.	Turbiedad a la salida superior a los UNT	Suspensión temporal del servicio para el lavado interno del tanque.
	Grietas o daños estructurales por movimientos telúricos	Gritas o daños que produzcan humedad o fugas en la estructura de hormigón	Intervención inmediata de la infraestructura
	Sobrepresión en los sistemas de almacenamiento	La presión daña la estructura produciendo grietas que produzcan humedad o fugas.	Abrir de la válvula rebalse, si ya presenta un daño estructural deberá intervenir la infraestructura

APENDICE 8. PROPUESTA DE NUEVAS MEDIDAS DE CONTROL.

Cuadro A.12. Propuesta de nuevas medidas de control y medidas de evaluación de la eficiencia para los diversos componentes del sistema de la ASADA de Higuito.

Componente del sistema	Peligro identificado	Medida de control actual	Medida de control propuesta	Eficiencia de medida de control	Medida de monitoreo
Tomas y captaciones	Nacientes que abastecen las quebradas están cercas de la carretera nacional en el cerro Tablazo por lo que se contaminan de manera indirecta por hidrocarburos por escorrentía.	No se tiene medida de control	Diseñar un sistema de alcantarillado, que permita la canalización de las aguas pluviales así evitar la escorrentía de agua pluvial que introduzcan contaminación a las nacientes	Mejor calidad del agua cruda que entra al sistema.	Cada que se identifique vertido de aguas residuales o derrames de aceite o hidrocarburos.
	La mayor parte de las nacientes registradas por la ASADA se encuentran en el Cerro Tablazo, por lo que los frecuentes botaderos ilegales que se dan en este lugar comprometen significativamente la calidad del agua de las quebradas que se forman a partir de estas nacientes.	Reporte a la municipalidad cuando se encuentra algún botadero provisional las zonas de recarga	Establecer contactos la municipalidad de Desamparados y CONAVI para poder diseñar un plan poner alcantarillas en la carretera que cruza el cerro Tablazo desde Corralillo hasta Higuito centro, esto para poder evitar que los lixiviados con hidrocarburos y aceites producto del flujo vehicular de la zona. Se diseñan campañas de limpieza y vigilancia en la zona para la recolección de residuos sólidos.	Esta eficiencia podrá ser solo monitoreada con análisis de trazabilidad de hidrocarburos y aceites. La respuesta de la municipalidad en cuanto a los botaderos es poca e ineficiente por lo que las campañas de limpieza son la medida más apropiada.	Análisis de laboratorio periódicos con el fin de medir trazas de aceite, hidrocarburos u otros componentes.
	Se realizan construcción, que conllevan a movimientos de tierra importantes y deforestación de la zona, lo que compromete la estabilidad del terreno y la calidad de las aguas por el vertido de aguas residuales de tipo domiciliar en los cuerpos de agua de los cuales se abastece la ASADA.	Se realizan reportes de construcciones en el cerro que puedan introducir contaminación a las quebradas.	Establecer un enlace con la municipalidad para tener control más eficiente sobre las construcción, movimientos de tierra y deforestaciones que se realizan en las zonas de recarga que erosionan el terreno y podrían afectar con deslizamientos o la disponibilidad a largo plazo, por lo cual se podría establecer una intervención más oportuna.	Está ligada a la respuesta y control municipal.	Inspecciones mensuales de reconocimiento con un reporte escrito donde se notifiquen todos los eventos ubicados.
	Se tienen identificadas fincas y propiedades específicas donde se encuentran nacientes de la ASADA y se realizan actividades ganaderas que	La cantidad de ganado que se tiene es poca por lo que se tienen reuniones periódicas con los dueños	Realizar un mapeo de las fincas en la zona de las nacientes que tienen ganado y realizar una identificación del mismo.	Solo se podrá evitar la contaminación cuando se cumplan los perímetros de protección	Inspecciones mensuales con reportes escritos, así como reuniones y acuerdos con los dueños de las fincas.

pueden comprometer la calidad del agua.	de la finca con el fin de tener un mejor control		de las nacientes.	
Las lluvias producen deslizamientos que pueden dañar la toma con obstrucciones o destrucción total o parcial de la estructura.	Se realizan durante el verano mantenimiento y con las primeras lluvias se realizan inspecciones para la identificación de riesgos y posibles deslizamientos.	Plan de monitoreo semanal tanto en verano e invierno, y documentar la información de estas inspecciones con el fin de que pueda mapear las zonas de más riesgo y así prevenir o intervenir los desastres de manera oportuna	Solo serán eficientes si se documentan así poder tener identificados los puntos vulnerables y los cambios en el sistema.	Inspecciones semanales en el cauce de las quebradas, así como en los diferentes componentes del sistema. Además, cuando se encuentre algún evento o situación peligrosa se debe reportar y hacer la evaluación componentes.
Las sequías bajan el caudal de las quebradas.	Se realizan racionamientos de agua de acuerdo al nivel del tanque y estos se documentan.	La ASADA se encuentra en una situación de estrés hídrico por lo que se deben buscar fuentes alternativas de abastecimiento ya que esto con el paso del tiempo y el crecimiento poblacional se vuelve cada más crítico.	La introducción de nuevas fuentes reducen los racionamientos a horas semanales en lugar de horas diarias, lo que se puede tomar como indicador.	Realizar monitoreo y aforos mensuales para poder ver el comportamiento de las fuentes. Así como tener identificadas o buscar las formas de construcción de un pozo de captación de otras fuentes de agua como medida urgente.
No se tiene el adecuado mantenimiento en las captaciones, ni de las estructuras hidráulicas ni de protección lo que puede comprometer la calidad y continuidad del abastecimiento de agua a para la población.	Se tiene un plan de limpieza semanal	Plan de limpieza semanal y monitoreo por parte de la administración para evitar la acumulación de sedimentos que afecte la calidad del agua.	Reducción de la turbiedad del agua que entra al desarenador. Esto se puede medir con análisis de turbiedad de agua y documentar la misma.	Inspecciones superiores, así como desarrollar un procedimiento detallado para que los encargados de operación para poder determinar las acciones de mantenimiento, así como una documentación sobre daños estructurales
La deforestación y erosión que presentan muchas de las fincas donde se encuentran las nacientes por las actividades agropecuarias que se desarrollaron anteriormente, producen gran inestabilidad en los terrenos por lo que son más propensos a sufrir daños significativos que comprometan la calidad, la continuidad y la disponibilidad de agua para consumo	Cuando se realizan las limpiezas de rutina, se realizan inspecciones para determinar erosión o deslizamientos que puedan afectar el terreno en época de invierno.	Identificar zonas aptas para reforestación y realizar convenios de reforestación y mantenimiento con los dueños con el fin de asegurar las zonas de recarga de las nacientes.	Aumento de la cobertura boscosa en las zonas de recarga de las nacientes de la ASADA de Higuito.	Inspecciones semanales y monitoreo continuo para poder identificar posibles procesos de construcción o tala que tengan repercusiones en las nacientes, además se debe establecer un canal de comunicación con las autoridades competentes para que tengan una respuesta pronta estas situaciones.

	Las captaciones de las quebradas Q3 y Q4 no cuentan con portón ni cercado por lo que tiene el acceso libre para personas y animales, además que por contar con cataratas son de gran atractivo turístico durante el verano y es por esto que se puede ver afectada por contaminación, física, química o microbiológica. En cuanto a la quebrada Mena y Tablazo, tienen acceso regulado por la ASADA y la vigilancia es diaria, pero al ser quebradas pueden accederse en cualquier punto de la quebrada e introducir contaminación por lo que se deben realizar inspecciones a lo largo del cauce.	Las tomas de la quebrada Mena y Tablazo tiene portón de acceso, y están cerca del tanque desarenador, por otro lado las tomas Q3 y Q4 se encuentran más alejadas y únicamente se les da mantenimiento los días domingo por lo que son más propensas al ingreso de personas o animales, ya que las fincas colindantes si tienen ganado.	Vigilancia continua ya que algunas de las quebradas quedan alejadas y se tiene poco control por lo que se deben hacer rondas dos veces a la semana a todas las quebradas de la ASADA.	NA	Vigilancia continua, así como una red de soporte donde se alerte al movimiento de tierra.
Red de conducción y distribución	La tubería de conducción de la quebrada Elieras atraviesa la finca en la que se ubica hasta llegar a la caja de reunión en la captación de la quebrada Tablazo es de PVC y se encuentra totalmente expuesta.	Se realiza revisión ocasional cuando se realiza la limpieza de captación	La tubería al ubicarse en una propiedad que no es de la ASADA, se deben tomar medidas de revisión e inspección de las mismas con una frecuencia mínima de 3 veces al mes, para evitar inconvenientes con las actividades que desarrollan los dueños de la finca.	NA	Documentar el estado de las tuberías en una bitácora donde se evidencie cualquier cambio o situación.
	Por lo fácil de acceder a las zonas de captación de la Q3 y Q4, son propensas a sufrir daños y vandalismo en las estructuras.	Cuando se realizan las limpiezas se hacen reportes sobre daños en estructuras o actividades de vandalismo.	Aumentar la frecuencia de las inspecciones y limpieza de las estructuras	Mejorar el estado de las estructuras	Informes de las inspecciones
	De la tubería de distribución se tiene un tramo de aproximadamente 1,8km en HG. Esto se ubica en la parte baja del sistema sobre la calle principal de Higuito	No se tiene medida de control	Esta tubería debe ser cambiada, por lo que se debe realizar un plan de sustitución por sectores para poder realizarlo sin mayor intervención en carreteras ni afectación a los usuarios.	Cumplimiento del código de instalaciones hidráulicas, así como de las disposiciones legales del AyA e internacionales para operadores de agua.	Informes de los fontaneros sobre los fontaneros.
	La tubería de la Q3 y Q4 están en alto riesgo de sufrir daños significativos por deslizamientos en la época lluviosa principalmente en el tramo que se ubica en la Finca de los Hernández.	Se realiza monitoreo de manera semanal para la limpieza	Realizar un reporte del estado de manera semanal sobre el estado de la infraestructura y tuberías con el fin de tener identificado los puntos vulnerables en caso de un evento.	Cumplimiento del código de instalaciones hidráulicas, así como de las disposiciones legales del AyA e internacionales para operadores de agua.	

	Cuando se suspende el servicio las tuberías se vuelven propensas a daños significativos por golpe de ariete.	Se tienen válvulas de aire para poder evitar el golpe de ariete, además cuando se reintegra el servicio se tienen indicaciones para los técnicos con el fin de evitar que la presión afecte el sistema.	Documentar el procedimiento para reintegrar el servicio con el fin de evitar golpes de ariete, así como de manera periódica revisar el estado de las válvulas y dar el mantenimiento adecuado	Disminución de fugas o daños en accesorios por golpe de ariete	Informes de los fontaneros sobre los fontaneros.
	Las líneas de conducción son propensas a vandalismo por ubicarse más alejadas y con poca vigilancia.	Se tiene un registro de los daños por vandalismo en la red, los cuales se reportan por los usuarios o por los fontaneros en inspecciones diarias.	Evaluar los tramos de tubería descubierta, mapearlos y en caso de un evento poder realizar inspecciones en los puntos de mayor riesgo. Se debe realizar inspecciones mensuales en los tramos para revisar que no se realicen vandalismos ni daños que afecten la continuidad ni la calidad del agua.	Cumplimiento del código de instalaciones hidráulicas, así como de las disposiciones legales del AyA e internacionales para operadores de agua.	Informes de los fontaneros sobre los fontaneros.
	Las tuberías de distribución están ubicadas a 80cm de profundidad y son propensas a roturas y daños por las vibraciones de vehículos pesados.	No se tiene medida de control	Se debe establecer un plan de monitoreo de fugas periódicas con el fin de poder determinar estas fisuras.	Disminución de fugas.	Informes de los fontaneros sobre los fontaneros.
	No se tienen o se encuentran en mal estado válvulas de compuerta en los distintos ramales, que permitan la reparación de fugas sin afectar sectores grandes de usuarios.	No se tiene medida de control	Se debe revisar las válvulas existentes además que se deben realizar una priorización de otros sectores para colocar válvulas así como un plan de inversión para las mismas.	Cumplimiento del código de instalaciones hidráulicas, así como de las disposiciones legales del AyA e internacionales para operadores de agua.	Informes de los fontaneros sobre los fontaneros.
	No existe macro medición por lo que se puede existir fugas en la tubería de distribución no identificadas que afecten la disponibilidad de agua.	No se tiene medida de control	Colocar un macro medidor a la salida del tanque y registrar de manera mensual el volumen.	El volumen total de los micros medidores debe ser igual al volumen de agua marcado por el macro medidor.	Registro mensual de los micros medidores y macro medidor y así poder identificar el agua no contabilizada.
Tratamiento	El desarenador es la estructura más propensa a derrumbes, ya sufrió en el año 2017 los efectos de la tormenta Nate y perdió de manera parcial la estructura de protección	Se puso una malla provisional para la protección y evitar el acceso de personas y animales, además se mantiene vigilancia ante movimientos de tierra	Realizar un plan de mejora de la infraestructura donde se contemple la inversión y además el mantenimiento de las áreas afectadas, y dar estabilidad a los terrenos aledaños con fin de evitar eventos futuros.	Mejoras visibles de la infraestructura e informes sobre la estabilidad del terreno.	Monitoreo y documentación mensual de las afecciones a la infraestructura y cambios en las zonas afectadas.

En la parte posterior de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) tiene un talud de tierra que se encuentra erosionado y sin protección, lo que puede ocasionar un deslizamiento de material que afecte la estructura de la PTAP, así como la continuidad y calidad del agua.	No se tiene medida de control	Se debe analizar la colocación de una geo membrada que proteja las estructuras en caso de un derrumbe, además se debe tener la erosión en época de verano.	Comprobación de la estabilidad del terreno ante los diversos eventos climáticos.	Revisar la estabilidad durante la época seca y lluviosa y documentar cualquier cambio visible.
La falta de electricidad es un riesgo en los equipos de bombeo y dosificación de la PTA, además que afecta la continuidad los procesos de producción de cloro que se da por electrolisis así como la dosificación del mismo.	No se tiene medida de control	Se debe realizar un análisis sobre la compra de un sistema de energía de emergencia que permita la operación en caso de suspensiones de electricidad.	Fuente alterna que permita los equipos operar durante la falta de electricidad, además de un plan de emergencia para un plazo superior de 72h sin suministro eléctrico.	Revisión de los estados de equipos y fuentes de soporte para que operan de manera apropiada en caso de emergencia.
Existe una falla tectónica importante que atraviesa el cerro del Tablazo justo donde se encuentran las principales estructuras de tratamiento de la ASADA por lo que existe un riesgo latente.	No se tiene medida de control	Diseñar un plan de emergencia donde se tomen en cuenta las recomendaciones de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), Bomberos, Municipalidad y otras entidades competentes.	NA	NA
Al ser fuentes superficiales la carga orgánica y turbiedad es muy alta por lo que se puede dar una obstrucción de los filtros de la planta de tratamiento por sobrecarga de sedimentos	Se cuenta con un manual de procedimiento para los diferentes escenarios.	Se puede colocar un sensor de turbiedad que active una alarma cuando se deba suspender la entrada por niveles de turbiedad alta y así evitar la contaminación de la PTAP y el tanque.	Calidad de agua a la entrada y la salida de la PTAP donde se vea una disminución significativa de la turbiedad. Y que se debe ajustar en los parámetros legales.	Control visual y a través de análisis con el turbidímetro de la calidad del agua y documentar los cambios y relacionarlos con condiciones climáticas u otros.
El sistema de tratamiento de los filtros de carbón y antracita con que cuenta San Gerardo pueden verse sobresaturados de sedimentos en la época lluviosa ya que las fuentes que lo nutren son superficiales.	No se tiene medida de control	Se puede colocar un sensor de turbiedad que active una alarma cuando se deba suspender la entrada por niveles de turbiedad alta y así evitar la contaminación a los filtros.		
Crecimiento de biopelícula en las paredes, láminas del floculador y el sedimentador, así como acumulación de sedimentos.	No se tiene medida de control	Se podría evaluar el impacto en el cloro residual el dosificar una dosis pequeña de cloro a la entrada de la PTAP, para evitar la formación de algas sin que esto afecte el cloro residual a la salida del tanque de almacenamiento.	Disminución del crecimiento de la biopelícula y determinar la dosis óptima.	Inspección visual y bitácora de estado y mantenimiento de la PTAP
Problemas de dosificación de químicos en la PTAP	No se tiene medida de control	Capacitar personal que se ubique en la planta con operación de 24/7 que pueda realizar análisis y	Revisión de la documentación realizada los operarios sobre la	Análisis de cloro en la PTAP, además de control de reactivos por parte del

			dosificar de manera adecuada, además documente la operación diaria y también los eventos puntuales que afecten la calidad del agua.	dosificación y calidad del agua y así plantear un manual ante los diversos escenarios.	encargado de PTAP.
Almacenamiento	El personal no tiene suficiente capacitación o instrucciones sobre la operación de las llaves, tratamientos y tanques en los diversos escenarios por lo que se producen pérdidas de reactivos, cloro y hasta agua en el rebalse.	Se realizan monitorios por hora del nivel del tanque.	Se podría instalar un sistema de monitoreo automatizado de los niveles del tanque que permita el control horario de los niveles del tanque. Además se debe realizar un manual operativo para las funciones en los tanques del almacenamiento que permita a todos los funcionarios tener los mismos conocimientos de operación.	Capacitaciones y evaluaciones de manera trimestral para poder garantizar el conocimiento y la correcta operación.	Aplicación móvil que muestre las estadísticas y el estado a tiempo real sobre el nivel del tanque.
	Estructuras de protección dañadas lo que vuelve los componentes del sistema más propensas a vandalismo.	No se tiene medida de control	Reparación de la caseta de cloración, puertas de acceso, tapas de cajas de válvulas y cerramientos con el fin de asegurar la calidad del agua.	Con mejoras visibles de la infraestructura	Informes mensuales sobre las estructuras dañadas y donde se contemplen en los planes operativos las mejoras
	Contaminación y sedimentos acumulados por ingreso de aguas contaminadas o fallas en el proceso de desinfección.	Se realizan lavados del tanque de manera semestral, además se tienen controles de turbiedad para evitar el ingreso de sedimentos al tanque.	Se puede colocar un sensor de turbiedad que active una alarma cuando se deba suspender la entrada por niveles de turbiedad alta y así evitar la contaminación del agua almacenada y el tanque.	Pruebas de turbiedad periódicas en la red donde con el paso del tiempo se compruebe la mejora de la calidad del agua para los usuarios.	
	Grietas o daños estructurales por movimientos telúricos	Se realizan inspecciones semanales con el mantenimiento del tanque.	Instalar un medidor de volumen y presión de tanque automatizado que permita conocer el volumen del tanque y la presión del mismo para evitar daños de infraestructura.	Medir y documentar el nivel mínimo del tanque permita tener presión suficiente y así asegurar el abastecimiento a todos los sectores.	Control estadístico y nivel a nivel físico a través de los datos generados automáticos.
	Sobrepresión en los sistemas de almacenamiento	Se tienen controles sobre el caudal de ingreso de agua los tanques además una válvula para la salida del rebalse.	Revisar y dar adecuado mantenimiento a las válvulas de entrada a los tanques, así como documentar los diversos escenarios y caudales para evitar una sobre presión en el tanque.	Control del rebalse	

APENDICE 9. HERRAMIENTA PEM ASADA HIGUITO.

Cuadro A.13. Evaluación y valoración de la ASADA de Higuito con la herramienta de Plan de Eficiencia y Mejora (PEM).

Eje temático	Variables	Escala de priorización			
		Criticidad	Posibilidad de solución	Recursos disponibles	Valor priorización De 1 a 3 pts
Gestión Comercial	Aplicación de tarifa vigente de ARESEP	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Local para atención de Usuarios	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Morosidad mensual	Crítico	Intermedia	Se tienen recursos	2.3
	Seguimiento de quejas	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Sistema de Facturación	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Sistema de Recaudación	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Macromedición existente	Crítico	Intermedia	No se tiene	1.7
	Disponibilidad de agua para nuevos servicios	Muy crítico	Difícil	No se tiene	1.7
	Frecuencia de la lectura de hidrómetros	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
Micromedición instalada	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3	
Gestión Comunal	Socios en las Asambleas	Crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.7
	Campañas con escuelas/colegios	Crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.7
	Porcentaje de usuarios que son socios	Crítico	Intermedia	Se tienen recursos	2.3
	Plan de Afiliación	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Plan de Transparencia y Rendición de cuentas	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
Gestión Ambiental y del Recurso Hídrico	Áreas de protección definidas	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Balance Hídrico	Crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.7
	Inscripción de caudal en MINAE	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Programas de educación ambiental en la comunidad	Crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.7
	Programas de Adaptación Cambio Climático	Muy crítico	Intermedia	Se tienen recursos	2.7
Gestión Sistemas de Agua	Calidad del agua – Cumplimiento del RCA	Crítico	Intermedia	Se tiene aunque no suficiente	2.0
	Calidad del agua – Periodicidad de los muestreos	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Calidad del agua – Sistema de Desinfección	No crítico	Intermedia	Se tienen recursos	2.0
	Manual de mantenimiento y operación del sistema	Crítico	Intermedia	Se tiene aunque no suficiente	2.0
	Frecuencia de interrupciones del servicio	Crítico	Intermedia	No se tiene	1.7
	Mediciones de presión	Crítico	Intermedia	No se tiene	1.7
	Plan de Gestión de Riesgos	Muy crítico	Difícil	Se tiene aunque no suficiente	2.0
	Calidad del agua – implementación de medidas correctivas	Crítico	Intermedia	Se tiene aunque no suficiente	2.0
	Plan de instalación de hidrantes	Crítico	Intermedia	Se tiene aunque no suficiente	2.0
Contabilidad para hidrantes separada	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3	
Gestión Administrativa Financiera	Convenio de Delegación	No crítico	Fácil	Se tiene aunque no suficiente	2.0
	Fontanero	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Plan de Trabajo Anual	Crítico	Intermedia	Se tienen recursos	2.3
	Libro de Actas Junta Directiva	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Sistemas de gestión para la ASADAS	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Estados financieros al último trimestre	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Libro de Socios	Crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.7
	Estados Financieros enviados a AyA	Crítico	Intermedia	Se tienen recursos	2.3
	Respaldos de información Financiera	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Servicios de Contabilidad	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Custodia de ingresos	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Bodega de materiales para operación y mantenimiento	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
	Libro de Actas Asamblea	No crítico	Fácil	Se tienen recursos	2.3
Gestión de Saneamiento	Presentación de reportes operacionales	Muy crítico	Difícil	No se tiene	1.7
	Condición del Alcantarillado Sanitario	Muy crítico	Difícil	No se tiene	1.7
	Estado de la PTAR	Muy crítico	Difícil	No se tiene	1.7

APÉNDICE 10. MEDIDAS DE MEJORA PROPUESTAS POR EL PEM

Cuadro A.13. Medidas de mejora propuestas por la herramienta de Plan de Eficiencia y Mejora (PEM).

Eje temático	Variables a mejorar	Objetivo	Actividades
G. Administrativa y Financiera	Bodega de materiales para operación y mantenimiento	<i>Contar con una bodega para mantener seguro, ordenado y controlado los materiales con que cuenta la ASADA</i>	<ul style="list-style-type: none"> Establecer requerimientos de espacio para contar con una bodega Buscar el espacio Equipar el espacio de la bodega Mantener ordenado el stock bodega Establecer controles de entrada y salida Establecer inventarios de materiales en bodega periódicamente
G. Sistemas de Agua	Calidad del agua – Sistema de Desinfección	<i>Contar con un sistema de desinfección para garantizar la calidad del agua</i>	<ul style="list-style-type: none"> Definir requerimiento de Desinfección Buscar ofertas de Mercado Adquirir e Instalar el equipo Capacitar Fontanero en su uso y dosificación Establecer Programa de mantenimiento del equipo
G. Administrativa y Financiera	Estados financieros al último trimestre	<i>Contar con estados financieros actualizados para mejorar la rendición de cuentas interna y externa</i>	<ul style="list-style-type: none"> Solicitar al contador estados financieros Remitir estados financieros a la oficina Regional Seguimiento a los estados financieros Cumplimiento a las recomendaciones del contador
G. Administrativa y Financiera	Fontanero	<i>Contar con fontanero contratado para la gestión operativa del acueducto</i>	<ul style="list-style-type: none"> Definir modalidad de contratación del fontanero Buscar candidatos elegibles Contratar el fontanero Formalizar relación laboral con la ASADA
G. Sistemas de Agua	Frecuencia de interrupciones del servicio	<i>Contar con un registro actualizado de continuidad del servicio para conocer el día, tiempo y acciones correctivas por interrupción</i>	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un registro de Continuidad del servicio Indicar el día de interrupción Indicar tiempos de interrupción Acciones correctivas Implementar el Registro
G. Comercial	Frecuencia de la lectura de hidrómetros	<i>Contar con un plan mensual para la lectura de micro medidores</i>	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un plan de lecturas de micro medidores mensual Ejecutar el plan de restauración Establecer rutas de lectura Este es un trabajo que realiza el fontanero
G. Administrativa y Financiera	Libro de Socios	<i>Contar con un libro de socios y boleta de afiliación para anotar actualizaciones a la lista de socios</i>	<ul style="list-style-type: none"> Crear plan de Afiliación La ASADA debe contar con una boleta de afiliación que incluya los datos: La Junta directiva conoce la Boleta y acuerda afiliar o rechazar la afiliación Si la Junta Directiva acuerda afiliar anotan los datos en la lista de socios Libro de socios debe estar actualizado cada vez que un usuario se afilia
G. Comercial	Local para atención de Usuarios	<i>Contar con un espacio para la atención de usuarios</i>	<ul style="list-style-type: none"> Establecer requerimientos de espacio para atención de usuarios Equipar el espacio Definir horarios de atención a usuarios
G. Comercial	Macromedición existente	<i>Contar con equipos de macro medición para conocer cuánta agua producen las fuentes</i>	<ul style="list-style-type: none"> Definir requerimientos de macro medición Adquisición e instalación de macro medidores Establecer un registro de mediciones del macro medidor
G. Comunal	Plan de Afiliación	<i>Contar con fontanero contratado para la gestión operativa del acueducto</i>	<ul style="list-style-type: none"> Elaborar un plan de Afiliación Desarrollar mecanismos de divulgación Recalcar la importancia de ser afiliado Aprobar el plan por junta directiva Ejecutar el plan

APÉNDICE 11. EJEMPLO DE LISTAS DE CHEQUEO PARA EVALUACIÓN DE RIESGOS.



ASADA Higuito de Desamparados.
Lista de chequeo aspectos de las captaciones N° _____

Información general

Fecha de aplicación: _____ Hora: _____
Entrevistado: _____
Entrevistador: _____
Lugar de inspección: _____

Quebrada Tablazo				Observaciones	Recomendaciones
Condiciones generales	SI (1)	NO (2)	NA (0)		
a. ¿La toma de agua cuenta con infraestructura protegida?					
b. ¿La toma de agua está ubicada dentro de alguna zona de actividad agrícola?					
c. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma? (letrinas, animales, viviendas, basura o industrias, etc.)					
d. ¿Existen válvulas de regulación?					
e. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación?					
f. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas, etc.)?					
g. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, etc.) tapando las rejillas de la toma?					
h. ¿Las válvulas están protegidas mediante cajas con tapa, o con la debida protección?					
i. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma de agua?					
j. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?					
k. ¿Está la infraestructura libre de fugas?					
l. Las cajas de válvulas están en buenas condiciones físicas (sin oxido, pintadas)					
TOTAL					

Quebrada Mena					
Condiciones generales	SI (1)	NO (2)	NA (0)	Observaciones	Recomendaciones
a. ¿La toma de agua cuenta con infraestructura protegida?					
b. ¿La toma de agua está ubicada dentro de alguna zona de actividad agrícola?					
c. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma? (letrinas, animales, viviendas, basura o industrias, etc.)					
d. ¿Existen válvulas de regulación?					
e. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación?					
f. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas, etc.)?					
g. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, etc.) tapando las rejillas de la toma?					
h. ¿Las válvulas están protegidas mediante cajas con tapa, o con la debida protección?					
i. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma de agua?					
j. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?					
k. ¿Está la infraestructura libre de fugas?					
l. Las cajas de válvulas están en buenas condiciones físicas (sin oxido, pintadas)					
TOTAL					

Quebrada Q3					
Condiciones generales	SI (1)	NO (2)	NA (0)	Observaciones	Recomendaciones
a. ¿La toma de agua cuenta con infraestructura protegida?					
b. ¿La toma de agua está ubicada dentro de alguna zona de actividad agrícola?					
c. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma? (letrinas, animales, viviendas, basura o industrias, etc.)					
d. ¿Existen válvulas de regulación?					
e. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación?					
f. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas, etc.)?					
g. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, etc.) tapando las rejillas de la toma?					
h. ¿Las válvulas están protegidas mediante cajas con tapa, o con la debida protección?					
i. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma de agua?					
j. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?					
k. ¿Está la infraestructura libre de fugas?					
l. Las cajas de válvulas están en buenas condiciones físicas (sin oxido, pintadas)					
TOTAL					

Quebrada Q4					
Condiciones generales	SI (1)	NO (2)	NA (0)	Observaciones	Recomendaciones
a. ¿La toma de agua cuenta con infraestructura protegida?					
b. ¿La toma de agua está ubicada dentro de alguna zona de actividad agrícola?					
c. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma? (letrinas, animales, viviendas, basura o industrias, etc.)					
d. ¿Existen válvulas de regulación?					
e. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación?					
f. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas, etc.)?					
g. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, etc.) tapando las rejillas de la toma?					
h. ¿Las válvulas están protegidas mediante cajas con tapa, o con la debida protección?					
i. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma de agua?					
j. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?					
k. ¿Está la infraestructura libre de fugas?					
l. Las cajas de válvulas están en buenas condiciones físicas (sin oxido, pintadas)					
TOTAL					

Captación	Valor	Condición Aceptable	Condición no Aceptable
Quebrada Tablazo			
Quebrada Mena			
Quebrada Q3			
Quebrada Q4			

ASADA Higuito de Desamparados.
Lista de chequeo aspectos de los tanques N° _____



Información general

Fecha de aplicación: _____ Hora: _____
 Entrevistado: _____
 Entrevistador: _____
 Lugar de inspección: _____

Tanque principal					
Condiciones generales	SI (1)	NO (2)	NA (0)	Observaciones	Recomendaciones
a. ¿Está pintado el tanque?					
b. ¿Se encuentran las paredes libres de grietas y fugas?					
c. En el caso de tanques metálicos ¿están las paredes libres de herrumbre?					
d. ¿En el caso de tanques metálicos están las paredes libres de agujeros?					
e. ¿La tapa de inspección cuenta con el borde perimetral que impida el ingreso de las aguas de lluvia?					
f. ¿La tapa de inspección dispone de un sistema seguro de cierre?					
g. ¿Existe acera perimetral igual o mayor a 80 cm?					
h. ¿La losa superior o techo está en buenas condiciones de impermeabilidad?					
j. ¿El nivel del agua en el tanque es más de ¼ del volumen total?					
k. ¿Las escaleras internas del tanque se encuentran en buen estado?					
l. ¿Las escaleras externas del tanque se encuentran en buen estado?					
m. ¿Se encuentra libre de sedimento, raíces, algas y/o hongos dentro del tanque?					
n. ¿Se cuenta con cerca de protección alrededor del tanque?					
ñ. ¿La cerca de protección está en buenas condiciones?					
o. ¿Se encuentran limpias y bien mantenidas las áreas donde se encuentra el tanque?					
p. ¿Se encuentra libre de focos de contaminación alrededor y a menos de 20 m del tanque, tales como: letrinas, animales, calles públicas, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial?					
q. ¿Cuenta el tanque con rejilla de protección en respiraderos?					
TOTAL					

Tanque San Gerardo				Observaciones	Recomendaciones
Condiciones generales	SI (1)	NO (2)	NA (0)		
a. ¿Está pintado el tanque?					
b. ¿Se encuentran las paredes libres de grietas y fugas?					
c. En el caso de tanques metálicos ¿están las paredes libres de herrumbre?					
d. ¿En el caso de tanques metálicos están las paredes libres de agujeros?					
e. ¿La tapa de inspección cuenta con el borde perimetral que impida el ingreso de las aguas de lluvia?					
f. ¿La tapa de inspección dispone de un sistema seguro de cierre?					
g. ¿Existe acera perimetral igual o mayor a 80 cm?					
h. ¿La losa superior o techo está en buenas condiciones de impermeabilidad?					
j. ¿El nivel del agua en el tanque es más de ¼ del volumen total?					
k. ¿Las escaleras internas del tanque se encuentran en buen estado?					
l. ¿Las escaleras externas del tanque se encuentran en buen estado?					
m. ¿Se encuentra libre de sedimento, raíces, algas y/o hongos dentro del tanque?					
n. ¿Se cuenta con cerca de protección alrededor del tanque?					
ñ. ¿La cerca de protección está en buenas condiciones?					
o. ¿Se encuentran limpias y bien mantenidas las áreas donde se encuentra el tanque?					
p. ¿Se encuentra libre de focos de contaminación alrededor y a menos de 20 m del tanque, tales como: letrinas, animales, calles públicas, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial?					
q. ¿Cuenta el tanque con rejilla de protección en respiraderos?					
TOTAL					

Tanque	Valor	Condición Aceptable	Condición no Aceptable
Principal			
San Gerardo			

ASADA Higuito de Desamparados.
Lista de chequeo aspectos de Red N° _____

Información general

Fecha de aplicación: _____ Hora: _____

Entrevistado: _____

Entrevistador: _____

Lugar de inspección: _____

Línea de conducción				Observaciones	Recomendaciones
Condiciones generales	SI (1)	NO (2)	NA (0)		
a. ¿La tubería se encuentra libre de fugas?					
b. ¿La fosa de inspección de los tanques quiebra gradientes cuenta con: borde de concreto que impida el ingreso de aguas de lluvia?					
c. La fosa de inspección de los tanques quiebra gradientes cuenta con un sistema seguro de cierre					
d. La fosa de inspección de los tanques quiebra gradientes cuenta con: no se observan grietas en las paredes					
e. ¿La tubería se encuentra enterrada totalmente?					
f. ¿La tubería se encuentra parcialmente enterrada?					
g. ¿La tubería se encuentra al aire libre?					
h. ¿La línea se encuentra libre de vulnerabilidad por deslizamientos?					
i. ¿La tubería se encuentra libre de vulnerabilidad a la escorrentía superficial?					
j. ¿La tubería se encuentra libre de vulnerabilidad de actos vandálicos?					
k. ¿Los pasos elevados están en buen estado?					
l. ¿Se cuenta con un sistema para purgar la tubería?					
m. ¿Se cuenta con desinfección en la tubería cuando reparan las fugas?					
n. ¿Cuentan con un fontanero o encargado del mantenimiento de las líneas de tubería?					
TOTAL					

Red de distribución.					
Condiciones generales	SI (1)	NO (2)	NA (0)	Observaciones	Recomendaciones
a. ¿La red de distribución se encuentra libre de fugas?					
b. ¿Los tanques quiebra gradientes cuentan con tapas adecuadamente construidas y con sistema seguro de cierre y no se observan grietas en las paredes?					
c. ¿La tubería se de PVC está bien enterrada y sin huecos?					
d. ¿La línea se encuentra libre de vulnerabilidad por deslizamientos?					
e. ¿La tubería se encuentra libre de vulnerabilidad a la escorrentía superficial?					
f. ¿La tubería se encuentra libre de vulnerabilidad de actos vandálicos?					
g. ¿Los pasos elevados están en buen estado?					
h. ¿La tubería de PVC está protegida?					
i. ¿Se cuenta con un sistema para purgar la tubería de distribución?					
j. ¿Se cuenta con un sistema de desinfección en la tubería cuando reparan las fugas?					
k. ¿Cuentan con un fontanero o encargado del mantenimiento de las líneas de tubería?					
h. ¿Cuenta la Administración con un plano del sistema de tuberías?					
TOTAL					

Red	Valor	Condición Aceptable	Condición no Aceptable
Conducción			
Distribución			

ASADA Higuito de Desamparados.
Lista de chequeo aspectos de Desarenador N° _____

Información general

Fecha de aplicación: _____ Hora: _____
 Entrevistado: _____
 Entrevistador: _____
 Lugar de inspección: _____

Desarenador Principal					
Condiciones generales	SI (1)	NO (2)	NA (0)	Observaciones	Recomendaciones
a. ¿Se encuentra pintado?					
b. ¿Se encuentran las paredes sin grietas?					
c. ¿Se encuentra libre de acumulación de hojas?					
d. ¿Existe acera perimetral igual o mayor a 50 cm?					
e. ¿Cuenta el desarenador con rejilla a la salida, para evitar que pasen hojas?					
f. ¿Está en buen estado de conservación general la estructura?					
g. ¿Están limpias las paredes internas del desarenador (libres de crecimiento de algas o musgo)?					
h. ¿Se cuenta con la cerca de protección alrededor del desarenador?					
i. ¿La cerca de protección se encuentra en buen estado?					
j. ¿Existe un acceso fácil y seguro al desarenador?					
k. ¿Se encuentran limpias y bien mantenidas las áreas donde se encuentra el desarenador?					
l. ¿Se encuentra libre de focos de contaminación en las inmediaciones del desarenador a menos de 20 metros del desarenador?					
m. ¿Cuenta el desarenador con tapas?					
TOTAL					

Desarenador	Valor	Condición Aceptable	Condición no Aceptable
Principal			

ASADA Higuito de Desamparados.

Lista de chequeo aspectos de Planta de Tratamiento de Agua Potable N° _____

Información general

Fecha de aplicación: _____ Hora: _____

Entrevistado: _____

Entrevistador: _____

Lugar de inspección: _____

Desarenador Principal					
Condiciones generales	SI (1)	NO (2)	NA (0)	Observaciones	Recomendaciones
a. ¿Cuenta la planta con un laboratorio equipado?					
a. ¿Se cuenta con equipo e instrumentación para el monitoreo de la calidad del agua?					
c. ¿El equipo está en buenas condiciones?					
d. ¿El dosificador funciona correctamente?					
e. ¿El dosificador se encuentra calibrado?					
f. ¿El dosificador dosifica de acuerdo con la prueba de jarras?					
g. ¿Se registra diariamente los incidentes de la planta?					
h. ¿Ha estado libre de interrupciones en el proceso de cloración?					
i. ¿Se encuentra libre de crecimiento de algas en los filtros?					
j. ¿Se regula adecuadamente el caudal de entrada a los filtros?					
k. ¿Cuenta con una cerca que la proteja de la entrada de personas y animales?					
l. ¿La cerca se encuentra en buen estado?					
m. ¿Está el lote limpio y con áreas verdes bien mantenidas?					
n. ¿Las paredes están libres de grietas?					
ñ. ¿Se encuentra libre de interrupciones o fluctuaciones en el caudal de entrada a la planta?					
o. ¿Están limpias las estructuras en su interior, denotando un buen mantenimiento?					
p. ¿Se encuentra libre de contaminación en las inmediaciones de la planta a menos de 20 metros?					
TOTAL					

Planta de tratamiento	Valor	Condición Aceptable	Condición no Aceptable
Principal			

APÉNDICE 12. PLAN DE MEJORA PROPUESTO

Cuadro A.14 . Plan de Mejora para los riesgos identificados para la ASADA de Higuito de Desamparados

Componente del sistema	Peligro identificado	Medida de control propuesta	Responsable	Tipo de acción	Posible fuente de financiamiento.	Tiempo de implementación	Inversión estimada
Tratamiento	Al ser fuentes superficiales la carga orgánica y turbiedad es muy alta por lo que se puede dar una obstrucción de los filtros de la planta de tratamiento por sobrecarga de sedimentos	Se puede colocar un sensor de turbiedad que active una alarma cuando se deba suspender la entrada por niveles de turbiedad alta y así evitar la contaminación de la PTAP y el tanque.	Junta Directiva y Administrador	Telemetría	Se deben buscar fuentes de financiamiento como lo son préstamos bancarios convencionales o de Banca para el Desarrollo del Banco Popular donaciones de instituciones como el IMAS, Municipios, empresas privadas u ONG. También las empresas proveedoras puede dar financiamiento para el equipo	24 meses	
Tratamiento	El sistema de tratamiento de los filtros de carbón y antracita con que cuenta San Gerardo pueden verse sobresaturados de sedimentos en la época lluviosa ya que las fuentes que lo nutren son superficiales.	Se puede colocar un sensor de turbiedad que active una alarma cuando se deba suspender la entrada por niveles de turbiedad alta y así evitar la contaminación a los filtros.	Junta Directiva y Administrador	Telemetría	Se deben buscar fuentes de financiamiento como lo son préstamos bancarios convencionales o de Banca para el Desarrollo del Banco Popular donaciones de instituciones como el IMAS, Municipios, empresas privadas u ONG. También las empresas proveedoras puede dar financiamiento para el equipo	24 meses	
Red de conducción y distribución	De la tubería de distribución se tiene un tramo de aproximadamente 1,8km en HG. Esto se ubica en la parte baja del sistema sobre la calle principal de Higuito	Esta tubería debe ser cambiada, por lo que se debe realizar un plan de sustitución por sectores para poder realizarlo sin mayor intervención en carreteras ni afectación a los usuarios.	Administrador	Hidráulica	Se deben buscar fuentes de financiamiento como lo son préstamos bancarios convencionales o de Banca para el Desarrollo del Banco Popular donaciones de instituciones como el IMAS, Municipios, empresas privadas u ONG. También las empresas que se contrate para la sustitución de este tramo puede dar el financiamiento.	18 meses	
Tomas y captaciones	Nacientes que abastecen las quebradas están cercas de la carretera nacional en el cerro Tablazo por lo que se contaminan de manera indirecta por hidrocarburos por escorrentía.	Establecer contactos la municipalidad de Desamparados y CONAVI para poder diseñar un plan poner alcantarillas en la carretera que cruza el cerro Tablazo desde Corralillo hasta Higuito centro, esto para poder evitar que los lixiviados con hidrocarburos y aceites producto del flujo vehicular de la zona.	Junta Directiva y Administrador	Administrativa	Se financia a través de recursos propios.	6 meses	

Tomas y captaciones	Las captaciones de las quebradas Q3 y Q4 no cuentan con portón ni cercado por lo que tiene el acceso libre para personas y animales, además que por contar con cataratas son de gran atractivo turístico durante el verano y es por esto que se puede ver afectada por contaminación, física, química o microbiológica. En cuanto a la quebrada Mena y Tablazo, tienen acceso regulado por la ASADA y la vigilancia es diaria, pero al ser quebradas pueden accederse en cualquier punto de la quebrada e introducir contaminación por lo que se deben realizar inspecciones a lo largo del cauce.	Vigilancia continua ya que algunas de las quebradas quedan alejadas y se tiene poco control por lo que se deben hacer rondas dos veces a la semana a todas las quebradas de la ASADA.	Encargados de mantenimiento	Técnica	Se financia a través de recursos propios.	3 meses	
Red de conducción y distribución	Cuando se suspende el servicio las tuberías se vuelven propensas a daños significativos por golpe de ariete.	Documentar el procedimiento para reintegrar el servicio con el fin de evitar golpes de ariete, así como de manera periódica revisar el estado de las válvulas y dar el mantenimiento adecuado	Encargados de mantenimiento y fontaneros	Técnica	Se financia a través de recursos propios.	3 meses	
Red de conducción y distribución	No se tienen o se encuentran en mal estado válvulas de compuerta en los distintos ramales, que permitan la reparación de fugas sin afectar sectores grandes de usuarios.	Se debe revisar las válvulas existentes además que se deben realizar una priorización de otros sectores para colocar válvulas así como un plan de inversión para las mismas.	Fontaneros	Técnica	Se puede financiar a través de recursos propios de la ASADA o de los proveedores que dan crédito en la compra de insumos.	1 mes	
Red de conducción y distribución	No existe macro medición por lo que se puede existir fugas en la tubería de distribución no identificadas que afecten la disponibilidad de agua.	Colocar un macro medidor a la salida del tanque y registrar de manera mensual el volumen.	Administrador	Telemetría	Se puede financiar a través de recursos propios de la ASADA o de los proveedores que dan crédito en la compra de insumos.	18 meses	
Intradomiciliar	Daños en medidores. Llaves de paso entre otros.	Inspecciones y evaluaciones de las condiciones de los usuarios. Además, se debe generar un reporte y documentarlo para poder notificar a los usuarios sobre la situación.	Fontaneros	Técnica	Esto debe ser financiado por los usuarios pero la ASADA puede dar apoyo técnico y asesoría con el fin de solucionar la situación presentada.	1 mes	
Intradomiciliar	Drenajes mal diseñados que introducen contaminación cruzada	Inspecciones y evaluaciones de las condiciones de los usuarios. Además, se debe generar un reporte y documentarlo para poder notificar a los usuarios sobre la situación.	Fontaneros	Técnica	Esto debe ser financiado por los usuarios pero la ASADA puede dar apoyo técnico y asesoría con el fin de solucionar la situación presentada.	1 mes	

Intradomiciliar	Conexiones ilegales	Inspecciones y evaluaciones de las condiciones de los usuarios. Además, se debe generar un reporte y documentarlo para poder notificar a los usuarios sobre la situación.	Fontaneros	Técnica	Esto debe ser financiado por los usuarios pero la ASADA puede dar apoyo técnico y asesoría con el fin de solucionar la situación presentada.	1 mes	
Intradomiciliar	Tuberías y accesorios adicionales dentro de la propiedad que pueden provocar fugas o pérdidas.	Inspecciones y evaluaciones de las condiciones de los usuarios. Además, se debe generar un reporte y documentarlo para poder notificar a los usuarios sobre la situación.	Fontaneros	Técnica	Esto debe ser financiado por los usuarios pero la ASADA puede dar apoyo técnico y asesoría con el fin de solucionar la situación presentada.	1 mes	
Intradomiciliar	Consumo excesivo que baja el nivel de tanque.	Inspecciones y evaluaciones de las condiciones de los usuarios. Además, se debe generar un reporte y documentarlo para poder notificar a los usuarios sobre la situación.	Fontaneros	Técnica	Esto debe ser financiado por los usuarios pero la ASADA puede dar apoyo técnico y asesoría con el fin de solucionar la situación presentada.	1 mes	
Intradomiciliar	Manipulación de medidores o llaves de paso y hace que las personas se queden sin agua por varias horas.	Inspecciones y evaluaciones de las condiciones de los usuarios. Además, se debe generar un reporte y documentarlo para poder notificar a los usuarios sobre la situación.	Fontaneros	Técnica	Esto debe ser financiado por los usuarios pero la ASADA puede dar apoyo técnico y asesoría con el fin de solucionar la situación presentada.	1 mes	
Intradomiciliar	Válvulas de conexiones domiciliarias en muchos casos están ausentes o en mal estado.	Inspecciones y evaluaciones de las condiciones de los usuarios. Además, se debe generar un reporte y documentarlo para poder notificar a los usuarios sobre la situación.	Fontaneros	Técnica	Esto debe ser financiado por los usuarios pero la ASADA puede dar apoyo técnico y asesoría con el fin de solucionar la situación presentada.	6 meses	
Almacenamiento	Contaminación y sedimentos acumulados por ingreso de aguas contaminadas o fallas en el proceso de desinfección.	Se puede colocar un sensor de turbiedad que active una alarma cuando se deba suspender la entrada por niveles de turbiedad alta y así evitar la contaminación del agua almacenada y el tanque.	Junta Directiva	Técnica	Se deben buscar fuentes de financiamiento como lo son préstamos bancarios convencionales o de Banca para el Desarrollo del Banco Popular donaciones de instituciones como el IMAS, Municipios, empresas privadas u ONG. También las empresas proveedoras puede dar financiamiento para el equipo	1 mes	
Tratamiento	El desarenador es la estructura más propensa a derrumbes, ya sufrió en el año 2017 los efectos de la tormenta Nate y perdió de manera parcial la estructura de protección	Realizar un plan de mejora de la infraestructura donde se contemple la inversión y además el mantenimiento de las áreas afectadas, y dar estabilidad a los terrenos aledaños con fin de evitar eventos futuros.	Administrador	Técnica	Se deben buscar fuentes de financiamiento como lo son préstamos bancarios convencionales o de Banca para el Desarrollo del Banco Popular donaciones de instituciones como el IMAS, Municipios, empresas privadas u ONG. También las empresas que se contrate para la sustitución de este tramo puede dar el financiamiento.	1 mes	

Red de conducción y distribución	La tubería de conducción de la quebrada El Hierro atraviesa la finca en la que se ubica hasta llegar a la caja de reunión en la captación de la quebrada Tablazo es de PVC y se encuentra totalmente expuesta.	La tubería al ubicarse en una propiedad que no es de la ASADA, se deben tomar medidas de revisión e inspección de las mismas con una frecuencia mínima de 3 veces al mes, para evitar inconvenientes con las actividades que desarrollan los dueños de la finca.	Encargados de mantenimiento	Técnica	Se financia a través de recursos propios.	6 meses	
Red de conducción y distribución	Las tuberías de distribución están ubicadas a 80cm de profundidad y son propensas a roturas y daños por las vibraciones de vehículos pesados.	Se debe establecer un plan de monitoreo de fugas periódicas con el fin de poder determinar estas fisuras.	Fontaneros	Técnica	Se financia a través de recursos propios.	12 meses	
Almacenamiento	El personal no tiene suficiente capacitación o instrucciones sobre la operación de las llaves, tratamientos y tanques en los diversos escenarios por lo que se producen pérdidas de reactivos, cloro y hasta agua en el rebalse.	Se podría instalar un sistema de monitoreo automatizado de los niveles del tanque que permita el control horario de los niveles del tanque. Además se debe realizar un manual operativo para las funciones en los tanques del almacenamiento que permita a todos los funcionarios tener los mismos conocimientos de operación.	Administrador	Telemetría	Se puede financiar a través de recursos propios de la ASADA.	3 meses	
Intradomiciliar	Riesgo de contaminación por llaves y tuberías internas en mal estado.	Capacitación y asesoría técnica	Fontaneros y encargado de PSA	Educativa	Se puede financiar a través de recursos propios de la ASADA.	1 mes	
Intradomiciliar	Almacenamiento de agua en estañones o recipientes sin tapa.	Capacitación y asesoría técnica	Fontaneros y encargado de PSA	Educativa	Se puede financiar a través de recursos propios de la ASADA.	1 mes	
Tomas y captaciones	La mayor parte de las nacientes registradas por la ASADA se encuentran en el Cerro Tablazo, por lo que los frecuentes botaderos ilegales que se dan en este lugar comprometen significativamente la calidad del agua de las quebradas que se forman a partir de estas nacientes.	Se diseñan campañas de limpieza y vigilancia en la zona para la recolección de residuos sólidos.	Junta Directiva y Administrador	Educativa	Se puede financiar a través de recursos propios o con alianzas con empresas o municipios para tener mayor alcance en los proyectos.	4 meses	

Tomas y captaciones	Se realizan construcción, que conllevan a movimientos de tierra importantes y deforestación de la zona, lo que compromete la estabilidad del terreno y la calidad de las aguas por el vertido de aguas residuales de tipo domiciliar en los cuerpos de agua de los cuales se abastece la ASADA.	Establecer un enlace con la municipalidad para tener control más eficiente sobre las construcción, movimientos de tierra y deforestaciones que se realizan en las zonas de recarga que erosionan el terreno y podrían afectar con deslizamientos o la disponibilidad a largo plazo, por lo cual se podría establecer una intervención más oportuna.	Junta Directiva y Administrador	Administrativa	Se puede financiar a través de recursos propios o con alianzas con empresas o municipios para tener mayor alcance en los proyectos.	6 meses	
Almacenamiento	Grietas o daños estructurales por movimientos telúricos	Instalar un medidor de volumen y presión de tanque automatizado que permita conocer el volumen del tanque y la presión del mismo para evitar daños de infraestructura.	Junta Directiva	Telemetría	Se deben buscar fuentes de financiamiento como lo son préstamos bancarios convencionales o de Banca para el Desarrollo del Banco Popular donaciones de instituciones como el IMAS, Municipios, empresas privadas u ONG. También las empresas proveedoras puede dar financiamiento para el equipo	18 meses	
Tomas y captaciones	Se tienen identificadas fincas y propiedades específicas donde se encuentran nacientes de la ASADA y se realizan actividades ganaderas que pueden comprometer la calidad del agua.	Realizar un mapeo de las fincas en la zona de las nacientes que tienen ganado y realizar una identificación del mismo.	Administrador y encargado de PSA	Administrativa	Se financia a través de recursos propios.	6 meses	
Tomas y captaciones	No se tiene el adecuado mantenimiento en las captaciones, ni de las estructuras hidráulicas ni de protección lo que puede comprometer la calidad y continuidad del abastecimiento de agua a para la población.	Plan de limpieza semanal y monitoreo por parte de la administración para evitar la acumulación de sedimentos que afecte la calidad del agua.	Administrador y fontanero	Técnica	Se financia a través de recursos propios.	2 meses	
Red de conducción y distribución	Por lo fácil de acceder a las zonas de captación de la Q3 y Q4, son propensas a sufrir daños y vandalismo en las estructuras.	Aumentar la frecuencia de las inspecciones y limpieza de las estructuras	Encargados de mantenimiento	Técnica	Se financia a través de recursos propios.	1 mes	
Red de conducción y distribución	La tubería de la Q3 y Q4 están en alto riesgo de sufrir daños significativos por deslizamientos en la época lluviosa principalmente en el tramo que se ubica en la Finca de los Hernández.	Realizar un reporte del estado de manera semanal sobre el estado de la infraestructura y tuberías con el fin de tener identificado los puntos vulnerables en caso de un evento.	Encargados de mantenimiento	Administrativa	Se financia a través de recursos propios.	1 mes	

Red de conducción y distribución	Las líneas de conducción son propensas a vandalismo por ubicarse más alejadas y con poca vigilancia.	Evaluar los tramos de tubería descubierta, mapearlos y en caso de un evento poder realizar inspecciones en los puntos de mayor riesgo. Se debe realizar inspecciones mensuales en los tramos para revisar que no se realicen vandalismos ni daños que afecten la continuidad ni la calidad del agua.	Encargados de mantenimiento	Administrativa	Se financia a través de recursos propios.	6 meses	
Tratamiento	En la parte posterior de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) tiene un talud de tierra que se encuentra erosionado y sin protección, lo que puede ocasionar un deslizamiento de material que afecte la estructura de la PTAP, así como la continuidad y calidad del agua.	Se debe analizar la colocación de una geo membrana que proteja las estructuras en caso de un derrumbe, además se debe tener la erosión en época de verano.	Administrador	Administrativa	Se puede financiar a través de recursos propios de la ASADA o de los proveedores que dan crédito en la compra de insumos.	6 meses	
Tratamiento	Existe una falla tectónica importante que atraviesa el cerro del Tablazo justo donde se encuentran las principales estructuras de tratamiento de la ASADA por lo que existe un riesgo latente.	Diseñar un plan de emergencia donde se tomen en cuenta las recomendaciones de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), Bomberos, Municipalidad y otras entidades competentes.	Junta Directiva y Administrador	Administrativa	Se puede financiar a través de recursos propios de la ASADA.	10 meses	
Almacenamiento	Estructuras de protección dañadas lo que vuelve los componentes del sistema más son propensas a vandalismo.	Reparación de la caseta de cloración, puertas de acceso, tapas de cajas de válvulas y cerramientos con el fin de asegurar la calidad del agua.	Administrador	Administrativa	Se puede financiar a través de recursos propios de la ASADA.	6 meses	
Almacenamiento	Sobrepresión en los sistemas de almacenamiento	Revisar y dar adecuado mantenimiento a las válvulas de entrada a los tanques, así como documentar los diversos escenarios y caudales para evitar una supresión en el tanque.	Fontaneros	Técnica	Se puede financiar a través de recursos propios de la ASADA.	1 mes	
Tomas y captaciones	La deforestación y erosión que presentan muchas de las fincas donde se encuentran las nacientes por las actividades agropecuarias que se desarrollaron anteriormente, producen gran inestabilidad en los terrenos por lo que son más propensos a sufrir daños significativos que comprometan la calidad, la continuidad y la disponibilidad de agua para consumo	Identificar zonas aptas para reforestación y realizar convenios de reforestación y mantenimiento con los dueños con el fin de asegurar las zonas de recarga de las nacientes.	Administrador	Administrativa	Se puede financiar a través de recursos propios o con alianzas con empresas o municipios para tener mayor alcance en los proyectos.	3 meses	

Tratamiento	La falta de electricidad es un riesgo en los equipos de bombeo y dosificación de la PTA, además que afecta la continuidad los procesos de producción de cloro que se da por electrolisis, así como la dosificación del mismo.	Se debe realizar un análisis sobre la compra de un sistema de energía de emergencia que permita la operación en caso de suspensiones de electricidad.	Junta Directiva	Administrativa	Se deben buscar fuentes de financiamiento como lo son préstamos bancarios convencionales o de Banca para el Desarrollo del Banco Popular donaciones de instituciones como el IMAS, Municipios, empresas privadas u ONG. También las empresas proveedoras puede dar financiamiento para el equipo	24 meses	
Tomas y captaciones	Las sequías bajan el caudal de las quebradas.	La ASADA se encuentra en una situación de estrés hídrico por lo que se deben buscar fuentes alternativas de abastecimiento ya que esto con el paso del tiempo y el crecimiento poblacional se vuelve cada más crítico.	Junta Directiva y Administrador	Hídrica	Se deben buscar fuentes de financiamiento como lo son préstamos bancarios convencionales o de Banca para el Desarrollo o donaciones de instituciones como el IMAS, Municipios, empresas privadas u ONG	12 meses	
Tomas y captaciones	Las lluvias producen deslizamientos que pueden dañar la toma con obstrucciones o destrucción total o parcial de la estructura.	Plan de monitoreo semanal tanto en verano e invierno, y documentar la información de estas inspecciones con el fin de que pueda mapear las zonas de más riesgo y así prevenir o intervenir los desastres de manera oportuna	Administrador, fontaneros y encargado de PSA	Técnica	Se financia a través de recursos propios.	1 mes	
Tratamiento	Crecimiento de biopelícula en las paredes, láminas del floculador y el sedimentador, así como acumulación de sedimentos.	Se podría evaluar el impacto en el cloro residual el dosificar una dosis pequeña de cloro a la entrada de la PTAP, para evitar la formación de algas sin que esto afecte el cloro residual a la salida del tanque de almacenamiento.	Encargado de PTAP	Técnica	Se puede financiar a través de recursos propios de la ASADA.	1 mes	
Tratamiento	Problemas de dosificación de químicos en la PTAP	Capacitar personal que se ubique en la planta con operación de 24/7 que pueda realizar análisis y dosificar de manera adecuada, además documente la operación diaria y también los eventos puntuales que afecten la calidad del agua.	Encargado de PTAP	Educativa	Se puede financiar a través de recursos propios de la ASADA.	4 meses	

APÉNDICE 13. MEDIDAS DE CONTROL

Cuadro A.15. Matriz de medidas de control para los peligros identificados por el equipo de PSA.

Componente	Peligro identificado	Límite crítico previsto	Acción desencadenante	¿Qué se va a monitorear?	¿Dónde se va a monitorear?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Quién?	Medida correctora
Tomas y captaciones	Nacientes que abastecen las quebradas están cercas de la carretera nacional en el cerro Tablazo por lo que se contaminan de manera indirecta por hidrocarburos por escorrentía.	Contaminación o derrames que aumenten la concentración de hidrocarburos por encima de lo considerado apto para consumo, este valor medido en las captaciones.	Se debe sacar de operación las quebradas que se encuentren contaminadas. Realizar análisis físico químicos para poder estar monitoreando los niveles.	Calidad del agua	Zonas de recarga y cuenca de las nacientes y en el punto de reunión del desarenador .	Semanal	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Administrador	Según la severidad se debe evaluar el tratamiento que se le debe dar al gua.
	La mayor parte de las nacientes registradas por la ASADA se encuentran en el Cerro Tablazo, por lo que los frecuentes botaderos ilegales que se dan en este lugar comprometen significativamente la calidad del agua de las quebradas que se forman a partir de estas nacientes.	Identificación de botaderos clandestinos en el cauce de las quebradas.	Notificación a la municipalidad y verificación de la afectación a las nacientes y la calidad del agua.	Calidad del agua y cuencas	Zonas de recarga y cuenca de las nacientes	Semanal	Inspecciones y reportes al departamento de desarrollo urbanístico de la Municipalidad.	Administrador	Emitir el reporte a la dirección ambiental de la Municipalidad de Desamparados .
	Se realizan construcción, que conllevan a movimientos de tierra importantes y deforestación de la zona, lo que compromete la estabilidad del terreno y la calidad de las aguas por el vertido de aguas residuales de tipo domiciliar en los cuerpos de agua de los cuales se abastece la ASADA.	Cuando estas construcciones se encuentren dentro del límite de protección de las nacientes, así como cuando produzcan inestabilidad en el terreno que afecte a largo plazo.	Notificación a la municipalidad y verificación de la afectación a las nacientes y la calidad del agua.	Cuencas hidrográficas	Higuito y Cerro del Tablazo.	Semanal	Inspecciones y reportes al departamento de desarrollo urbanístico de la Municipalidad.	Administrador	Emitir el reporte a la dirección de urbanismo de la Municipalidad.

Se tienen identificadas fincas y propiedades específicas donde se encuentran nacientes de la ASADA y se realizan actividades ganaderas que pueden comprometer la calidad del agua.	Si se arrollan proyectos de ganadería de extensión o los animales se encuentran en el margen de protección de las quebradas.	Notificación a los dueños de las fincas sobre la afectación y se aplica la medida correctiva correspondiente .	Cuencas hidrográficas	Captaciones	Mensual	Inspecciones y reportes al departamento de desarrollo urbanístico de la Municipalidad.	Administrador	Emitir el reporte a la dirección ambiental de la Municipalidad de Desamparados . Notificar a los dueños de las propiedades.
Las lluvias producen deslizamientos que pueden dañar la toma con obstrucciones o destrucción total o parcial de la estructura.	Obstrucción parcial o total de las tomas o cauce de las quebradas	Se saca de operación las fuentes y se suspende manera temporal el servicio. Se realiza una intervención al sistema.	Cuencas hidrográficas	Captaciones	Diario	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Encargado de mantenimiento	Emitir una alerta a la CNE, Municipalidad y AyA ante un posible evento. Se debe intervenir la infraestructura afecta por el deslizamiento de manera inmediata
Las sequías bajan el caudal de las quebradas.	Cuando el nivel de agua en el tanque de almacenamiento principal sea de dos tercios de capacidad total.	Se suspende el servicio de manera temporal hasta recuperar el volumen del tanque.	Disponibilidad Hídrica.	Tanque desarenador	Diario	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Encargado de mantenimiento	Se deben realizar aforos mensuales y en caso de ser requerido se deben realizar racionamientos temporales, cuando estos superen las 6 horas se activa el protocolo de distribución de agua por cisternas.

No se tiene el adecuado mantenimiento en las captaciones, ni de las estructuras hidráulicas ni de protección lo que puede comprometer la calidad y continuidad del abastecimiento de agua a para la población.	Cuando se dañen totales o parciales las estructuras de captación, así como cuando la sedimentación impida el flujo de agua a la canaleta.	Sale de operación la quebrada y se dirige el recurso humano de la AS ADA a la puesta en operación de la captación.	Sistemas abastecimiento y calidad del agua.	Captaciones	Diario	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Encargado de mantenimiento	Se realiza un informe a la administración del daño y se interviene la estructura de inmediato.
La deforestación y erosión que presentan muchas de las fincas donde se encuentran las nacientes por las actividades agropecuarias que se desarrollaron anteriormente, producen gran inestabilidad en los terrenos por lo que son más propensos a sufrir daños significativos que comprometan la calidad, la continuidad y la disponibilidad de agua para consumo	NA	NA	Cuencas hidrográficas	Zonas de recarga y cuenca de las nacientes	Semanal	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Administrador y fontanero	Emitir el reporte a la dirección ambiental de la Municipalidad de Desamparados . Notificar a los dueños de las propiedades.
Las captaciones de las quebradas Q3 y Q4 no cuentan con portón ni cercado por lo que tiene el acceso libre para personas y animales, además que por contar con cataratas son de gran atractivo turístico durante el verano y es por esto que se puede ver afectada por contaminación, física, química o microbiológica. En cuanto a la quebrada Mena y Tablazo, tienen acceso regulado por la ASADA y la vigilancia es diaria, pero al ser quebradas pueden accederse en cualquier punto de la quebrada e introducir contaminación por lo que se deben realizar inspecciones a lo largo del cauce.	Concentración de patógenos, agentes físicos y químicos que afecten la calidad del agua y la vuelven no apta para consumo humano.	Se debe sacar de operación las quebradas que se encuentren contaminadas. Realizar análisis físico químicos y microbiológicos para poder estar monitoreando los niveles.	Calidad del agua y cuencas	Zonas de recarga y cuenca de las nacientes	Dos veces a la semana	Controles de vigilancia continuo y análisis físico químicos.	Encargado de mantenimiento	Se realiza un informe a la administración del daño y se interviene la estructura de inmediato.

Red de conducción y distribución

La tubería de conducción de la quebrada Elieras atraviesa la finca en la que se ubica hasta llegar a la caja de reunión en la captación de la quebrada Tablazo es de PVC y se encuentra totalmente expuesta.	Derrumbe, deslizamiento o inundación que ocasionen un daño parcial o total de la estructura	Salida de operación del desarenador y se hace un bypass hasta la planta de tratamiento para poder dar tratamiento al agua.	Tuberías de conducción	Perímetro de la línea de conducción	Semanal	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Fontaneros	Se realiza un informe a la administración del daño y se interviene la estructura de inmediato.
Por lo fácil de acceder a las zonas de captación de la Q3 y Q4, son propensas a sufrir daños y vandalismo en las estructuras.	Daños en la infraestructura o robo parcial de las tuberías o válvulas que afecten el flujo de agua al desarenador.	Se debe movilizar el personal para revisar el estado y la calidad del agua.	Calidad del agua y cuencas	Perímetro de la línea de conducción	Dos veces a la semana	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Fontaneros	Se realiza un informe a la administración del daño y se interviene la estructura de inmediato.
De la tubería de distribución se tiene un tramo de aproximadamente 1,8km en HG. Esto se ubica en la parte baja del sistema sobre la calle principal de Higuito	Daños significativos de la tubería que no se puedan solucionar con prontitud debido a las características de la tubería. Cuando se presente contaminación en la red producto de la corrosión de la tubería.	Sustitución y reparación del sector afectado.	Tuberías de conducción	Perímetro de líneas de distribución y ramales	Semanal	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Fontaneros	Se realiza un informe a la administración del daño y se interviene la estructura de inmediato.
La tubería de la Q3 y Q4 están en alto riesgo de sufrir daños significativos por deslizamientos en la época lluviosa principalmente en el tramo que se ubica en la Finca de los Hernández.	Daño parcial o total de las tuberías que pongan en riesgo la calidad o cantidad de agua que nutre al sistema.	Salida de operación de la quebradas Q3 y Q4, lo que implicaría una disminución importante del caudal por lo que se suspendería el	Tuberías de conducción	Perímetro de la línea de conducción	Semanal	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Fontaneros	Se realiza un informe a la administración del daño y se interviene la estructura de inmediato.

		servicio.						
Cuando se suspende el servicio las tuberías se vuelven propensas a daños significativos por golpe de ariete.	Daño en un tramo de la tubería que afecte la disponibilidad en otros sectores o el nivel del tanque	Suspensión del servicio para la reparación de la fuga.	Tuberías de distribución	Perímetro de líneas de distribución y ramales	Semanal	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Fontaneros	Se realiza un informe a la administración del daño y se interviene la estructura de inmediato.
Las líneas de conducción son propensas a vandalismo por ubicarse más alejadas y con poca vigilancia.	Daño parcial o total de las tuberías que pongan en riesgo la calidad o cantidad de agua que nutre al sistema.	Suspensión temporal del servicio para la reparación.	Tuberías de conducción	Perímetro de la línea de conducción	Semanal	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Fontaneros	Se realiza un informe a la administración del daño y se interviene la estructura de inmediato.
Las tuberías de distribución están ubicadas a 80cm de profundidad y son propensas a roturas y daños por las vibraciones de vehículos pesados.	Daño parcial o total de las tuberías que pongan en riesgo la calidad o cantidad de agua que nutre al sistema. Introducción de contaminación por las grietas en las tuberías.	Suspensión temporal del servicio para la reparación. Purgar las tuberías.	Tuberías de distribución	Perímetro de líneas de distribución y ramales	Semanal	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Fontaneros	Se realiza un informe a la administración del daño y se interviene la estructura de inmediato.
No se tienen o se encuentran en mal estado válvulas de compuerta en los distintos ramales, que permitan la reparación de fugas sin afectar sectores grandes de usuarios.	Sustitución de los accesorios que se encuentren en mal estado o dañados.	Suspensión temporal del servicio y movilización de personal a atender la fuga.	Tuberías de distribución	Válvulas y cajas de válvulas	Mensual	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Fontaneros	Se realiza un informe a la administración del daño y se interviene la estructura de inmediato. Diseñar un plan de colocación y

									sustitución de válvulas.
Tratamiento	El desarenador es la estructura más propensa a derrumbes, ya sufrió en el año 2017 los efectos de la tormenta Nate y perdió de manera parcial la estructura de protección	Deslizamiento que afecte la estructura de manera parcial o total. Introducción de sedimentos y contaminación en el tanque de almacenamiento .	Se suspende el servicio mientras se pone a funcionar r una tubería a manera de bypass a la PTAP para afectar la disponibilidad, mientras se interviene la infraestructura.	Sistema de abastecimiento	Desarenador	Diario	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Encargado de mantenimiento	Emitir una alerta a la CNE, Municipalidad y AyA ante un posible evento. Se debe intervenir la infraestructura afecta por el deslizamiento de manera inmediata
	En la parte posterior de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) tiene un talud de tierra que se encuentra erosionado y sin protección, lo que puede ocasionar un deslizamiento de material que afecte la estructura de la PTAP, así como la continuidad y calidad del agua.	Deslizamiento que afecte la estructura de manera parcial o total. Introducción de sedimentos y contaminación en el tanque de almacenamiento .	Suspensión temporal del servicio mientras se interviene la PTAP.	Sistema de abastecimiento	PTAP	Semanal	Inspecciones y anotaciones en la bitácora.	Encargado de PTAP	Emitir una alerta a la CNE, Municipalidad y AyA ante un posible evento. Se debe intervenir la infraestructura afecta por el deslizamiento de manera inmediata
	La falta de electricidad es un riesgo en los equipos de bombeo y dosificación de la PTAP, además que afecta la continuidad los procesos de producción de cloro que se da por electrolisis así como la dosificación del mismo.	Falta de dosificación de cloro y reactivos. Se para la producción de cloro más de 72horas	Se pone a operar las dosificaciones de manera manual. Se produce el cloro de manera alterna con HTH.	Capacitación y Calidad del agua	PTAP	Cuando se dé un evento	Análisis de cloro residual en la red y parámetros de potabilidad	Encargado de PTAP	Realizar la operación manual del sistema y de ser superior a las 72h se debe buscar una fuente alterna de abastecimiento eléctrico.

Existe una falla tectónica importante que atraviesa el cerro del Tablazo justo donde se encuentran las principales estructuras de tratamiento de la ASADA por lo que existe un riesgo latente.	Daños en las infraestructuras del sistema que las inhabilite de manera parcial o permanente.	Suspensión temporal del servicio, e intervención de las infraestructuras afectadas. Si la suspensión supera las 6 horas se activa un plan de abastecimiento de agua por cisterna	Sistema de abastecimiento	Sistemas de tratamiento	Diario	Inspecciones y revisión del estado de las estructuras	Administrador	Emitir una alerta a la CNE, Municipalidad y AyA ante un posible evento. Se debe intervenir la infraestructura afecta por el deslizamiento de manera inmediata
Al ser fuentes superficiales la carga orgánica y turbiedad es muy alta por lo que se puede dar una obstrucción de los filtros de la planta de tratamiento por sobrecarga de sedimentos	Turbiedad superior a los 1200UNT que es la carga máxima de tratamiento de la PTAP	Suspensión temporal del servicio, mezcla con agua almacenada para poder disminuir la turbiedad.	Cuencas hidrográficas y calidad del agua	PTAP	Diario	Mediciones constantes de turbiedad	Encargado de PTAP	Monitoreo de parámetros y curvas de dosificación de reactivos. Creación de un manual de operación con diversos escenarios. Limpiezas periódicas y puntuales ante un evento.
El sistema de tratamiento de los filtros de carbón y antracita con que cuenta San Gerardo pueden verse sobresaturados de sedimentos en la época lluviosa ya que las fuentes que lo nutren son superficiales.	Sobre saturación de los filtros de agua que hace que la salida de agua tenga una turbiedad mayor que la entrada.	Se hace un bypass en la PTAP para afectar la disponibilidad de agua, mientras que se realiza un lavado de los filtros.	Calidad del agua	Filtros del tanque de San Gerardo y PTAP	Diario	Limpiezas periódicas de los filtros.	Encargado de mantenimiento	Monitoreo de parámetros. Creación de un manual de operación con diversos escenarios. Limpiezas periódicas y puntuales ante un evento.

	Crecimiento de biopelícula en las paredes, láminas del floculador y el sedimentador, así como acumulación de sedimentos.	Producción de cianotoxinas por proliferación de aguas	Se realiza un bypass a la planta de tratamiento para poder realizar una mezcla con agua almacenada para reducir la concentración de las cianobacterias.	Sistemas abastecimiento y calidad del agua.	PTAP	Diario	Análisis microbiológicos periódicos del agua.	Encargado de PTAP	Monitoreo de parámetros y curvas de dosificación de reactivos. Creación de un manual de operación con diversos escenarios. Limpiezas periódicas y puntuales ante un evento.
	Problemas de dosificación de químicos en la PTAP	Sobre dosificación que genere subproductos en el agua que pueda producir una afección a la salud. Que se dosifique por debajo de los requerimientos mínimos y esto afecte la calidad del agua.	Realizar una mezcla con agua almacenada para reducir la concentración química. Se debe corregir la dosificación de inmediato.	Capacitación y Calidad del agua	PTAP	Diario	Análisis de parámetros y manual de procedimiento.	Encargado de PTAP	Monitoreo de parámetros y curvas de dosificación de reactivos. Creación de un manual de operación con diversos escenarios.
Almacenamiento	El personal no tiene suficiente capacitación o instrucciones sobre la operación de las llaves, tratamientos y tanques en los diversos escenarios por lo que se producen pérdidas de reactivos, cloro y hasta agua en el rebalse.	NA	NA	Capacitación y Calidad del agua	Tanque principal y tanque de San Gerardo	Mensual	Capacitación constante y documentación de procedimientos	Administrador	Establecer un programa de capacitación y elaboración de manuales de operación
	Estructuras de protección dañadas lo que vuelve los componentes del sistema más susceptibles a vandalismo.	Ingreso de personal no autorizado puede ocasionar daños a la estructura además de que	Daño de la estructura de la ASADA, además de un riesgo para la salud por el cloro que se trabaja en la	Calidad del agua y cuencas	Tanque principal y tanque de San Gerardo	Diario	Inspecciones y revisión del estado de las estructuras	Administrador	Se realiza un informe a la administración del daño y se interviene la estructura de inmediato.

	se puede introducir contaminación al agua tratada.	caseta.						
Contaminación y sedimentos acumulados por ingreso de aguas contaminadas o fallas en el proceso de desinfección.	Turbiedad a la salida superior a los UNT	Suspensión temporal del servicio para el lavado interno del tanque.	Sistemas abastecimiento y calidad del agua.	Tanque principal y tanque de San Gerardo	Diario	Análisis de turbiedad y lavados periódicos.	Encargado de mantenimiento	Monitoreo de la turbiedad del agua, así como lavados programados y puntuales cuando se suscite un evento.
Grietas o daños estructurales por movimientos telúricos	Gritas o daños que produzcan humedad o fugas en la estructura de hormigón	Intervención inmediata de la infraestructura	Sistema de abastecimiento	Tanque principal y tanque de San Gerardo	Diario	Inspecciones y revisión del estado de las estructuras	Encargado de mantenimiento	Emitir una alerta a la CNE, Municipalidad y AyA ante un posible evento. Se debe intervenir la infraestructura afecta por el deslizamiento de manera inmediata
Sobrepresión en los sistemas de almacenamiento	La presión dañe la estructura produciendo grietas que produzcan humedad o fugas.	Abrir de la válvula rebalse, si ya presenta un daño estructural deberá intervenir la infraestructura	Sistema de abastecimiento	Tanque principal y tanque de San Gerardo	Diario	Mediciones de presión y caudal máximo admitido a los tanques de almacenamiento.	Encargado de mantenimiento	Se debe abrir válvulas de rebalse en caso de que el caudal o la presión sean mayores a la capacidad máxima del sistema.

APENDICE 14. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS NORMALIZADOS TIPICOS DE LA OPERACION.

Cuadro A.16. Matriz de procedimientos normalizados de la operación típica de la ASADA de Higuito de Desamparados.

Categoría	Subcategoría	Procedimiento operativo normalizado.	Herramienta de control	Encargado	Frecuencia	Insumo a generar
Operación general instalaciones	Tareas de información general	Rondas diarias	Hojas de control de operación de mantenimiento y fontanería.	Encargado de mantenimiento y fontaneros	Diaria	Manual de operación y mantenimiento del sistema / Manual de operación de fontanería.
		Seguridad en el recinto de la instalación				
		Mantenimiento de las infraestructuras				
		Registros de operación				
		Procedimientos de informes				
	Prevenición de contaminación en tomas y captación					
	Tomas de muestras	Procedimiento de análisis de laboratorio de parámetros de potabilidad.	Análisis de laboratorio	Laboratorio Nacional de Aguas	4 meses	NA
	Respuesta en de situación emergencia	Suspensión del servicio por contaminación de fuentes.	Hojas de control de suspensión del servicio	Encargado de mantenimiento	Según requerido	Protocolo de suspensión y restablecimiento del servicio de agua
		Suspensión del servicio por baja producción de agua en las fuentes				
Toma de agua	Agua Cruda	Mantenimiento de captaciones.	Hojas de control de operación de mantenimiento.	Encargado de mantenimiento y fontaneros	Semanal	Manual de operación y mantenimiento del sistema / Manual de operación de fontanería.
		Operación de válvulas			Diario	
	Medición de caudal	Calibrado de válvulas			Diario	
	Pretratamiento	Limpieza de desarenadores.			Semanal	
Operación de válvulas		Diario				
Tratamiento de agua potable y dosificación	Filtros	Limpieza de filtros y mantenimiento	Hojas de control de operación de mantenimiento y	Encargado de mantenimiento y fontaneros	Mensual	
		Mantenimiento de estructuras			Semanal	

			fontanería.			
	PTAP	Controles de calidad de agua	Hojas de control de operación de mantenimiento y fontanería.	Encargado de mantenimiento y fontaneros	Diario	Manual de operación de la PTAP
		Mantenimiento de los componentes de la PTAP				
		Informes operativos				
Desinfección		Control de dosificación de cloro.	Hojas de control de operación de mantenimiento y fontanería.	Encargado de mantenimiento y fontaneros	Diario	Manual de operación y mantenimiento del sistema / Manual de operación de fontanería.
		Mantenimiento de equipos.				
		Producción de cloro				
Almacenamiento		Mantenimiento de estructuras	Hojas de control de operación de mantenimiento y fontanería.	Encargado de mantenimiento y fontaneros	Diario	Manual de operación y mantenimiento del sistema / Manual de operación de fontanería.
		Informes operativos sobre el nivel de los tanques			Diario	
		Operación de válvulas			Diario	
		Lavado			Semestral	
Distribución		Mantenimiento y operación de válvulas	Hojas de control de fontanería	Fontaneros	Según requerido	Manual de operación de fontanería.
		Purga y control de sedimentos			Según requerido	
		Control de fugas			Diario	
		Control de cloro residual en distintos puntos de la red.			Diario	

APÉNDICE 15. HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE INCIDENTES.

Documentación de incidente

Fecha: _____
Encargado: _____

Evento	
Fecha del incidente:	
Lugar del Incidente:	
Responsable del momento:	
Duración:	
Afectación principal:	
Componentes del sistema afectado	

Evaluación del Incidente

¿Qué ocasionó el incidente?				
¿Cuál fue el tiempo de respuesta?				
¿Cómo se detectó el problema?				
¿Ocasionó consecuencias a corto, mediano y largo plazo?				
¿Cuáles medidas se tomaron y cuales hicieron falta?				
Afectó :	Calidad del agua ()	Continuidad del servicio ()	Sistemas de la ASADA ()	Ninguno ()

¿Fueron eficientes los procesos de comunicación?	Si ()	No ()
Observaciones:		
¿Este es un peligro identificado en el PSA?	Si ()	No ()
Observaciones:		
	Si ()	No ()
¿Funcionó el plan de respuesta?		
Observaciones:		
	Si ()	No ()
¿La comunicación con los usuarios fue clara y/o eficiente?		
Observaciones:		

Observaciones:

APÉNDICE 16. ENCUESTA APLICADA A LOS USUARIOS DE LA COMUNIDAD.

<h3>Plan de seguridad del agua</h3> <p>Esta información es confidencial y es con el fin de poder realizar una base de datos y construir un plan de seguridad del agua.</p>	<p>¿Ha percibido turbiedad en el agua?</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p>
<p>Image title</p>  <p>Asociación Acueducto Rural Higuito Desamparados</p>	<p>¿Cuál es la frecuencia con la que el agua llega turbia?</p> <p><input type="radio"/> Invierno</p> <p><input type="radio"/> Verano</p> <p><input type="radio"/> Siempre</p> <p><input type="radio"/> Nunca</p>
<p>Nombre del abonado o NIS *</p> <p>Short answer text</p>	<p>¿Tiene problemas con el faltante del agua?</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p>
<p>Número de personas en su hogar. *</p> <p>Short answer text</p>	<p>¿Cuál es la frecuencia con la que se realizan racionamientos?</p> <p><input type="radio"/> 1 vez al día</p> <p><input type="radio"/> 2-3 veces a la semana</p> <p><input type="radio"/> 1 vez al mes</p> <p><input type="radio"/> Nunca</p>
<p>PERCEPCIÓN</p> <p>Estas preguntas son de percepción del usuario, se basan en su criterio.</p>	<p>¿Conoce el consumo promedio del agua de su hogar?</p> <p>Short answer text</p>
<p>¿Ha percibido olor y/o sabor en el agua potable?</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p>	
<p>¿Ha percibido turbiedad en el agua?</p>	

¿Conoce el consumo promedio del agua de su hogar?

Short answer text
.....

¿Conoce cómo funciona el medidor?

- Sí
- No

¿Conoce sobre las tarifas del

- Sí
- No

¿Cuál es su percepción sobre el trabajo de la Junta Directiva y Administración de la

- Muy Malo
- Malo
- Bueno
- Muy Bueno
- Excelente

¿Conoce la calidad del agua potable en su hogar?

- Sí
- No

¿Se le notifica cuando se va a suspender el servicio de agua potable?

- Sí
- No

¿Conoce el proceso de tratamiento del agua?

- Sí
- No

¿Tiene conocimiento sobre las fuentes de agua de la ASADA?

- Sí
- No

INFORMACIÓN DEL USO Y SALUD

Estas preguntas tienen como objetivo la construcción de una línea base sobre los usos de agua por los usuarios e información de saneamiento y ambiente en general.

¿Existen fugas en su hogar?

- Sí
- No

¿Utiliza Agua lluvia para usos domésticos? (Especifique)

- Sí
- No

¿En su domicilio existen lugares específicos para el lavado de mano?

- Sí
- No

¿Tiene mascotas en su hogar?

- Sí
- No

¿Tiene huertas y/o animales de granja en su propiedad?

- Sí
- No

¿Cuántos servicios sanitarios y/o letrina tiene en su casa?

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4 o más

Para la disposición de aguas residuales cuenta con:

- Tanque Séptico
- Alcantarillado
- Other...

¿Cuenta con servicio de recolección de residuos sólidos?

- Si
- No

¿Hacen separación de residuos (Reciclaje)?

- Si
- No

¿Realizan compostaje?

- Si
- No

...

Quisiera contar con más asesoría de uso de agua, manejo de residuos u otro tema:

- Si
- No

Algún tema que le interesaría que la ASADA

Long answer text

Observaciones y recomendaciones:

Long answer text

ANEXOS

ANEXO 1: ANALISIS DE LABORATORIO DE LA ASADA 2018



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-02565-2018

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Rios, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e-mail: inmra@aya.or.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°: LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-02565-2018

INFORME DE RESULTADOS
AYA-FPT-011B

Tres Rios, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e-mail: inmra@aya.or.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°: LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	Acueductos Rurales en Sello de Calidad Sanitaria	Proc. muestreo	AYA-PT-019-6
Contacto:		Muestreado por	Rojas Abarca Jua
SISTEMA:	HIGUITO DE SAN MIGUEL DE DESAMPARADOS	Fecha de muestreo	16-mar-18
		Fecha de ingreso :	16-mar-18
Muestreo:	RED 4	Fecha de Reporte:	19-mar-18
Dirección:	OFICINA ASADA	Inicio Análisis MIC:	16-mar-18
PROVINCIA:	San Jose	CANTON:	DESAMPARADOS
e-mail:		Teléfono:	
		Tipo de muestra:	Agua
		Fecha de recolección:	10:00

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	53	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	91,0	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,3	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	14,5	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cianuro	*	N.D.	mg/L	0,0050	0,014	0,026	Hach 8027		0,07
Cloro Residual Libre	*	0,30	mg/L	0,02	0,02	0,05	4500-Cl G	0,3	0,6
Cloruros	*	2,62	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Coliformes fecales	*	Negativo	UFC/100 mL		1	1	9222 D	Negativo	Negativo
Color Aparente	*	7	UPt-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	124	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	36	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	56	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
E.coli	*	Negativo	NMP/100 mL				9221 F		
Fluoruros	*	0,15	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	83,2	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	4,8	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	15,0	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	N.D.	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1
Olor	**	Acceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Acceptable	Acceptable
pH	*	8,03		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Potasio	*	D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	6,8	mg/L	1,9	2,0	2,5	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	14,01	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	19,7	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °	
Turbiedad	*	2,83	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	23,2	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Acueducto en buenas condiciones sanitarias. Tiempo soleado.

Observaciones:

La fuente de abastecimiento es superficial. No se debe introducir agua superficial sin tratamiento convencional, en un sistema de abastecimiento. Incumple el artículo 18 del Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A Urbina C.
Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química

Johanna Méndez Araya
Dra. Johanna Méndez Araya
Jefe del Laboratorio Microbiología

Hoja de control - Fontanería

Fecha: _____
 Encargado: _____

Tipo	Actividad		Encargado	Hora inicio	Hora Finalización	Detalles
Trabajos a clientes	Fugas internas	()				
	Cambio de medidores	()				
	Movimiento de medidores	()				
	Inpección de lectura	()				
	Inspección de fuga	()				
	Otro	()				
Trabajos en la red	Purgas	()				
	Reparación de fugas	()				
	Instalación de hidrantes	()				
	Instalación de nuevo servicio	()				
	Reparación calles/ aceras	()				
	Otro	()				
Otros	Lavado de tanque principal	()				
	Lavado PTAP	()				
	Pintar infraestructura	()				
	Otro	()				
Tipo	Actividad		Encargado MSV	Horas		Detalles
Periodicas	Lectura	()				
	Distribución de recibos	()				
	Corta	()				

Otras actividades

Actividad		Encargado	Horas		Detalles

Figura 0.2. Hoja de control operativo de fontanería de la ASADA de Higuito.
 Fuente: ASADA de Higuito de Desamparados.