

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**“Diagnóstico del estado actual de los acueductos de Tres Amigos, Candelaria
y Campos de Oro, San Rafael y La Cruz ubicados en la parte alta de la cuenca
del río Abangares, y propuestas para su mejoramiento”**

Proyecto Final de Graduación

Que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

Gloriana Quirós Soto

Directora del Proyecto de Graduación:

Ing. Paola Vidal Rivera

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

COMITÉ ASESOR

Paola Vidal R.

Ing. Paola Vidal Rivera

Directora Trabajo Final de Graduación

Irene Campos G.

Ing. Irene Campos Gómez

Asesora Trabajo Final de Graduación

Erick Centeno.

Ing. Erick Centeno Mora

Asesor Trabajo Final de Graduación

GRADUANDO

Gloriana Quirós Soto.

Gloriana Quirós Soto

Estudiante

2016, Diciembre, 09.

La suscrita, Gloriana Quirós Soto, cédula 1-1474-0265, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné **A94999**, manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación **“Diagnóstico del estado actual de los acueductos de Tres Amigos, Candelaria y Campos de Oro, San Rafael y La Cruz ubicados en la parte alta de la cuenca del río Abangares, y propuestas para su mejoramiento”**, bajo la Dirección de la Ing. Paola Vidal Rivera, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago constar de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de Julio de 2001); “no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales”. Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta Ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

DEDICATORIA

A mi familia y seres cercanos, quienes me han acompañado y apoyado en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por toda la paciencia y esfuerzo que me ha dado estos años para lograr terminar la carrera universitaria.

A mi familia, por apoyarme y aconsejarme todo este tiempo para poder cumplir mis metas.

También quiero agradecer a mis compañeros y amigos que hice en esta etapa de mi vida, que de una u otra forma nos ayudamos para cumplir nuestros objetivos. Espero que sigamos en contacto y que cumplan todos sus sueños.

A los asesores de esta tesis, les agradezco la paciencia y dedicación que han tenido conmigo en este proyecto; ha sido un largo proceso de aprendizaje que finalmente llega a su fin.

Quiero agradecer especialmente a la profesora Paola, quien me ayudó atentamente en este proyecto, tanto en el trabajo escrito, como en las pruebas de laboratorio y el trabajo en campo.

Además, quiero agradecer a la Municipalidad de Abangares, que con la coordinación de ellos nos fue posible hacer contacto con encargados de las comunidades y nos ayudaron con la alimentación y estadía en Abangares.

Por otra parte quiero agradecer a los señores Carlos Brenes de la comunidad de La Cruz, Aparicio Picado de San Rafael, Luis Sáenz e Isidro Carranza de Candelaria y al señor Alfredo Guzmán de la comunidad de Tres Amigos. Con la ayuda de ellos se visitaron las nacientes, los tanques de almacenamiento y las conducciones de cada una de las comunidades periódicamente.

Quirós Soto, Gloriana.

Diagnóstico del estado actual de los acueductos de Tres Amigos, Candelaria y Campos de Oro, San Rafael y La Cruz ubicados en la parte alta de la cuenca del río Abangares, y propuestas para su mejoramiento.

Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil – San José. C.R.:

G. Quirós, 2016

vi, 178, [35]h; ils. col. – 34 refs.

RESUMEN

La zona en estudio de este proyecto es la parte alta de la cuenca del río Abangares, la cual se encuentra en la provincia de Guanacaste; las actividades principales que se realizan son la ganadería, agricultura, minería artesanal, entre otros. Actualmente la provincia de Guanacaste se ha visto afectada por sequías, especialmente en la época seca. Sumado a esto, la contaminación ocasionada por el hombre ha afectado negativamente la calidad del agua, por lo que es de suma importancia realizar una evaluación de estas redes de distribución.

Las comunidades que se estudiaron son las siguientes: Tres Amigos, Candelaria y Campos de Oro, San Rafael y La Cruz. En cada una de ellas se cuenta con una ASADA, las cuales son las encargadas del funcionamiento y mantenimiento de las redes de distribución de agua potable. En este documento se encontrará el proceso y los resultados de una investigación, trabajo en campo y laboratorio donde se evalúa la calidad del agua de acuerdo con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable. Donde se revisa si el agua presenta valores permisibles de pH, temperatura, conductividad, coliformes fecales, cobre, entre otros.

Luego, se analiza el estado actual de la infraestructura y se obtiene el levantamiento topográfico de las cuatro redes de distribución. Por otra parte, se revisa la organización administrativa de los acueductos, la planificación, mantenimiento y los recursos de los mismos. Además, se realiza un análisis de demanda presente y futura de consumo de agua, para determinar si la cantidad de agua actual en cada una de las comunidades puede abastecer a la población en 30 años. Por último, se recomiendan mejoras que podrían realizarse en cada comunidad, aportando un presupuesto base.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1 Justificación	11
1.1.1 Problema específico.....	11
1.1.2 Importancia.....	13
1.1.3 Objetivos	13
1.1.4 Delimitación del problema.....	14
1.1.5 Metodología.....	17
1.1.6 Marco teórico.....	20
1.1.7 Normativa.....	31
CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	55
2.1 Ubicación.....	55
2.2 Geología.....	58
2.3 Clima	61
2.4 Aspectos socio-económicos	67
CAPÍTULO III. INFRAESTRUCTURA DE LOS ACUEDUCTOS	74
3.1 Comunidad Tres Amigos	74
3.1.1 Descripción de la infraestructura actual.....	74
3.2 Comunidad Candelaria y Campos de Oro	82
3.2.1 Descripción de la infraestructura actual.....	82
3.3 Comunidad San Rafael.....	90
3.3.1 Descripción de la infraestructura actual.....	90
3.4 Comunidad La Cruz.....	98
3.4.1 Descripción de la infraestructura actual.....	98
CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	106
4.1 Comunidad de Tres Amigos.....	107
4.1.1 Resultados obtenidos: Tres Amigos.....	107

4.1.2	Análisis de resultados: Tres Amigos	109
4.2	Comunidad de Candelaria y Campos de Oro	111
4.2.1	Resultados obtenidos: Candelaria y Campos de Oro	112
4.2.2	Análisis de resultados: Candelaria y Campos de Oro	114
4.3	Comunidad de San Rafael	117
4.3.1	Resultados obtenidos: San Rafael	117
4.3.2	Análisis de resultados: San Rafael.....	119
4.4	Comunidad de La Cruz	121
4.4.1	Resultados obtenidos: La Cruz	121
4.4.2	Análisis de resultados: La Cruz.....	123
CAPÍTULO V. ADMINISTRACIÓN DE LOS ACUEDUCTOS		126
5.1	Acueducto de Tres Amigos	126
5.1.1	Datos Generales	126
5.1.2	Gestión Organizacional.....	126
5.1.3	Gestión Administrativa	126
5.1.4	Gestión Comercial.....	127
5.1.5	Gestión de Operación y Mantenimiento.....	127
5.1.6	Gestión Ambiental-Riesgo	128
5.2	Acueducto de Candelaria y Campos de Oro.....	128
5.2.1	Datos Generales	128
5.2.2	Gestión Organizacional.....	128
5.2.3	Gestión Administrativa	128
5.2.4	Gestión Comercial.....	129
5.2.5	Gestión de Operación y Mantenimiento.....	129
5.2.6	Gestión Ambiental-Riesgo	130
5.3	Acueducto de San Rafael.....	131
5.3.1	Datos Generales	131
5.3.2	Gestión Organizacional.....	131
5.3.3	Gestión Administrativa	131
5.3.4	Gestión Comercial.....	132

5.3.5	Gestión de Operación y Mantenimiento.....	132
5.3.6	Gestión Ambiental-Riesgo	132
5.4	Acueducto de La Cruz.....	133
5.4.1	Datos Generales	133
5.4.2	Gestión Organizacional.....	133
5.4.3	Gestión Administrativa	133
5.4.4	Gestión Comercial.....	134
5.4.5	Gestión de Operación y Mantenimiento.....	134
5.4.6	Gestión Ambiental-Riesgo	134
CAPÍTULO VI. DEMANDA PRESENTE Y FUTURA DE CONSUMO DE AGUA		
135		
6.1	Población.....	135
6.1.1	Método lineal.....	136
6.1.2	Método geométrico.....	138
6.1.3	Método logarítmico.....	141
6.1.4	Método de Wappaus	144
CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS ACUEDUCTOS		
153		
7.1	Acueducto de Tres Amigos	153
7.1.1	Recomendaciones de infraestructura	153
7.1.2	Recomendaciones de gestión	155
7.2	Acueducto de Candelaria y Campos de Oro.....	159
7.2.1	Recomendaciones de infraestructura	159
7.2.2	Recomendaciones de gestión	160
7.3	Acueducto de San Rafael.....	164
7.3.1	Recomendaciones de infraestructura	164
7.3.2	Recomendaciones de gestión	164
7.4	Acueducto de La Cruz.....	169
7.4.1	Recomendaciones de infraestructura	169
7.4.2	Recomendaciones de gestión	170

CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	176
8.1 Conclusiones.....	176
8.2 Recomendaciones.....	178
CAPÍTULO IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	181
9.1 Textos	181
9.2 Sitios de internet	183
ANEXOS	184
Cuadro A.1. Parámetros del Primer Nivel	184
Cuadro A.3. Parámetros del Tercer Nivel.....	185
Cuadro A.4. Parámetros del Control Operativo.....	185
Cuadro A.6. Tarifas mensuales aprobadas por el ARESEP a partir del 26 de junio de 2014, cifras en colones.....	192
Cuadro A.7. Formularios y Guías del Proceso de Vigilancia de la Calidad del Agua. Registro del Sistema de Abastecimiento de Agua (SERSA)	193
Cuadro A.8. Formularios y Guías del Proceso de Vigilancia de la Calidad del Agua para la comunidad de Tres Amigos.....	204
Cuadro A.9. Formularios y Guías del Proceso de Vigilancia de la Calidad del Agua para la comunidad de Candelaria y Campos de Oro	208
Cuadro A.10. Formularios y Guías del Proceso de Vigilancia de la Calidad del Agua para la comunidad de San Rafael.....	211
Cuadro A.11. Formularios y Guías del Proceso de Vigilancia de la Calidad del Agua para la comunidad de La Cruz	216
Cuadro A.12. Registro de información mensual de la ASADA	2160

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I

Figura I.1. Metodología a seguir para la elaboración de este proyecto.....	17
Figura I.2. Captación	21
Figura I.3. Cámara de recolección.....	22
Figura I.4. Vista en perfil de un desarenador	24
Figura I.5. Vista en planta del sistema de cloración	24
Figura I.6. Vista en perfil del sistema de cloración.....	25
Figura I.7. Sistema de desinfección por tabletas Accu-Tab 3012.....	26
Figura I.8. Tubería enterrada	27
Figura I.9. Tubería sin enterrar.....	27
Figura I.10. Vista en planta de dos tanques de almacenamiento	29
Figura I.11. Vista en perfil de dos tanques de almacenamiento	29

Capítulo II

Figura II.1. Ubicación de los acueductos en estudio	55
Figura II.2. Ubicación detallada del acueducto de Tres Amigos	56
Figura II.3. Ubicación detallada del acueducto de Candelaria y Campos de Oro.....	56
Figura II.4. Ubicación detallada del acueducto de San Rafael.....	57
Figura II.5. Ubicación detallada del acueducto de La Cruz	57
Figura II.6. Altitud de la cuenca del Río Abangares	58
Figura II.7. Geología de la cuenca del Río Abangares.....	59
Figura II.8. Ríos de la cuenca del Río Abangares	60
Figura II.9. Ríos de la cuenca del Río Abangares	60
Figura II.10. Zonas protegidas de la cuenca del Río Abangares.....	61
Figura II.11. Temperatura en la parte alta de Abangares	62
Figura II.12. Temperatura media anual de la cuenca del Río Abangares.....	63
Figura II.13. Precipitación en la parte alta de Abangares.....	63
Figura II.14. Precipitación media anual de la cuenca del Río Abangares	64
Figura II.15. Velocidad del viento en la parte alta de Abangares.....	65
Figura II.16. Precipitación media anual de la cuenca del Río Abangares	66
Figura II.17. Brillo solar anual de la cuenca del Río Abangares	66

Figura II.18. Población según género	68
Figura II.19. Viviendas visitadas en cada comunidad	69
Figura II.20. Condición de las viviendas visitadas	70
Figura II.21. Tenencia de las viviendas.....	71
Figura II.22. Condición laboral.....	73

Capítulo III

Figura III.1. Red de distribución de Tres Amigos	75
Figura III.2. Captación de Tres Amigos.....	76
Figura III.3. Tubería descubierta de Tres Amigos	78
Figura III.4. Tanques de plástico de la comunidad de Tres Amigos	79
Figura III.5. Tanque de concreto de la comunidad de Tres Amigos	80
Figura III.6. Red de distribución de Candelaria y Campos de Oro.....	83
Figura III.7. Naciente 1 de Candelaria y Campos de Oro	84
Figura III.8. Naciente 2 de Candelaria y Campos de Oro	85
Figura III.9. Estado actual de las cajas de registro de Candelaria y Campos de Oro...87	
Figura III.10. Tanque de almacenamiento de Candelaria y Campos de Oro	88
Figura III.11. Red de distribución de Candelaria y Campos de Oro.....	91
Figura III.12. Captación de San Rafael	92
Figura III.13. Tubería descubierta de San Rafael.....	94
Figura III.14. Tanque de concreto por la naciente de San Rafael.....	95
Figura III.15. Tanque de concreto de San Rafael	95
Figura III.16. Tanque de cilíndrico de plástico de San Rafael.....	96
Figura III.17. Red de distribución de La Cruz	99
Figura III.18. Captación 1 de La Cruz.....	100
Figura III.19. Tanque de almacenamiento de plástico de La Cruz	102
Figura III.20. Tanque de almacenamiento de concreto principal de La Cruz.....	103
Figura III.21. Tanque de almacenamiento de concreto de emergencia de La Cruz ..	103
Figura III.22. Sistema de desinfección del agua de La Cruz.....	105

Capítulo IV

Figura IV.1. Puntos de muestreo de Tres Amigos.....	107
Figura IV.2. Prueba de coliformes, acueducto de Tres Amigos.....	110

Figura IV.3. Puntos de muestreo de Candelaria y Campos de Oro	112
Figura IV.4. Toma de agua de la Naciente 1 de Candelaria y Campos de Oro	114
Figura IV.5. Prueba de coliformes, acueducto de Candelaria y Campos de Oro	114
Figura IV.6. Puntos de muestreo de San Rafael	117
Figura IV.7. Prueba de coliformes, acueducto de San Rafael	119
Figura IV.8. Puntos de muestreo de La Cruz.....	121
Figura IV.9. Prueba de coliformes, acueducto de La Cruz.....	123
Capítulo V	
Figura V.1. Organigrama de la junta de Tres Amigos	127
Figura V.2. Organigrama de la junta de Candelaria y Campos de Oro.....	129
Figura V.3. Oficina y bodega de la ASADA de Candelaria y Campos de Oro.....	130
Figura V.4. Organigrama de la junta de San Rafael.....	131
Figura V.5. Material de repuesto en la bodega de San Rafael	133
Figura V.6. Organigrama de la junta de La Cruz	134
Capítulo VI	
Figura VI.1. Proyecciones de La Sierra con el método lineal	137
Figura VI.2. Proyecciones de La Sierra con el método geométrico	140
Figura VI.3. Proyecciones de La Sierra con el método logarítmico.....	143
Figura VI.4. Proyecciones parciales de La Sierra con el método de Wappaus	145
Figura VI.5. Proyecciones de La Sierra con el método de Wappaus.....	146
Figura VI.6. Proyecciones de La Sierra con los distintos métodos	148

ÍNDICE DE CUADROS

Capítulo I

Cuadro I.1. Frecuencia mínima de muestreo y número de muestras a recolectar para el Nivel Primero (N1).....	45
Cuadro I.2. Frecuencia mínima de muestreo y número de muestras a recolectar para el Nivel Segundo (N2)	47
Cuadro I.3. Frecuencia mínima de muestreo y número de muestras a recolectar para el Nivel Segundo y Tercero (N2 y N3) después de tener el perfil de calidad.....	48
Cuadro I.4. Frecuencia mínima de muestreo y número de muestras a recolectar para el Control Operativo (CO)	52
Cuadro I.5. Parámetros complementarios para determinación de la calidad del agua..	52
Cuadro I.4. Clasificación de los Cuerpos de Agua según el uso y su tratamiento	52

Capítulo II

Cuadro II.1. Población de las comunidades en estudio	67
Cuadro II.2. Viviendas visitadas en cada comunidad	68
Cuadro II.3. Condición de las viviendas habitadas.....	69
Cuadro II.4. Tenencia de las viviendas visitadas	70
Cuadro II.5. Disposición de las excretas y desechos.....	71
Cuadro II.6. Condición laboral de la población de acuerdo a las edades.....	73

Capítulo III

Cuadro III.1. Aforos realizados en la comunidad de Tres Amigos	77
Cuadro III.2. Detalles de los tanques de Tres Amigos	77
Cuadro III.3. Aforos realizados en la comunidad de Candelaria y Campos de Oro.....	77
Cuadro III.4. Detalles de los tanques de Candelaria y Campos de Oro.....	77
Cuadro III.5. Aforos realizados en la comunidad de San Rafael	77
Cuadro III.6. Detalles de los tanques de San Rafael	77
Cuadro III.7. Aforos realizados en la comunidad de La Cruz	77
Cuadro III.8. Detalles de los tanques de La Cruz	77

Capítulo IV

Cuadro IV.1. Visitas a la zona de estudio.....	106
Cuadro IV.2. Resultados de la Naciente 1 de Tres Amigos	108
Cuadro IV.3. Resultados de la Naciente 2 de Tres Amigos	108
Cuadro IV.4. Resultados del Tanque de Almacenamiento de Tres Amigos	109
Cuadro IV.5. Resumen de resultados físico-químicos del agua: Tres Amigos.....	109
Cuadro IV.6. Resultados de la Naciente 1 de Candelaria y Campos de Oro	108
Cuadro IV.7. Resultados de la Naciente 2 de Candelaria y Campos de Oro	108
Cuadro IV.8. Resultados del Tanque de Candelaria y Campos de Oro	109
Cuadro IV.9. Resumen de resultados físico-químicos del agua: Candelaria y Campos de Oro.....	108
Cuadro IV.10. Resultados del Tanque de almacenamiento de San Rafael.....	106
Cuadro IV.11. Resultados de la Naciente de San Rafael.....	106
Cuadro IV.12. Resultados del Tanque por la Naciente de San Rafael	118
Cuadro IV.13. Resumen de resultados físico-químicos del agua: San Rafael	106
Cuadro IV.14. Resultados de la Naciente 1 de La Cruz	121
Cuadro IV.15. Resultados de la Naciente 2 de La Cruz	122
Cuadro IV.16. Resultados de la Naciente 3 de La Cruz	122
Cuadro IV.17. Resultados del Tanque Principal de La Cruz	123
Cuadro IV.18. Resumen de resultados físico-químicos del agua: La Cruz	106

Capítulo VI

Cuadro VI.1. Población de La Sierra.....	135
Cuadro VI.2. Resultados del procedimiento del método de crecimiento lineal	137
Cuadro VI.3. Resultados de las proyecciones con el método lineal.....	138
Cuadro VI.4. Resultados del procedimiento del método de crecimiento geométrico..	139
Cuadro VI.5. Resultados de las proyecciones con el método geométrico	140
Cuadro VI.6. Resultados del valor k del método de crecimiento logarítmico.....	142
Cuadro VI.7. Resultados de La Sierra por año, con el método logarítmico	142
Cuadro VI.8. Resultados de las proyecciones con el método logarítmico	143
Cuadro VI.9. Resultados parciales de las proyecciones con el método de Wappaus..	145
Cuadro VI.10. Resultados de las proyecciones con el método de Wappaus	146

Cuadro VI.11. Resultados de las proyecciones con los distintos métodos	147
Cuadro VI.12. Resultados de las proyecciones para cada comunidad.....	149
Cuadro VI.13. Resultados de caudal teóricos para el año 2045	151
Cuadro VI.14. Resultados de caudal reales para cada comunidad para el año 2045 .	152
Cuadro VI.15. Volumen de agua requerida para el año 2045	152

Capítulo VII

Cuadro VII.1. Presupuesto base para las mejoras del acueducto de Tres Amigos	158
Cuadro VII.2. Presupuesto base para las mejoras del acueducto de Candelaria y Campos de Oro	163
Cuadro VII.3. Presupuesto base para las mejoras del acueducto de San Rafael.....	168
Cuadro VII.4. Presupuesto base para las mejoras del acueducto de La Cruz	173
Cuadro VII.5. Mejoras por realizar en los acueductos.....	174

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

Para realizar el diagnóstico de los acueductos Tres Amigos, Candelaria y Campos de Oro, San Rafael y la Cruz, ubicados en Abangares, y proporcionar un documento técnico, se realiza el estudio y la evaluación de la infraestructura de los acueductos, el análisis de la calidad del agua y la revisión de la organización administrativa, para las distintas comunidades.

A continuación se plantea el problema específico, seguido por la importancia de realizar este documento y los objetivos planteados para el mismo.

1.1.1 Problema específico

Abangares se encuentra en la provincia de Guanacaste; en esta región se realizan actividades como la agricultura, ganadería y cultivos de tilapia, camarón, entre otros (Trabado, 2014). De no tener control sobre estas actividades se pueden llegar a contaminar los ríos con fertilizantes, residuos fecales u otros desechos orgánicos.

Cabe destacar que la parte alta de este cantón de Guanacaste, presentó actividad minera industrial a gran escala hasta las primeras tres décadas del siglo XX (Castillo, 2006), y actualmente presenta esta actividad de forma artesanal. Por esta razón es importante determinar la calidad del agua en esta zona, ya que pueden quedar residuos de metales en los ríos, ya sea por desechos antiguos, sedimentación, o por descuido de las actividades realizadas hoy día.

Estas actividades anteriores, sumadas a la contaminación que puede ocasionar el hombre, pueden afectar negativamente el agua, por lo que se deben analizar las tomas de agua de los acueductos y la calidad del agua que se provee en las redes de distribución.

Por otra parte, Abangares se encuentra en una zona declarada de emergencia por sequía, por lo que es de suma importancia realizar un análisis en la oferta y demanda que existe en la población actual, y así poder realizar recomendaciones para el futuro.

Para realizar dichas recomendaciones se deberá estimar la población futura para un crecimiento en un lapso de 30 años.

Para este estudio se evalúan los acueductos de Tres Amigos, Candelaria y Campos de Oro, San Rafael y La Cruz, los cuales están ubicados en la parte alta de la cuenca del río Abangares. Actualmente, se ha tenido que interrumpir el servicio del agua para poder suplir a la población a ciertas horas, por lo que se supone inicialmente que hay un exceso de demanda de agua potable.

Cabe destacar que en estas comunidades las organizaciones encargadas de la administración del recurso hídrico son las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales, conocidas como ASADAs. Estas organizaciones deben cumplir con el reglamento de Acueductos y Alcantarillados (AyA), del cual se tratará posteriormente, el Reglamento de ASADA y otras normas que se detallará más adelante.

Como parte de este reglamento, se tiene que la ASADA es la encargada de realizar mejoras en el sistema de distribución de agua potable cuando sean necesarias; por lo que deben cubrir los gastos de los materiales y la contratación de un profesional responsable incorporado en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), para que este realice el estudio, diseño y planos para las mejoras. El AyA deberá aprobar los estudios y diseños antes de comenzar con la construcción de las mismas. Además, la ASADA será el responsable de la construcción de las obras del acueducto.

Uno de los problemas que tienen en estas comunidades es la falta de recursos, por lo que se les dificulta realizar los estudios necesarios para la remodelación del sistema de agua potable actual y peor aún, la contratación de un ingeniero o un arquitecto que sea responsable de los mismos y del diseño de las obras.

En este trabajo también se analizará la administración de las cuatro ASADAs, con el fin de determinar el estatus actual de las comunidades y así poder realizar recomendaciones para la mejora de los acueductos y la distribución apropiada para los habitantes de las mismas.

1.1.2 Importancia

La distribución de agua potable es de suma importancia, en caso de que esté contaminada se puede pasar gran cantidad de patógenos rápidamente. Algunas enfermedades que se pueden distribuir por medio del agua son el cólera, hepatitis, diarrea, tifoidea, entre otros (OMS, 2015).

Actualmente la provincia de Guanacaste se encuentra con problemas de sequía principalmente en la época seca. Abangares, al igual que el resto de la provincia tiene problemas con la oferta de agua potable. La parte alta de la cuenca posee sistemas de acueductos administrados por ASADAS.

Se analizarán las condiciones de la infraestructura, estado de los sistemas de abastecimiento, administración y mantenimiento de los mismos, entre otros. En caso de que estos no estén funcionando de manera adecuada se realizarán recomendaciones, las cuales pueden servir a las comunidades como base y para la toma de decisiones para el mejoramiento de los acueductos.

Además, se evaluará la calidad del agua de las tomas y de las redes de distribución. También se verificarán los sistemas de desinfección del agua y si estos funcionan adecuadamente. Esto se realizará con pruebas de calidad de agua en distintos puntos de la red.

1.1.3 Objetivos

1.1.3.1 Objetivo general

- Realizar un diagnóstico del estado actual de los acueductos de Tres Amigos, Candelaria y Campos de Oro, San Rafael y La Cruz ubicados en la parte alta de la cuenca del río Abangares.

1.1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la calidad del agua de acuerdo con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable en las fuentes, sistemas de almacenamiento y en la red de distribución.

- Analizar el estado actual de la infraestructura de los acueductos en estudio, mediante mediciones en el sitio y examinación visual.
- Realizar el levantamiento de la red de distribución principal para cada comunidad; considerando las alturas, los diámetros y pendientes de las tuberías.
- Revisar la organización administrativa de los acueductos, en cuanto a la planificación y mantenimiento, y de los recursos con los que cuentan
- Evaluar el estado, protección, conservación de las fuentes de abastecimiento utilizadas.
- Recomendar posibles mejoras para los acueductos, tanto la parte de infraestructura como la administrativa.

1.1.4 Delimitación del problema

1.1.4.1 Alcances

Por medio de este trabajo final de graduación se determinará el estado actual de la infraestructura, las fuentes, la calidad del agua y administración, de los acueductos de Tres Amigos, Candelaria y Campos de Oro, San Rafael y La Cruz ubicados en la parte alta de la cuenca del río Abangares, por medio de inspecciones *in situ* y pruebas de laboratorio.

Se recolectará información en campo para determinar los posibles problemas que enfrenta la población, ocasionada por el funcionamiento y administración de los acueductos. En cuanto a los posibles problemas administrativos, se considerarán las quejas del sistema, la facturación, control de demanda y la revisión de los micro medidores del sistema principal. Esto, con el fin de emitir recomendaciones para mejorar dichos aspectos.

Las pruebas de laboratorio a realizar serán las estipuladas en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable del año 2015, para determinar los parámetros del Nivel 1, 2, 3 y 4, las pruebas a realizar dependerán de la disponibilidad de reactivos del laboratorio.

Estas pruebas serán:

- Nivel Primero (N1): coliformes termotolerantes (fecales), color aparente, turbiedad, olor, sabor, temperatura, pH, conductividad y cloro residual libre o combinado
- Nivel Segundo (N2): dureza total, nitrógeno amoniacal, hierro, cobre y plomo
- Nivel Tercero (N3): nitrito, amonio y arsénico
- Nivel Cuarto (N4): sólidos totales disueltos
- Adicional: prueba de oxígeno disuelto y fósforo

Éstas serán puntuales y se realizarán para la época seca y lluviosa, en los distintos puntos de muestreo, que se mostrarán más adelante para poder determinar si la calidad del agua se mantiene constante en toda la red de distribución.

En caso de que no cuenten con los planos de la red de distribución, se realizará el levantamiento de la red principal, considerando las alturas y diámetros de las tuberías con GPS. En caso de poder mejorar la infraestructura de los acueductos se mencionarán las propuestas, pero no se realizarán diseños detallados.

El análisis a realizar se elaborará con información y observaciones realizadas durante el período de la investigación, por lo que cualquier cambio en los acueductos posteriores a éste, están fuera del alcance de este proyecto.

1.1.4.2 Limitaciones

Los datos a utilizar deberán ser recopilados en campo y laboratorio, debido a la poca información que se tiene actualmente, tanto como de la calidad del agua, como de la administración. De no existir un registro de aforos, se realizarán en campo para las dos épocas en estudio, la seca y la lluviosa. Como se mencionó anteriormente, se realizará el levantamiento de la red principal, considerando las alturas, diámetros de las tuberías y accesorios.

Las tomas de las muestras se realizarán en puntos específicos, estos dependerán del acceso y las condiciones climáticas del momento; por lo que éstas serán puntuales y simples.

Las pruebas de laboratorio se realizarán con el equipo del Laboratorio de Análisis Ambiental, de la Escuela de Ingeniería Civil, por lo que se requiere organizar las visitas al campo con la disponibilidad del equipo.

Las distintas pruebas a realizar dependerán del tiempo máximo de almacenamiento de las muestras y a la disponibilidad de los reactivos requeridos. Los resultados de dichas pruebas no estarán certificados, ya que no serán elaboradas por un técnico en un laboratorio certificado.

Cabe destacar que los resultados pueden tener variaciones con la realidad, debido a la incertidumbre que se genera con la toma de datos y la realización de las pruebas en el laboratorio. Estos resultados pueden tener incertidumbre ya sea por el equipo utilizado como por el error humano.

Es importante mencionar que los datos históricos son escasos; solo se tiene información de facturación por escrito, el resto de la información se obtendrá en campo y por medio de entrevistas. Las recomendaciones emitidas al final de este trabajo serán tanto para corto como largo plazo; pero no contarán con un presupuesto, ya que no se determinarán diseños hidráulicos.

1.1.5 Metodología

La metodología a seguir para la elaboración de este proyecto se muestra en la siguiente figura:

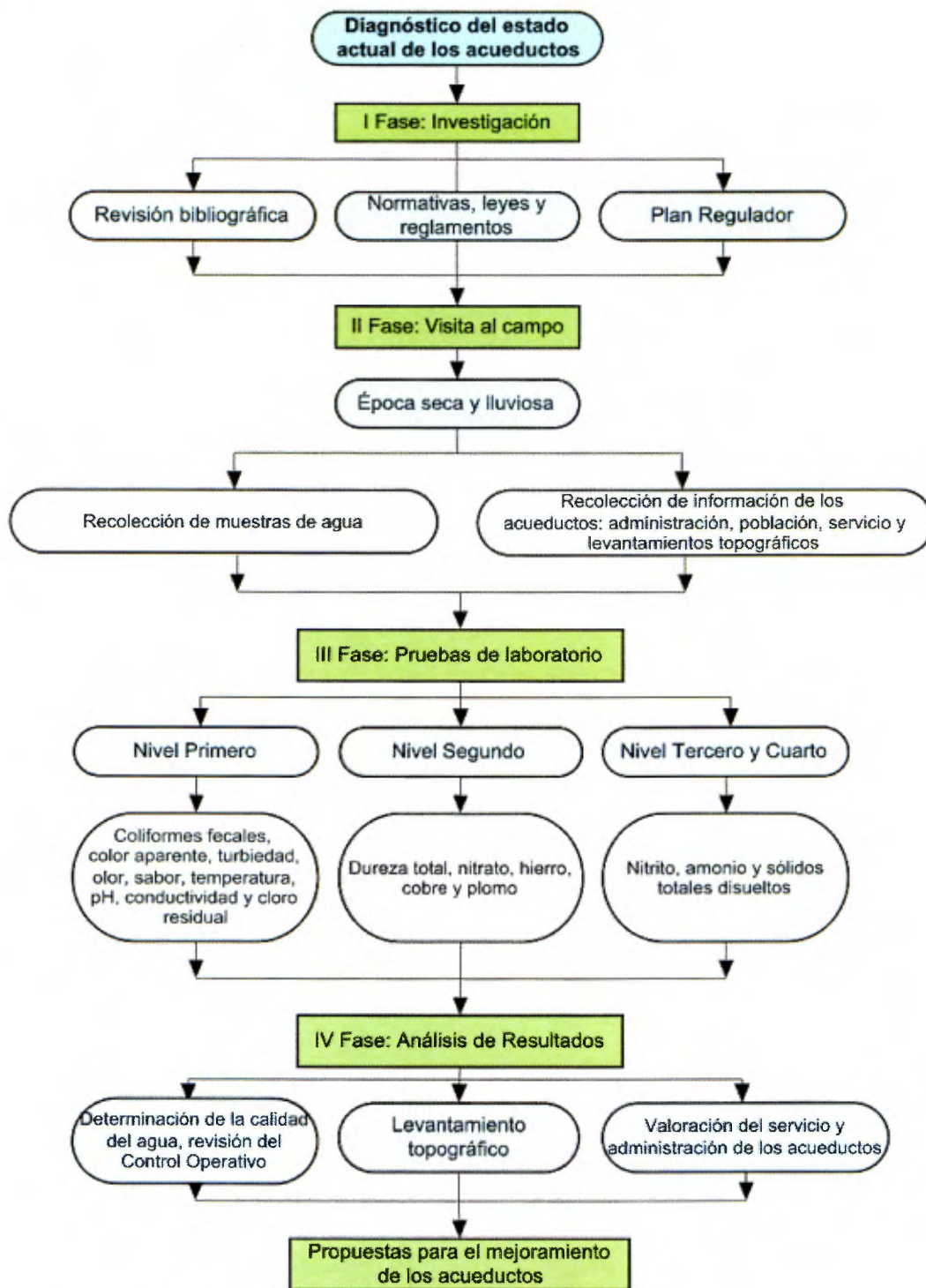


Figura I.1. Metodología a seguir para la elaboración de este proyecto

Como se aprecia en el diagrama anterior, se dividió el trabajo a realizar en varias fases. Esto, con el fin de llevar un orden en cuanto al procedimiento que se debe llevar a cabo para cumplir con los objetivos planteados. A continuación se explicarán estas fases.

1.1.5.1. Primera fase: investigación

Para la primera fase del proyecto se realizó una investigación exhaustiva para poder entender el funcionamiento de los acueductos, en cuanto a la administración y mantenimiento de los mismos. Además, se buscó información de los parámetros que se evaluaron para determinar la calidad del agua, con fuentes de información como el Reglamento para la Calidad del Agua Potable y Guías para la calidad del agua potable, de la Organización Mundial de la Salud.

Se utilizaron otras fuentes tales como trabajos finales de graduación, como los de Castillo en 2013, Cerdas en 2011, Quesada en 2013, Torres en 2013 y Trabado en 2014; los cuales hablan de sectores de la cuenca del río Abangares, o bien de la administración de los acueductos por medio de ASADAS. También se revisó la propuesta del Plan Regulador de Abangares, el cual aún no está vigente, con el fin de determinar zonas de protección y otras características de construcción que se deben de respetar, en conjunto con el Reglamento para la Construcción.

1.1.5.2. Segunda fase: visita al campo

Se realizaron cuatro visitas al campo, aproximadamente. En estas, se hicieron las recolecciones de muestras de agua en las tomas, tanques y otros puntos de la red de distribución. Además, se realizaron consultas a la población y ASADAS, para determinar cómo se administran, mantienen y operan los acueductos, la población abastecida y el servicio brindado a las cuatro comunidades en estudio. Cabe destacar, que esta parte se realizó tanto para la época seca, como la lluviosa; ya que los caudales, y por lo tanto el servicio, puede variar en distintos periodos del año. Se realizó una revisión general de la infraestructura, incluyendo las zonas de protección y uso del suelo, y se realizó un levantamiento topográfico con ayuda de un GPS.

1.1.5.3. Tercera fase: pruebas de laboratorio

Las pruebas de laboratorio que se realizaron, son las establecidas en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, que corresponden al Primer, Segundo, Tercer y Cuarto Nivel, y Control Operativo. Estos son los siguientes:

- Nivel Primero: coliformes fecales, color aparente, turbiedad, olor, sabor, temperatura, pH, conductividad y cloro residual libre o combinado
- Nivel Segundo: dureza total, nitrato (nitrógeno amoniacal), hierro, cobre y plomo
- Nivel Tercero: nitrito, amonio y arsénico
- Nivel Cuarto: sólidos totales disueltos
- Adicional: oxígeno disuelto y fósforo
- Control Operativo: se consideran los entes operadores, deben realizar mediciones periódicas, tener equipos básicos para realizar monitoreos en las fuentes y red de distribución.

1.1.5.4. Cuarta fase: análisis de resultados

Con los resultados de las pruebas de laboratorio se determina la calidad del agua abastecida en las comunidades de Tres Amigos, Candelaria y Campos de Oro, San Rafael y La Cruz. Además, con las visitas en campo se determina el servicio brindado en los acueductos, existencia y estado de la infraestructura, mantenimiento y operación. Considerando todos estos aspectos en la época seca y lluviosa. Además, se realizó el levantamiento topográfico y se consideró el mismo para emitir recomendaciones.

Al terminar todas las fases anteriores, se tienen todas las herramientas para poder realizar las propuestas para el mejoramiento de los acueductos.

1.1.6 Marco teórico

1.1.6.1 Acueducto

El acueducto es un sistema por el cual se transporta el agua desde un punto, usualmente una naciente o un pozo, y se conduce por medio de tuberías a un destino en interés. Para el desarrollo de este trabajo se estudiará específicamente las nacientes, conducciones, sistemas de desinfección y tanques de almacenamiento. Estos se detallan a continuación.

1.1.6.2 Fuentes de abastecimiento

Para poder distribuir agua potable para las poblaciones es necesario entender cómo funciona el sistema de abastecimiento en general. Inicialmente se requiere de una fuente de abastecimiento de agua, la cual puede ser de forma superficial, con tomas de agua de ríos, lagos, embalses, lluvia, etc., o bien, subterráneas, de forma superficial o profunda (López, 2003).

1.1.6.2.1. Fuentes subterráneas

Una de las principales fuentes que se utilizan en el país es por medio de aguas subterráneas. Ésta se componer por la extracción del agua, impulsión, tratamiento o desinfección, almacenamiento y sistema de distribución. (Torres, 2013) Para la extracción del agua se puede realizar por medio de bombeo, el cual usualmente se realiza con una bomba sumergible, una válvula check, válvula de compuerta, manómetro y tubería de impulsión. Se recomienda que la velocidad de la tubería de impulsión sea entre 1m/s y 3m/s. (López, 2003)

De acuerdo con este autor, para el caso del abastecimiento por medio de aguas subterráneas se puede realizar por medio de pozos. Para el uso de estas estructuras se debe conocer de antemano si existe agua subterránea en la zona, y se deben tener análisis geotécnicos e hidrológicos.

Cabe destacar que para el uso de los pozos, se debe tener conocimiento del flujo que pasa por los acuíferos y poder asegurar que no ocasionará daños ya sea por contaminación o escasez en el resto del recorrido.

1.1.6.2.2. Nacientes

En algunas ocasiones, el agua subterránea aflora de manera superficial, conociéndose como nacimiento o manantial. Esto puede suceder por gravedad o bien por presiones piezométricas que ocasionan que el agua llegue hasta la superficie. (Quesada, 2013)

El agua de los manantiales usualmente no se encuentra contaminada; no obstante, en muchas ocasiones, debido a la agricultura, animales o contaminación ocasionada por el hombre, provoca que no sea potable, por lo que es necesaria la desinfección previa al consumo humano.

Para evitar que sólidos y restos de plantas o animales contaminen esta fuente, es recomendable protegerla por medio de una infraestructura, generalmente construida en concreto. De esta forma se evita que los materiales que se encuentran alrededor se lleguen a depositar en el punto en interés. Por otra parte, al mantener el agua en esta zona es más sencilla de distribuir por medio de una tubería hasta el tanque de almacenamiento, lugar donde se produce la desinfección. En la siguiente figura se puede observar la recolección del agua del manantial.

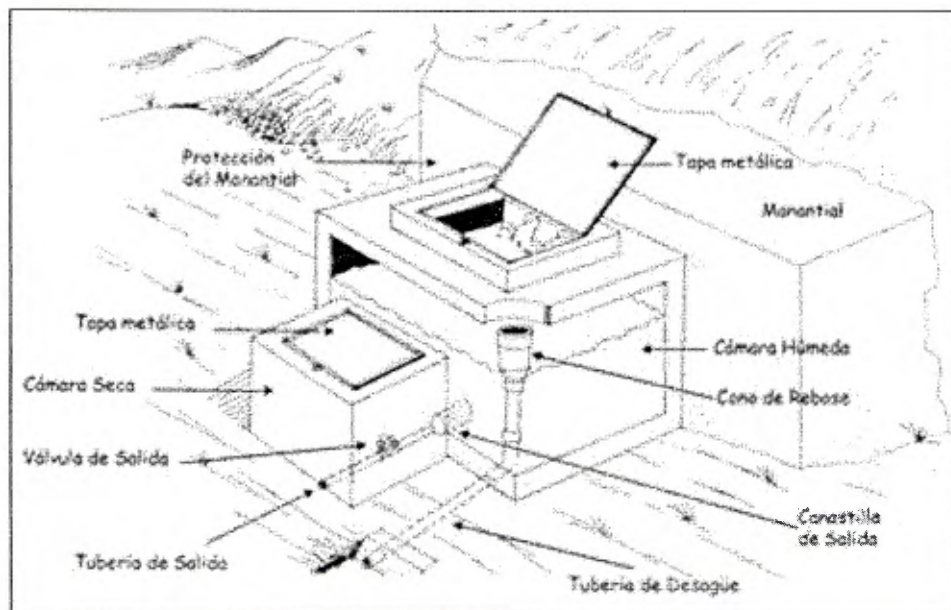


Figura I.2. Captación

Fuente: Quesada, 2013

1.1.6.2.3. Aguas superficiales

Como se mencionó previamente, otra fuente de agua son las superficiales. Estas provienen de ríos, lagos u otros semejantes que se encuentran a la intemperie. Para la recolección de estas aguas se realiza un proceso más largo, debido a que comúnmente se encuentra más contaminada que las aguas subterráneas.

Las captaciones de estas fuentes superficiales se realizan por medio de bocatomas; éstas normalmente están constituidas por una presa, rejillas, tuberías y en algunos casos por compuertas y bombas. Con ésta se puede tomar parte del agua de un río y desviarla para el siguiente proceso. A continuación se muestra la cámara de recolección.

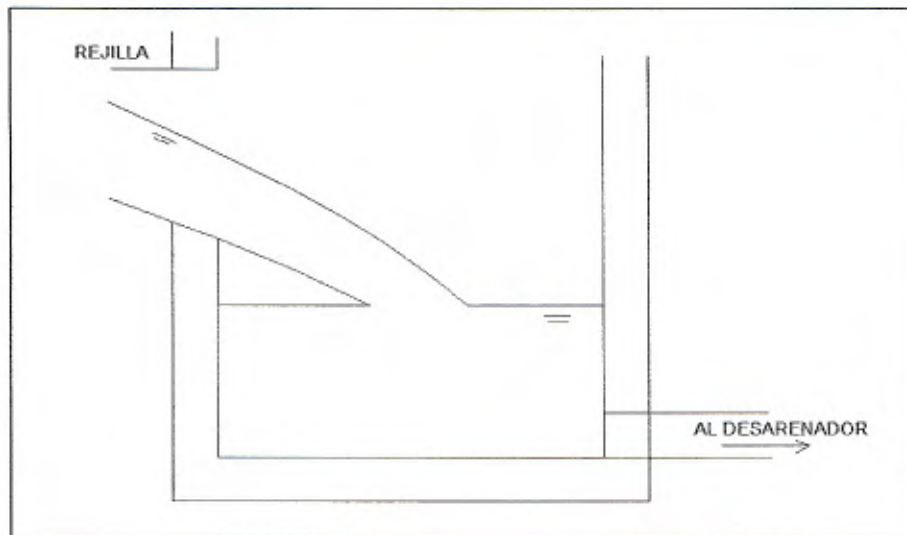


Figura I.3. Cámara de recolección

Fuente: Modificado de López, 2003

Como se muestra en la figura anterior, esta obra debe tener una rejilla para evitar que objetos de gran tamaño pasen al sistema, dejando fluir el agua solamente con pequeñas partículas que lleve el río. Se recomienda que la rejilla tenga un ancho de al menos 40cm y un largo de 70cm, y la cámara de recolección tenga un espesor de 30cm y la altura similar a la de los muros laterales (López, 2003).

1.1.6.3 Tratamiento del agua

Cercanas a las obras de captación es recomendable tener algún tipo de tratamiento para la potabilización del agua. Ésta se puede pasar por un sistema conformado por un desarenador, un sedimentador y un sistema de cloración; con el fin de eliminar las partículas sólidas y de patógenos, que pueden afectar la salud del ser humano.

En las figuras que se muestran a continuación, se puede observar un ejemplo de un sistema de desarenadores en paralelo. Estos normalmente se diseñan de dos o más desarenadores, por motivos de funcionamiento, limpieza y mantenimiento. En caso de que deje de funcionar uno, no se afectaría la calidad del agua a suministrar a la red. Es importante destacar que este proceso se realiza normalmente para las fuentes de agua superficial, ya que traen más partículas sólidas y se encuentra más contaminada que las aguas subterráneas.

Después del desarenador se encuentra el sedimentador. Éste permite quitar las partículas más pequeñas que el desarenador dejó pasar; suelen ser entre 0,05 mm y 0,20 mm de diámetro. Mientras que las que pasan por el desarenador son mayores a 0,20 mm.

Posterior a estas figuras, se muestra un esquema del sistema de desinfección de agua más común en Costa Rica, llamado cloración.

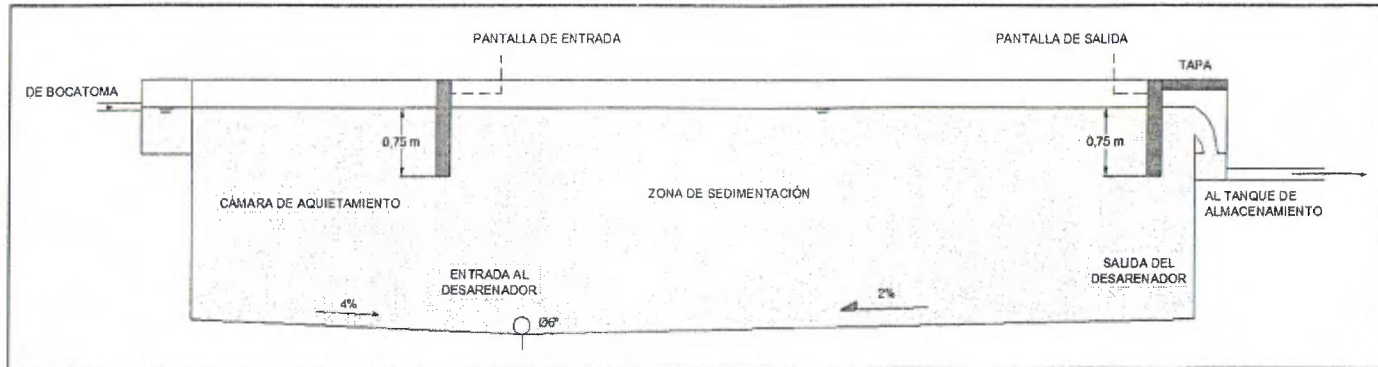


Figura I.4. Vista en perfil de un desarenador

Fuente: Modificado de López, 2003



Figura I.5. Vista en planta del sistema de cloración

Fuente: Modificado de López, 2003

A continuación se muestra el sistema de cloración de perfil. Donde se puede apreciar que el agua para por una pantalla y luego, por medio de una flauta de distribución se le suministra dosis de cloro controladas por medio de un pozo de lectura.

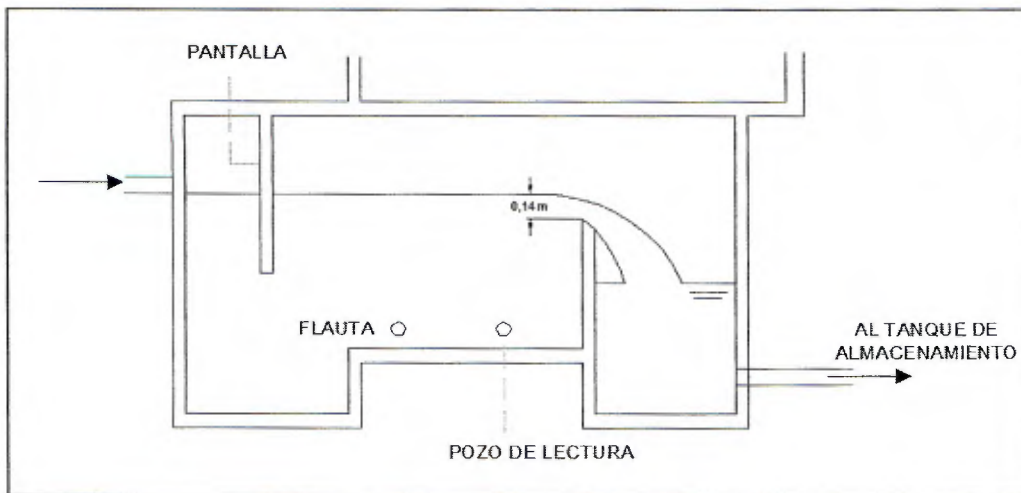


Figura I.6. Vista en perfil del sistema de cloración

Fuente: Modificado de López, 2003

Un sistema de cloración muy utilizado en el país es por medio de tabletas de hipoclorito de calcio. Estas se insertan en un tubo de plástico y se van diluyendo con el paso del tiempo y el agua. Comúnmente se utilizan encima de los tanques de almacenamiento de agua con el fin de desinfectarla. Posterior a esto, el agua se transporta por toda la red de distribución hasta cada punto de interés.

El modelo comúnmente utilizado es el 3012 de Accu-Tab. Este tiene una capacidad máxima de desinfección de 200 000 galones de agua almacenada o bien 70 000 galones de agua al intemperie aproximadamente. Además, cada tableta puede desinfectar hasta 5,4 kg de agua, en un máximo de 2,2 kg por hora.

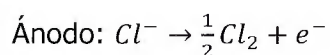
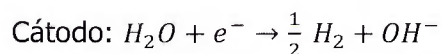
Este sistema de desinfección se muestra a continuación.



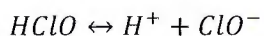
Figura I.7. Sistema de desinfección por tabletas Accu-Tab 3012

Fuente: Accu-Tab, 2016

Otro sistema utilizado es por medio de sal o Cloruro de Sodio. Este funciona por medio de celdas electrolíticas, donde se tiene un cátodo de titanio y un ánodo de titanio recubierto por óxidos metales, como platino; se realiza un proceso de descomposición con las siguientes reacciones:



El cloro que se libera reacciona rápidamente produciendo ácido hipocloroso, cloruro e iones de hidronio. (Rojas, 2002)



Un modelo utilizado comúnmente es el EasyClor, requiere de 6 kg de sal para producir 1 kg de hipoclorito que se utiliza para desinfectar hasta 200 L de agua. Este sistema se utiliza en la Comunidad de La Cruz, de la cual se detallará más adelante.

1.1.6.4 Conducciones

En cuanto a las tuberías que se utilizan para la distribución del agua, se recomienda que estén enterradas a una profundidad de 1,0 m. Éstas, pueden ir de forma paralela a la superficie, como se muestra en el siguiente esquema, o bien ir en tramos rectos.

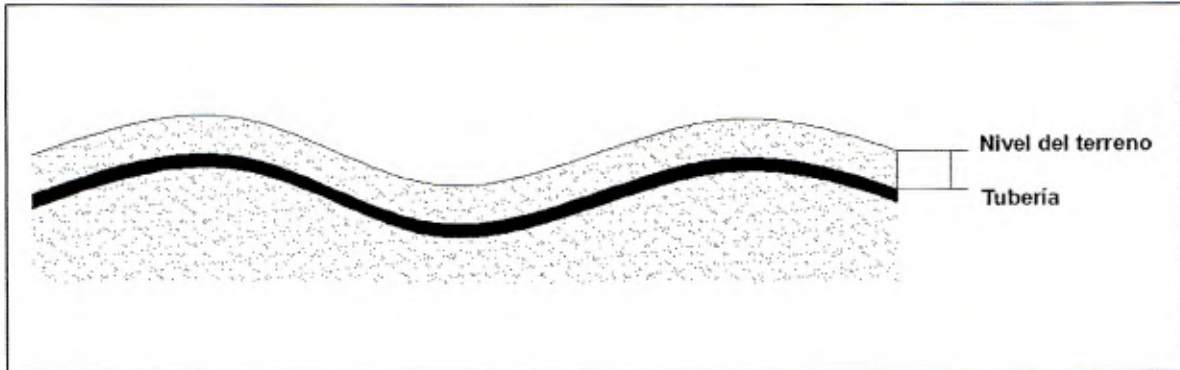


Figura I.8. Tubería enterrada

En algunas ocasiones, generalmente cuando el terreno es muy irregular, resulta más sencillo y económico colocar la tubería sin enterrar. Para esto se debe de considerar el diseño y construcción de elementos de apoyo para asegurarse que no vayan a fallar a corto o largo plazo o que el acueducto no funcione de manera adecuada. Esto se puede observar en la siguiente figura.

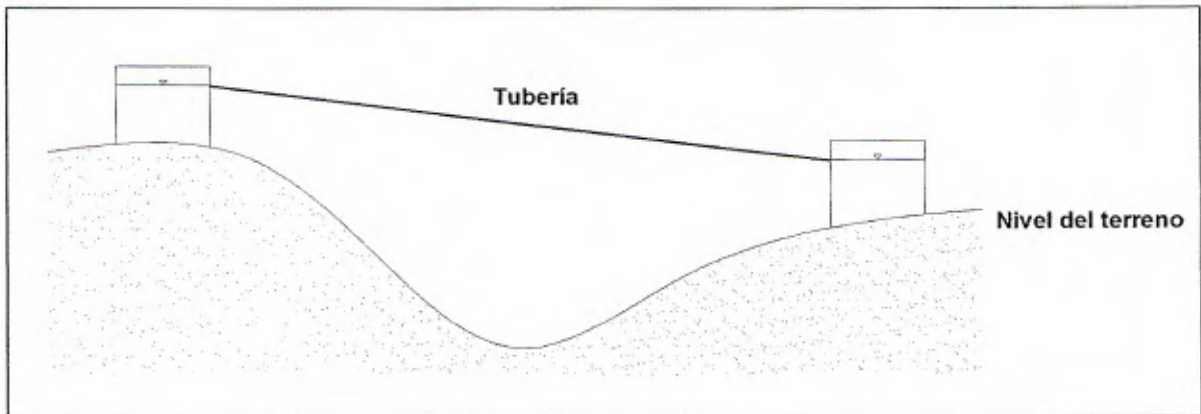


Figura I.9. Tubería sin enterrar

Durante el funcionamiento del sistema de distribución de agua potable, se recomienda realizar aforos en la red. Éstos se realizan para determinar el caudal que se está llevando a las comunidades y sirve para llevar un registro y control del servicio brindado a las comunidades. Una manera sencilla de realizar estos aforos es calculando el tiempo que toma llenar un recipiente de un volumen conocido, así se puede calcular el caudal como volumen entre el tiempo (m^3/s).

Es importante tener en distintas partes de las etapas del proceso una tubería de desagüe, de esta forma en caso de tener que dar mantenimiento se puede desviar el agua contaminada de la red de distribución.

También, es importante tener conocimiento de las pendientes de las tuberías; se recomienda que las pendientes se encuentren en un rango entre 1% y 4% para que las velocidades no sean muy elevadas. Es importante además, conocer que hay dos formas para transportar el agua: aducción y conducción. La aducción se le llama al transporte del agua que se realiza previo a su tratamiento, puede ser a presión o flujo libre (para este tipo, la más utilizada). Se le dice conducción al transporte del agua que ya fue tratada, de igual manera que la aducción, se puede realizar en tuberías a presión o flujo libre.

1.1.6.5. Almacenamiento

A partir de la etapa de desinfección se puede llevar el agua a tanques de distribución para poder almacenarla y distribuirla cuando sea necesaria. Usualmente, en las poblaciones existen picos de demandas de agua potable, los cuales no se logran satisfacer de forma continua. Para solucionar este problema se pueden tener tanques reguladores, con el fin de recolectar agua en las horas donde no hay tanta demanda, y poder así distribuirla en momentos de déficit, y brindando el servicio de forma constante. En la siguiente figura se puede observar un ejemplo de estos.

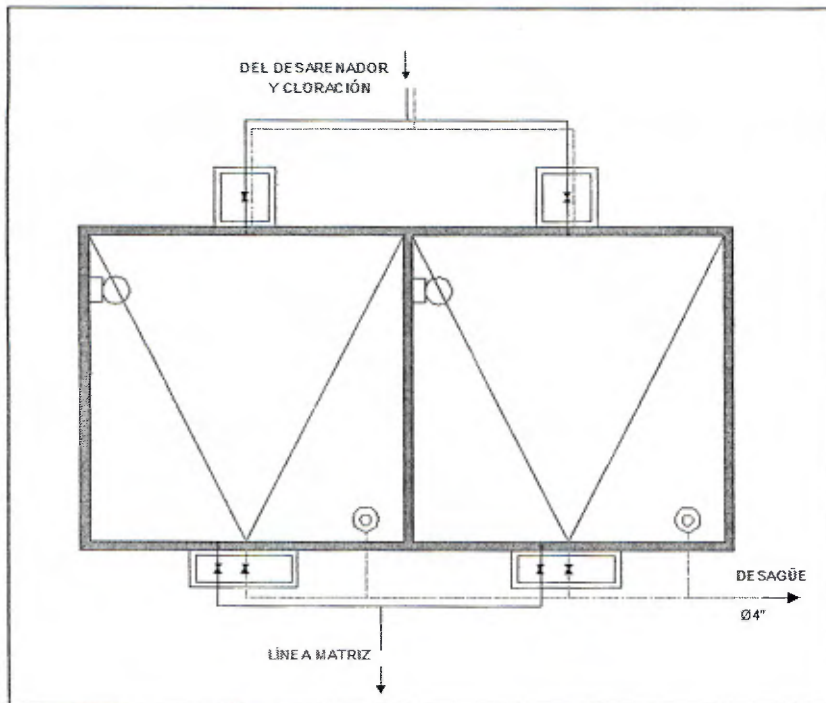


Figura I.10. Vista en planta de dos tanques de almacenamiento
Fuente: Modificado de López, 2003

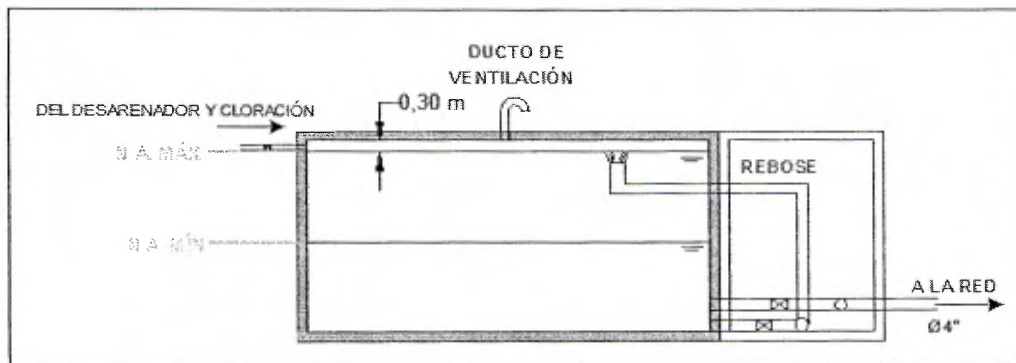


Figura I.11. Vista en perfil de dos tanques de almacenamiento
Fuente: Modificado de López, 2003

En caso de que las presiones del sistema sean muy elevadas, se recomienda tener estos tipos de tanques. De acuerdo con López, los tanques reguladores de presión deben de cumplir las siguientes funciones:

- Compensar las variaciones en el consumo de agua durante el día
- Tener una reserva de agua para atender los casos de incendio
- Disponer de un volumen adicional para casos de emergencia (accidentes, reparaciones, etc.)
- Dar una presión adecuada a la red de distribución en la población

También existen los tanques de compensación. Esos se sitúan al extremo opuesto de la entrada de agua a la red de distribución. Estos funcionan de la siguiente manera:

- Cuando el consumo del agua es nulo, toda el agua llega a este tanque
- Cuando el consumo es igual al suministro, no llega agua al tanque
- Cuando el consumo es mayor que el suministro, este tanque se encarga de abastecer a la población

Como parte del diseño de los tanques se deben considerar las siguientes recomendaciones de López:

- *Tanques enterrados o semienterrados:* deben de estar alejados de cualquier fuente de contaminación por lo menos 30m. El tanque debe de soportar las fuerzas de empuje hidrostáticas, empuje de la tierra y flotación (para cuando éste no esté lleno). Además, se recomienda que la placa del fondo se encuentra a una distancia mínima de 50cm sobre el nivel freático. El borde libre de estos tanques debe ser de 30cm mínimo y el tiempo de vaciado debe ser menor a 8 horas.
- *Tanques elevados:* para estos tanques se suele utilizar una sola tubería para la entrada y la salida del agua; de esta forma, cuando el suministro sea mayor que el consumo, el agua sobrante sube por la tubería para llenar el tanque, y cuando el suministro sea menor que el consumo, el agua baja por la tubería para compensar el déficit.

Es muy importante que los tanques tengan una tubería para el rebalse. Así, en caso de que se supere la capacidad volumétrica del tanque, el agua pueda salir del mismo sin ocasionar fallas de la estructura y presiones altas en las tuberías.

1.1.6.6. Accesorios

En la red de distribución de agua, es importante tener válvulas de purga en puntos bajos de la red de distribución. Esto, con el fin de retirar de las tuberías los sedimentos u otras partículas que puedan contaminar el agua y obstaculizar las tuberías.

No se deben olvidar todas las tuberías y otros accesorios que se requieren para poder distribuir el agua a la población. En caso de que no haya suficiente presión es necesario utilizar bombas, las cuales pueden aumentar el costo de operación. Por esta razón se requiere conocer la población actual y futura para poder tener un diseño que logre abastecer a la comunidad por un período determinado con antelación y que los costos puedan ser cubiertos por la población.

A continuación se mencionan los artículos de las Leyes y Reglamentos más importantes y que influyen las redes de distribución de agua potable, a las ASADAs y a las comunidades que requieren del servicio.

1.1.7 Normativa

1.1.7.1 Ley No. 1634, Ley General de Agua Potable

Artículo 1: En todas las poblaciones de la República, se declaran de utilidad pública el planeamiento, proyección y ejecución de las obras de abastecimiento de agua potable.

Artículo 2: Todas las tierras, que tanto el Ministerio de Obras Públicas como el Ministerio de Salubridad Pública consideren como indispensables para la construcción de los sistemas de abastecimiento de aguas potables, serán de dominio público. Esto para a su vez asegurar la protección sanitaria y física, y el caudal necesario.

Artículo 3: Le corresponde al Ministerio de Salubridad Pública localizar las aguas al servicio de cañería, seleccionar el tratamiento y tipo de sistema a construir.

Artículo 4: El Ministerio de Obras Públicas, con ayuda de su Departamento de Obras Hidráulicas, deberá ser el responsable de la construcción de los nuevos sistemas de agua potable, realizar reparaciones y mejora, de ser necesario, cuando las Municipalidades no estén capacitadas para realizar estos trabajos.

Artículo 5 y 6: Las Municipalidades tendrán a cargo la administración de los sistemas de abastecimiento de agua potable y deberán seguir las recomendaciones técnicas de

construcción, operación y mantenimiento que les sean indicados por el Ministerio de Obras Públicas y de Salubridad Pública.

Artículo 11: Las Municipalidades, de acuerdo con los Ministerios mencionados previamente, deberán fijar las tarifas considerando los recursos locales, la operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

Artículo 13: Todo atraso en el pago por los servicios de abastecimiento de agua potable tendrá, una multa mensual sobre el monto de la deuda del 2%.

Artículo 14 y 15: Se realizará una multa de 10 a 370 colones o el arresto de cinco a 80 días, a quien haga un uso indebido o desperdicio de este recurso, en cualquier parte del país. Esto lo debe de impartir los Agentes Judiciales de Policía o Jefes Políticos, de acuerdo con el Código Sanitario. Podrán ser reprimidas aquellas personas que perturben el funcionamiento de estos sistemas. (Ley No.1634, 1942)

1.1.7.2 Ley No. 5395, Ley General de Salud

Artículo 1 y 2: La salud de la población es de interés público y tutelado por el Estado. El Ministerio de Salud será el encargado de coordinar las actividades públicas y privadas relativas a la salud.

Artículo 263: Cualquier acción, práctica u operación que deteriore el medio ambiente, como el aire, agua o suelo, y produzcan una disminución estética o en su calidad, y sean inservibles o insalubres para la salud humana, fauna o flora, queda prohibida.

Artículo 264: El agua es un bien de utilidad pública y el consumo humano tiene prioridad sobre cualquier otro uso.

Artículo 267: Todo sistema de abastecimiento de agua destinado para el consumo de la población deberá ser potable, de forma continua, suficiente en cantidad y presión para el correcto funcionamiento de los artefactos sanitarios de uso diario.

Artículo 268: Todo abasto de agua potable queda sujeto al control del Ministerio de Salud en cuanto a calidad que se suministre, para que sea adecuado y seguro. Este Ministerio puede intervenir en caso de que haya peligro para la salud de los habitantes.

Artículo 269: Los encargados de los abastos de agua potable deben permitir la toma de muestra e inspecciones que realicen los funcionarios del Ministerio de Salud.

Artículo 270 y 271: La construcción de pozos privados y utilización de sistemas de abastecimiento de agua para el uso y consumo humano, donde haya un acueducto público, deberá ser autorizado por el Ministerio. En caso de que no haya un acueducto público, los habitantes deberán usar los sistemas de abastecimiento que les señale el Ministerio y con la colaboración de las autoridades locales, para difundir los métodos de obtención y purificación del agua.

Artículo 273: Se prohíbe contaminar los abastos de agua y dañar u obstruir los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Artículo 275 y 276: Queda prohibido la contaminación de aguas superficiales, subterráneas y marítimas territoriales de forma directa o indirecta, mediante drenajes, descarga o almacenamiento de residuos u otros desechos, que hagan peligroso el consumo, de tal forma que afecte la salud humana, fauna terrestre o acuática, entre otros.

Solo con una autorización del Ministerio de Salud, las personas podrán realizar drenajes o descargar residuos en los medios mencionados anteriormente, de manera que se cumplan las condiciones de seguridad y procedimientos impuestos por el Ministerio.

Artículo 277: Es prohibido contaminar o deteriorar las cuencas hidrográficas que sirvan para los establecimientos de agua para el consumo y uso humano.

Artículo 285: Las aguas negras, servidas y pluviales, deberán ser eliminadas de manera adecuada, para evitar la contaminación de las fuentes naturales de agua para el uso y consumo humano y los suelos, entre otros. (Ley No.5395, 1973)

1.1.7.3 Ley No. 276, Ley de Aguas

Artículo 1: Son de dominio público las aguas: mares territoriales, lagunas, esteros de playas, lagos interiores, ríos y afluentes, arroyos o manantiales, corrientes constantes o intermitentes, las extraídas de las minas, subterráneas cuyo alumbramiento no se haga por medio de pozos y aguas pluviales que discurran por barrancos u otros.

Artículo 4: Son de dominio privado las aguas: pluviales que caen en el terreno del dueño mientras discurran por él y sean aprovechadas para estanques, pantanos, cisternas o tanques; lagunas o charcos formados en terrenos de su respectivo dominio, aguas subterráneas que el propietario obtenga de su propio terreno por medio de pozos y termales, minerales y minero-

medicinales, donde sea que broten, éstas quedarán bajo el control de la Secretaría de Salubridad cuando sean declaradas de utilidad pública.

Artículo 6: Todo propietario puede abrir, sin necesidad de concesión, pozos para elevar aguas dentro de sus fincas, ya sean para usos domésticos como sus necesidades ordinarias, aunque con ello resultaren amenguadas las aguas de sus vecinos. Sin embargo, debe guardar una distancia de dos metros entre pozo y pozo, dentro de las poblaciones, y quince metros en el campo entre la nueva excavación y los pozos, estanques, fuentes y acequias permanentes de los vecinos.

Artículo 11: Mientras no se afecte el cauce natural, se puede hacer uso del agua pública para beber, lavar, bañarse, entre otros.

Artículo 12: En las aguas que, sean apartadas de forma artificial y discurrieren por canales, acequias o acueductos descubiertos, aunque pertenezcan a concesionarios particulares, todos podrán extraer y conducir en vasijas la que necesiten para usos domésticos y para el riego de plantas aisladas; pero la extracción habrá de hacerse precisamente a mano, sin género alguno de máquina o aparato, y sin detener el curso del agua, ni deteriorar las márgenes del canal o acequia.

Artículo 31: Son declaradas como reserva las siguientes tierras: las circundantes a los sitios de captación o tomas de agua potable, en un perímetro no menor de 200m de radio; La zona forestal que protege el conjunto de terrenos en donde se produce la infiltración de las aguas potables, como cuencas hidrográficas y márgenes de depósitos, y otros similares.

Artículo 32: Cuando un área se vea potencialmente afectada o con peligro de contaminación de las aguas superficiales o subterráneas, el Poder Ejecutivo por medio de la Sección de Aguas Potables, dispondrá en esta zona las medidas oportunas para evitar la contaminación.

Artículo 34: Cuando el caudal normal de aguas que disfrute la población no llegue a 50 L/día/hab, de ellos, 20L de agua potable, puede concedérsele de la destinada a otros aprovechamientos, y previa la correspondiente indemnización, la cantidad que falte para completar dicha dotación.

Artículo 106: Cuando un terreno recibe agua por un solo punto y se divida entre dos o más dueños, donde la parte superior sea aislada, se les debe de dar paso por medio de una

servidumbre de acueducto sin poder exigir los dueños de los terrenos una indemnización, a menos que se haya pactado otra cosa, al vender los terrenos.

Artículo 116: El dueño del acueducto puede fortificar las márgenes con césped, estacas, paredes de piedra, pero ninguna plantación. En caso de que el dueño de las tierras plante algún cultivo en los márgenes, el dueño del acueducto podrá corar las raíces que pongan en peligro las tuberías. (Ley No.276, 1942)

1.1.7.4 Ley No. 7575, Ley Forestal

Artículo 33: Se declaran como áreas de protección las áreas que bordeen nacientes permanentes, en un radio de 100m medidos de modo horizontal, una franja de 15m en zona rural y de 10m en zona urbana, medidos horizontalmente a ambos lados de los ríos o quebradas en terrenos planos, y 50m horizontales si es quebrado e irregular. Una zona de 50m medida horizontalmente en riberas de los lagos y embalses naturales y artificiales. Las áreas de recarga y acuíferos de los manantiales cuyos límites serán determinado por los órganos determinados en este ley. (Ley No.7575, 1996)

1.1.7.5 Ley No. 2726, Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Artículo 1: Se crea el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados con el fin de dirigir, fijar políticas, establecer y aplicar normas, realizar y promover el planeamiento, financiamiento y desarrollo y de resolver todo lo relacionado con el suministro de agua potable, recolección y evacuación de aguas negras y residuos industriales líquidos, además de los concerniente con la normativa de los sistemas de alcantarillado pluvial en áreas urbanas, para todo el territorio nacional.

Artículo 4: Le corresponde al AyA, establecer las tarifas, considerando criterios de justicia social distributiva, estratos sociales y zonas, de manera que los que tengan mayor capacidad de pago subvencionen a los de menor capacidad.

Artículo 21: Todo proyecto de construcción, ampliación o modificación de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de aguas servidas y pluviales, público o privado, debe ser aprobado por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Éste podrá realizar la inspección que estime conveniente para comprobar que las obras se realizan de acuerdo con los planes aprobados.

La aprobación previa será obligatoria en todos los casos de construcción de fraccionamientos, urbanizaciones o lotificaciones en cualquier parte del país y ningún otro organismo estatal otorgará permisos o aprobaciones de construcción sin tal aprobación por parte del AyA. (Ley No.2726, 1961)

1.1.7.6 Normas de diseño de agua potable y no autorización para el uso de tuberías de PVC-SDR-41

- Recomendaciones para períodos de diseño del acueducto:
 - Manantiales: 20 años mínimo
 - Aguas superficiales con presa: 25 a 50 años
 - Equipos de bombeo y otros 5-15 años
 - Líneas de conducción, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento y redes de distribución: 20 a 30 años. No se permite realizar por etapas los tanques de almacenamiento si el volumen es menor a 2 000m³
- La población futura se estimará para el período de diseño que corresponda. Las tasas de crecimiento recomendadas son:
 - Crecimiento de población rural: 3,5%
 - Crecimiento de población urbana: 3,0%
- De no existir planes reguladores o censos, se considerarán 5 habitantes por vivienda familiar en acueductos urbanos y 6 en rurales.
- Las dotaciones brutas de diseño serán:
 - Poblaciones rurales: 150 l/p/d a 250 l/p/d
 - Poblaciones urbanas: 250 l/p/d a 300 l/p/d
 - Poblaciones costeras: 350 l/p/d a 400 l/p/d
 - Gran Área Metropolitana: 350 l/p/d a 400 l/p/d
- Para sistemas de acueductos donde no poseen el 100% de micromedición, las dotaciones se deben incrementar en un 50% para las previstas sin medición.
- El caudal de diseño máximo diario será de 1,1 a 1,3 el caudal promedio diario, se debe aumentar en un 10% en caso de plantas potabilizadoras. El caudal máximo horario será de 1,8 a 2,0 veces el caudal promedio diario.
- Los sistemas por gravedad y provistos de tanques de almacenamiento, fuente, captación y conducción se diseñarán con el caudal máximo diario, más el caudal de lavado de filtros, cuando sea necesario.

- Los sistemas por bombeo y provistos de tanques de almacenamiento, elementos correspondientes, será con el caudal de bombeo (caudal máximo diario multiplicado por 24 y dividido por el número de horas de bombeo).
- En los sistemas con planta de tratamiento, la captación y conducción se diseñarán considerando el caudal de lavado de la planta, más el caudal máximo diario. El caudal de lavado se puede aproximar como un 5% a 10% del caudal de diseño de la planta, según el rango y frecuencia de turbiedades en el agua cruda, obtenido de estudios de la planta potabilizadora.
- Las presiones de la línea de conducción deben ser menores a las presiones de trabajo de las tuberías.
- La presión dinámica en la red de distribución no debe ser menor a 15 mca al momento de máxima demanda horaria, con relación al nivel medio del tanque. En zonas muy llanas se acepta un 10 mca.
- La presión de funcionamiento del sistema no debe exceder 60 mca con relación al nivel medio del tanque, en condición de presión estática nocturna; no obstante, si el terreno es muy quebrado se permite hasta 75 mca.
- Las tuberías se someterán a pruebas de presión hidrostática equivalentes a 1,5 vez la presión de trabajo de la tubería, no siendo inferior a 100 mca (10 kg/cm^2), por lo menos una hora.
- El trazado de la tubería se realizará preferiblemente al costado norte de las avenidas y oeste de las calles a 1,5m del cordón del caño. La separación mínima en planta entre la tubería de agua potable y la del alcantarillado sanitario será de al menos tres metros.
- El enterramiento mínimo de la tubería será de un metro desde el nivel del terreno hasta la parte superior de la tubería, en zonas montañosas donde no existan caminos de agricultura se aceptará 60 cm de enterramiento.
- Las tuberías deben ser resistentes a la presión estática interna y a las sobrepresiones por el golpe de ariete, no puede ser menor a 100 mca. En algunos casos, en zonas rurales se permite hasta un valor de 80 mca. Se permite el uso de tuberías de hierro dúctil, acero, cloruro de polivinilo (PVC), polietileno de alta densidad (HDPE) u otras aceptadas por el AyA.
- La velocidad mínima permitida en las redes es de 0,6 m/s y la máxima de 5,0 m/s.

- En conducciones le diámetro mínimo será de 100 mm y se aceptan hasta 50 mm en zonas de desarrollo limitado como en rotondas y zonas rurales.
- En líneas de conducción y redes de distribución, se instalarán válvulas de compuerta en las entradas y salidas del tanque, interconexiones y puntos donde se permita el mantenimiento. Las válvulas de admisión y expulsión de aire se instalarán en puntos altos donde se requieran las condiciones de diseño y el perfil topográfico. Las válvulas de purga en puntos bajos de 100 mm en tuberías de esta medida o bien de $100 \text{ mm} + D/6$ para tuberías mayores.
- Los hidrantes se colocarán en un radio de acción menor a 150 m en zonas urbanas y en rurales, al menos uno en el centro de la población, donde haya alta densidad de construcciones.
- Las previstas domiciliarias serán en tubería de HDPE en SDR 9 como mínimo y en tubería de 12 mm como mínimo. Deberá contar con un medidor (para la micromedición).
- El tanque de almacenamiento sirve para almacenar el agua y compensar las fluctuaciones horarias de demanda, combatir incendios y suplir agua en caso de interrupciones del abastecimiento de la matriz. El volumen de incendio depende de la población. Para el caso de 5 000 a 15 000 habitantes se requiere un volumen de almacenamiento de al menos 90 m^3 , para una duración de incendio de 3 horas y un caudal de 8 l/s. Si la población es menor se permite atender el incendio con el volumen de regulación.
- El volumen de reserva para interrupciones del servicio, deberá ser como mínimo, el volumen correspondiente a un período de cuatro horas del caudal promedio diario.
- El volumen total de almacenamiento es la suma de los anteriores.

1.1.7.7 *Declaratoria del Servicio de Hidrantes como Servicio Público y Reforma de Leyes Conexas*

Artículo 1 y 2: Se declara como servicio público la instalación, desarrollo, operación y mantenimiento de los hidrantes. El desarrollo de la red de hidrantes y los mencionados previamente, son responsabilidad de los operadores de los sistemas de distribución del servicio del agua potable, ya sea público o privado.

Artículo 4: El Cuerpo de Bomberos del Instituto Nacional de Seguros (INS) debe coordinar con los operadores de los sistemas de distribución de agua potable lo referente a la definición de los

tipos de hidrantes, ubicaciones, caudales y prioridad de instalación. (Asamblea Legislativa, 2008)

El abastecimiento de agua potable, recolección de aguas negras y pluviales, es una labor que le corresponde a las Municipalidades; en caso de que estas no tengan la capacidad administrativa o financiera, las comunidades pueden organizarse para ser responsables de la captación, tratamiento y distribución del agua potable. Esto se puede realizar ya sea como un comité o conformando una Asociación Administradora de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes, conocido como se menciona anteriormente, ASADA. A continuación se presentan algunos artículos importantes del Reglamento de las ASADAS.

1.1.7.8 *Decreto Ejecutivo No.32529-S, Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes*

Artículo 2: Corresponde al AyA, intervenir en todos los asuntos relativos a la operación, mantenimiento, administración y desarrollo de estos sistemas necesarios para el suministro de agua a las poblaciones. Además, deben de colaborar en la conservación, aprovechamiento y uso racional de las aguas, vigilancia y control de su contaminación o alteración. El AyA debe velar porque todos los sistemas del acueducto y alcantarillado cumplan con los principios del servicio público. Los costos deben ser sufragados por el ente operador, considerando el artículo 71 de la Ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP). Donde se autoriza a instituciones y empresas públicas que brindan servicios para vender a otras empresas, instituciones, u otros, servicios de asesoramiento, consultoría, capacitación u otra afín.

Artículo 3: El AyA, mediante un convenio, puede delegar la administración, operación, mantenimiento y desarrollo de los acueductos y alcantarillados comunales a las asociaciones inscritas.

Las comunidades que cuenten con una ASADA, deben ser administradas por una junta e inscribirse en el Registro de Asociaciones del Registro Público (Decreto No 32529-S, 2005). La administración de cada ASADA será la encargada del mantenimiento y operación de los sistemas de agua potable de las comunidades; por lo tanto, deberán realizar los cobros estipulados por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP).

Artículo 11: Queda prohibido la siembra de árboles o plantas o construir edificaciones en las servidumbres o en la línea de la tubería; en caso de que no haya una servidumbre, de los

sistemas de acueductos y alcantarillados, deben tener un mínimo de tres metros de ancho (1,5m de cada lado medido desde el centro de la tubería).

Artículo 16: La Asociación Administradora deberá tener los únicos fines: construcción, administración, operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas de acueductos y alcantarillados delegado por el AyA; la conservación y aprovechamiento racional de las aguas necesarias para el suministro de la población. Además, de la vigilancia y el control de su contaminación o alteración, por lo que los recursos financieros deben dedicarse únicamente a estos fines.

Artículo 17: En las asambleas de las ASADAS y en las sesiones de su Junta Directiva, pueden participar los miembros de la Junta Directiva y funcionarios del AyA debidamente acreditados, con el fin de informar al AyA el cumplimiento de las normas aplicables como para asesorar a la asociación en cuanto a la organización, administración, operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas mencionados.

Artículo 18: Los desarrollos que se requieran hacer en el territorio nacional, deberá diseñarse y construirse de acuerdo con las normas técnicas emitidas por el AyA. En caso de nuevas urbanizaciones u otro, donde opere una ASADA, se deberá entregar las obras de infraestructura, terrenos y servidumbres a la misma.

Artículo 21: Deberes y atribuciones de las ASADAS:

- Someter a conocimientos del AyA los estatutos de la Asociación, previo a la presentación al Registro de Asociaciones para su inscripción
- Suscribir al AyA el Convenio de Delegación de la gestión del servicio público
- Velar y participar con la comunidad con la construcción, administración, operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas, y preservar y conservar el recurso hídrico
- Autorizar nuevos servicios, conexiones y reconexiones
- Adquirir los bienes, materiales y equipos necesarios para el buen funcionamiento y administración de los servicios dados
- Otorgar los servicios públicos de manera eficiente, igualitaria y oportuna a todos los usuarios, siempre y cuando cumplan con los requisitos solicitados por el Reglamento de Prestación de Servicio al Cliente
- Convocar a asamblea a los asociados para tratar los asuntos relacionados con el sistema de acueductos y alcantarillados

- Rendir informes periódicos a la comunidad
- Solicitar al AyA la asesoría técnica legal, financiera, organizativa u otra necesaria para el correcto funcionamiento de los sistemas
- Participar en las capacitaciones y convocatorias requeridas por la Institución
- Efectuar la vigilancia y control de la calidad del agua de acuerdo con el Programa Nacional para el Mejoramiento de la Calidad del Agua, Programa de Sello de Calidad, Bandera Azul u otro recomendado por el AyA
- Efectuar la vigilancia y control de actividades que puedan generar efectos negativos en la zona de influencia inmediata a la toma de agua y zona de descarga
- Mantener planos actualizados de los sistemas y un catastro de usuarios
- Cualquier otra que sea asignado por el AyA

Artículo 22: La ASADA llevará un registro de los abonados y debe cumplir con lo siguiente:

- Contratar servicios de contaduría y disponer de personal capacitado para el área de administración
- Señalar el lugar de cobro y velar porque los montos sean depositados a nombre de la Asociación Administradora en cualquier Banco del Sistema Bancario Nacional Público
- En el caso de morosos, aplicar acciones legales pertinentes de acuerdo con el Reglamento para la Suspensión de Servicios, Cobro Administrativo y Cobro Judicial vigente (a detallar más adelante)
- Aplicar las tarifas aprobadas por el ARESEP
- Establecer los sistemas de control financiero y de recaudación que recomiende el AyA, mantener el dinero en cuentas, títulos y valores
- Elaborar un presupuesto anual para la correcta administración, operación, mantenimiento y desarrollo de los sistema y remitir una copia a la Dirección Regional a más tardar el 31 de octubre de cada año
- Enviar semestralmente a la Dirección Regional un detalles de los usuarios del sistema de la siguiente forma: Número de abonados, Cantidad de servicios (fijos y medidos), consumo, producción, tarifa aplicada, entre otros
- De tener estabilidad y disponibilidad presupuestaria, deberán contar con seguros de daños a terceros, para los componentes críticos del sistema y para las zonas de protección

Artículo 25: Para la prestación de los servicios las ASADAs tendrán como fuentes de ingresos los siguientes: tarifas revisadas por el AyA y aprobadas por el ARESEP, cobros de nuevos servicios, desconexión, reconexión y canon ARESEP, tasa urbanística y aporte comunal.

Artículo 27: Cada ASADA debe contratar a un contador privado incorporado a respectivo Colegio.

Artículo 31: La Junta Directiva y el Fiscal de la ASADA deberán establecer políticas de estabilidad laboral para sus trabajadores de acuerdo con los deberes y obligaciones entre trabajadores y patronos que se establece en el Código de Trabajo.

Artículo 33: Cada ASADA deberá contrata a un administrador y un fontanero como mínimo. (Decreto No.32529-S, 2005)

1.1.7.9 *Reglamento de Cobro Administrativo y Judicial del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados*

Artículo 5: Para lograr el pago de las cuentas morosas o en estado irregular por concepto de la prestación del servicio de agua potable y/o alcantarillado sanitario, se suspenderá el suministro de agua potable en los siguientes términos: por la falta de pago de facturas vencidas, previo aviso incluido en el recibo puesto al cobro y entregado al cliente, en el cual se otorga un plazo de diez días hábiles, a partir de la fecha de vencimiento de la factura, para realizar el respectivo pago.

Si la cuenta morosa se mantiene en ese estado se procederá, suspender el servicio. Cinco días después de suspendido, sin que el cliente normalice su situación, se realizará el estudio catastral y depuración de la cuenta del servicio moroso, para que en un término que no supere los sesenta días se inicien los trámites de cobro judicial, previa Certificación de Gerencia, que se constituye en título ejecutivo. (AyA, 1994)

En este Reglamento también se incluyen otros aspectos pertinentes para el cobro de morosos; sin embargo, estos no se detallarán.

El agua potable que se distribuye a la población debe respetar los parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos que se establecen en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto No. 38924-S, 2015); estos serán detallados en el siguiente apartado.

1.1.7.10 Reglamento para la Calidad del Agua Potable

Para evaluar la calidad del agua potable, se deben realizar pruebas de laboratorio para los parámetros establecidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto No. 38924-S, como se mencionó anteriormente; éstos se describen a continuación.

Parámetros del primer nivel

a. Coliformes termotolerantes (fecales)

Los coliformes son bacterias aerobias y anaerobias facultativas que se encuentran en los humanos, animales y ambiente (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2000). Generalmente se utilizan pruebas en el agua para determinar si existen coliformes del tipo *Escherichia*, ya que éstos se encuentran en las heces de los humanos y animales de sangre caliente. Estas bacterias pueden transmitir enfermedades intestinales y son infecciosas, por lo que es necesario asegurarse que no estén presentes en el agua.

b. Color aparente

El color aparente es un parámetro físico que se evalúa en el agua por motivos estéticos; de haber un color puede significar la presencia de partículas o que el agua no es potable. Se mide en miligramos por litro o unidades de Platino-Cobalto, en el Cuadro A.1, en los Anexos, se puede ver que el valor recomendado y el máximo admisible en el agua potable son de 5 mg/L (U-Pt-Co) y 15 mg/L (U-Pt-Co) respectivamente (Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015).

c. Turbiedad

La turbiedad se debe a partículas insolubles que se encuentran en suspensión, coloides u otros finos, que no dejan pasar la luz a través de un fluido. Puede ser causada por la presencia de sedimentos debidos a la erosión, crecimiento de algas, entre otros. Se mide en Unidades Nefelométricas de turbidez (UNT) y en el agua potable debe tener un valor menor a 1 UNT (Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015).

d. Olor y sabor

El olor es un parámetro que no tiene una medición específica, por lo que es muy subjetivo y depende de la persona que huele la muestra; en todo caso el agua potable debe ser inodora y si esta cuenta con olor alguno, puede ser por la presencia de residuos orgánicos, industriales,

entre otros. Al igual que el olor, el sabor es un parámetro muy subjetivo; el agua potable no debe tener sabor alguno.

e. Temperatura

La temperatura puede afectar la conductividad eléctrica del agua; si la temperatura aumenta un grado, la conductividad puede aumentar de 2% a 3%. La conductividad, como se mencionará más adelante, se utiliza para determinar si el agua presenta sólidos disueltos.

La temperatura del agua afecta en el desarrollo de la vida acuática, el agua debe encontrarse a una temperatura de 18°C preferiblemente, o bien a menos de 30°C. (Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015)

f. Potencial de Hidrógeno o pH

Es la medida de acidez o alcalinidad en una disolución. Con éste parámetro se determina la concentración de Hidrógeno en el agua, con la siguiente ecuación:

$$pH = -\log_{10}(H^+)$$

Si el pH es mayor a cero y menor a siete, el agua presenta una característica de acidez; si es mayor a siete y menor a catorce, el agua tiene un comportamiento alcalino. Para el agua potable se recomienda un valor cercano a siete, de esta forma sería neutra. De acuerdo con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, se recomienda que el pH del agua potable esté en 6,5 o bien, sea menor a 8,5.

g. Conductividad

Mide la actividad eléctrica de los iones en la muestra; es una forma indirecta para determinar la calidad del agua, ya que mide el grado de contaminación. La unidad que se utiliza para determinar la conductividad es micro siemens por cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Generalmente entre mayor sea la conductividad, mayor es la contaminación presente en el agua. Este parámetro de control también está ligado a la cantidad de sólidos disueltos, entre mayor cantidad de sólidos haya, mayor es la conductividad (Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015). Se recomienda que el valor de conductividad del agua potable sea de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

h. Cloro residual libre o combinado

El cloro residual es el que queda en el agua después de haber sido desinfectada. Como se mencionó anteriormente, se utiliza para la eliminación de bacterias y patógenos; se recomienda

que haya un valor de 0,3 mg/L a 0,6 mg/L de cloro en el agua, para asegurarse que durante el paso por la red de distribución continúe siendo potable.

En el Anexo A.1. se puede observar los parámetros con sus valores de alerta y valores máximos admisibles (VMA).

Para determinar la frecuencia mínima de muestreo y cantidad de muestras para este nivel, se debe seguir lo estipulado en el siguiente cuadro:

Cuadro I.1. Frecuencia mínima de muestreo y número de muestras a recolectar para el Nivel Primero (N1)

Población abastecida (hab.)	Fuentes de abastecimiento		Red de distribución	
	Frecuencia	No. muestras	Frecuencia	No. muestras
Menor a 5 000	Semestral	1 cada fuente	Semestral	3
5 001 a 100 000	Semestral	1 cada fuente	Trimestral	3
100 001 a 500 000	Mensual	1 cada fuente	Mensual	15
Mayor a 500 000	Mensual	1 cada fuente	Diaria	15

Fuente: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015

Parámetros del segundo nivel

a. Dureza total

La dureza del agua se puede deber al contacto de esta con el suelo o rocas con contenidos de calcio. Éstas no afectan de gran forma la salud humana, pero en caso de que el agua sea dura, se pueden afectar las tuberías o maquinaria con obstrucciones. Se recomienda un valor de 400 mg/L de CaCO₃, o menor a 500 mg/L de CaCO₃ en el agua potable (Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015).

b. Nitrato

El Nitrato (NO₃⁻) es esencial para el crecimiento de las plantas, suele ser utilizado en fertilizantes, por lo que la presencia de este compuesto en el agua puede significar residuos de químicos contaminantes, en especial en zonas agrícolas. El consumo de nitratos puede afectar la salud del humano, ya que reacciona con la hemoglobina y evita el transporte de oxígeno en la sangre, por lo que puede afectar a niños menores de seis meses y a adultos con enfermedades pulmonares o circulatorios (Sigler, 2015). En los ríos, lagos y mares, puede

afectar a los animales acuáticos, ya que disminuye el oxígeno presente en el agua. Se recomienda un valor de 25 mg/L NO_3^- o menor a 50 mg/L NO_3^- en el agua potable.

c. Hierro

El Hierro no afecta a los seres humanos, pero puede provocar sabor, color y olor no agradable; afectan los accesorios de tuberías, tuberías, concreto y otros. No se desea este elemento en el agua ya que promueve el desarrollo de las bacterias. Éste puede ser provocado por el contacto del agua con el suelo y tuberías antiguas u objetos de Hierro. De acuerdo con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, se recomienda un valor no mayor a 0,3 mg/L Fe.

d. Cobre

El Cobre puede afectar la salud de los humanos, puede provocar daños en los riñones, hígados, trastornos digestivos como náuseas, diarrea, entre otros (El Sistema Universitario Texas A&M, 2000). Puede encontrarse en el agua por la corrosión de elementos como tuberías antiguas, al igual que el Hierro, y puede provocar obstrucciones en las mismas y sus accesorios. Se recomienda un valor menor a 2 mg/L Cu en el agua potable (Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015).

e. Plomo

Al igual que el Hierro y el Cobre, el Plomo se puede encontrar en el agua por materiales que se desprenden de las tuberías y accesorios. Puede ser dañino para la salud, provocando daños en los riñones, anemia, aumento en la presión sanguínea, dolores estomacales, vómito, entre otros (New Jersey State, 2015). El valor máximo admisible de acuerdo con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable es de 0,01 mg/L Pb.

Para determinar la frecuencia mínima de muestreo y cantidad de muestras para este nivel, se debe seguir lo estipulado en el siguiente cuadro:

Cuadro I.2. Frecuencia mínima de muestreo y número de muestras a recolectar para el Nivel Segundo (N2)

Población abastecida (hab.)	Fuentes de abastecimiento		Tanques de almacenamiento		Red de distribución		Total de muestras mínimas por año
	Frecuencia	No. muestras	Frecuencia	No. muestras	Frecuencia	No. muestras	
Menor a 5 000	Semestral	1 cada fuente	Trimestral	1 cada tanque	Semestral	3	10
5 001 a 100 000	Semestral	1 cada fuente	Semestral	1 cada tanque	Trimestral	3	18
100 001 a 500 000	Mensual	1 cada fuente	Mensual	1 cada tanque	Mensual	15	120 más 12 por cada 100 000 hab.
Mayor a 500 000	Mensual	1 cada fuente	Mensual	1 cada tanque	Diaria	15	180 más 12 por cada 100 000 hab.

Fuente: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015

Además, se debe cumplir lo siguiente:

- Para poblaciones mayores a 100 000 personas los resultados de coliformes fecales y E.coli los resultados deben ser negativos en más del 95% de las muestras anuales.
- El Cloro residual debe estar entre valores de 0,3 mg/L a 0,6 mg/L en el 90% de las muestras anuales.
- La turbiedad debe ser menor o igual a 1 U.N.T. en el 90% de las muestras anuales
- Los operadores pueden reducir hasta 50% el número de muestras y readecuar la frecuencia de muestreo, no obstante, para esto deben llevar los datos en un historial y realizar pruebas estadísticas.

Después de tener el perfil de calidad, la frecuencia de muestreo y número de muestras a recolectar para el Nivel Segundo y Tercero (N2 y N3) se debe proceder con la información que se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro I.3. Frecuencia mínima de muestreo y número de muestras a recolectar para el Nivel Segundo y Tercero (N2 y N3) después de tener el perfil de calidad

Población abastecida (hab.)	Fuentes de abastecimiento		Red de distribución	
	Frecuencia	No. muestras	Frecuencia	No. muestras
Menor a 5 000	Cada 3 años	1 cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución	Cada 3 años	1
5 001 a 100 000	Cada 2 años	1 cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución	Cada 2 años	1
100 001 a 500 000	Anual	1 cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución	Anual	1
Mayor a 500 000	Trimestral	1 cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución	Trimestral	6

Fuente: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015

En el Anexo A.2. se puede observar los parámetros con sus valores de alerta y valores máximos admisibles (VMA).

Parámetros del tercer nivel

a. Nitrito

El Nitrito (NO₂⁻) al entrar en contacto con el oxígeno se convierte en Nitrato, por lo que no es normal en fuentes de agua subterránea (Sigler, 2015). Se recomienda un valor máximo admisible de 0,1 mg/L, cuando se evalúa en conjunto con el Nitrato.

b. Amonio

El amonio es un ion del amoniaco que se presenta en el medio ambiente por procesos metabólicos, agropecuarios e industriales (OMS, 2015). Normalmente en zonas rurales se contaminan los ríos con la orina de los mamíferos. Éstos, no afectan directamente la salud humana, no obstante, el amoniaco se puede transformar en nitrato, el cual, como se vio anteriormente, puede ocasionar daños al humano.

Se recomienda un valor de 0,05 mg/L NH₄⁺ a 0,5 mg/L NH₄⁺, de acuerdo con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

c. Arsénico

El arsénico puede ocasionar gran diversidad de efectos negativos al humano. Entre los más importantes se tienen: anorexia, lesiones hepáticas, diarrea, insuficiencia renal, daños en los riñones, cardiovasculares, dolores musculares, cambios en la pigmentación de la piel, efectos respiratorios, cáncer de hígado, piel, pulmón, próstata, vejiga, entre otros (Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, 2009).

La presencia de Arsénico en el agua puede deberse a la disolución del mineral que se encuentra en regiones cercanas a los volcanes, residuos industriales o pesticidas; este último es una de las principales fuentes en zonas agrícolas, por lo que es importante analizar el agua de los ríos en zonas agrícolas.

El valor máximo admisible de Arsénico en el agua potable es de 0,01 mg/L As, de acuerdo con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

En el Anexo A.3. se puede observar los parámetros con sus valores de alerta y valores máximos admisibles (VMA).

Parámetros del cuarto nivel

a. Sólidos totales disueltos

Un sólido es un residuo que permanece al evaporar un líquido entre 103 °C y 105 °C. Para aguas domésticas se recomienda una cantidad menor a 500 mg/L. La presencia de sólidos en el agua puede deberse a impurezas que ocasionan malestares a los consumidores, pueden afectar fisiológicamente a la población. Éstas, se analizan en función de la población y las actividades que se desarrollen cerca de captaciones, zonas de recarga, etc.

Cabe destacar que además de estas pruebas, se realizarán la prueba de oxígeno disuelto y Fósforo.

b. Oxígeno Disuelto

Este parámetro sirve como un indicador para ver el grado de contaminación que tiene el agua. Es la cantidad de Oxígeno que está disuelto en el agua, por lo que permite la vida de plantas acuáticas y animales marinos. El Oxígeno Disuelto (OD) puede aumentar en los cuerpos de agua por el movimiento de la misma y la turbulencia, o por el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas.

El OD también puede verse afectado por la salinidad o altitud, ya que varía la presión del agua, y por la temperatura (entre más fría está el agua más Oxígeno Disuelto puede haber). Se recomienda un valor de OD entre 7 ppm y 12 ppm. Un valor bajo de Oxígeno Disuelto puede deberse a alta contaminación en el agua, ya que significa que hay sustancias en descomposición, esto ocurre ya que las bacterias gastan el Oxígeno del agua.

c. Fósforo

El Fósforo se puede encontrar en el agua y sirve para determinar el envejecimiento de la misma. A este proceso natural, se le conoce como eutroficación, y puede aumentarse por descargas de nutrientes. La cantidad de Fósforo puede aumentar si se vierten desechos domésticos u otros residuos industriales en el agua. Algunos ejemplos de contaminantes que aumenta la cantidad de Fósforo en el agua son, carnes curadas y fertilizantes. En el Reglamento para la Calidad del Agua Potable no se establecen límites recomendables de este elemento, pero se recomienda un rango de 0,1 ppm a 0,7 ppm, o bien un valor máximo de 0,005 mg/L (Vidal, 2014).

Por parte de un laboratorio, se deben realizar análisis cada 6 meses dependiendo de la población abastecida. Esto se muestra a continuación:

Población menor a 5 000 habitantes:

- 1 Análisis físico-químico del N1 en la fuente de abastecimiento
- 1 Análisis microbiológico del N1 en la fuente de abastecimiento, tanque de almacenamiento y en la red de distribución
- Cada 3 años: 1 Análisis químico del N2 y el N3 en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución

Población entre 5 001 y 100 000 habitantes:

- 1 Análisis físico-químico del N1 en la fuente de abastecimiento
- 2 Análisis microbiológicos del N1 en la fuente de abastecimiento, tanque de almacenamiento y en la red de distribución
- Cada 2 años: 1 Análisis químico del N2 y el N3 en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución

Población entre 100 001 y 500 000 habitantes:

- 6 Análisis físico-químicos del N1 en la fuente de abastecimiento
- 6 Análisis microbiológicos del N1 en la fuente de abastecimiento, tanque de almacenamiento y en la red de distribución
- Cada año: 1 Análisis químico del N2 y el N3 en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución

Población mayor a 500 001 habitantes:

- 6 Análisis físico-químicos del N1 en la fuente de abastecimiento
- 6 Análisis microbiológicos del N1 en la fuente de abastecimiento y en el tanque de almacenamiento
- 182 Análisis microbiológicos del N1 en la red de distribución
- 2 Análisis químicos del N2 y el N3 en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución

Control Operativo

Esta sección se modifica en la nueva normativa, del año 2015. Se determina control operativo, al control que los operadores deben tener al monitorear la calidad del agua con la cual abastecen a las poblaciones, para definir posibles medidas correctivas cuando sean requeridas.

En esta sección se determinan las siguientes medidas:

- Realizar mediciones periódicas de turbiedad, olor, sabor y cloro residual. La frecuencia de estas mediciones depende de la cantidad de habitantes abastecida, como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro I.4. Frecuencia mínima de muestreo y número de muestras a recolectar para el Control Operativo (CO)

Población abastecida (habitantes)	Fuentes de abastecimiento y red de distribución	
	Frecuencia	No. muestras
Menor a 2 000	Mensual	1 cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución
2 001 a 20 000	Quincenal	1 cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución
20 001 a 200 000	Semanal	1 cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución
Mayor a 200 000	Diario	1 cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución

Fuente: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015

- Contar con equipo básico de laboratorio para el monitoreo de cada fuente y de la red de distribución
- Llevar control por medio de una bitácora
- Realizar reportes de la calidad del agua potable y presentarlos semestralmente a la Dirección de Área Rectora de Salud (DARS)

En los Anexos A.5. se observa el formato del Reporte Semestral de la Calidad del Agua Potable.

1.1.7.10 Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales

- Se tiene como objetivo reglamentar los criterios y metodología utilizados para la evaluación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales.
- Se determinan clases por medio de intervalos de los parámetros complementarios (es decir que no sean los siguientes: saturación de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Nitrógeno Amoniacal). Estos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro I.12. Parámetros complementarios para la determinación de la calidad del agua

Parámetros Complementarios (Unidades)	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Turbiedad (UNT)	<25	25 a <100	100 a 300	(1)	(1)
Temperatura (°C)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Potencial de hidrógeno (pH)	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,0 a 9,0	5,5 a 9,5	5,5 a 9,5
Nitratos, NO ₃ ⁻ (mg N /L)	<5	5 a <10	10 a <15	15 a <20	>20
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	<20	20 a <25	25 a <50	50 a <100	100 a 300
Cloruros (como Cl) (mg/L)	<100	100 a 200	NA	NA	NA
Fluoruros (como F) (mg/L)	<1,0	1 a 1,5	NA	NA	NA
Color (Pt-Co)	2,5 a 10	10 a 100	(1)	(1)	(1)
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	<10	10 a 25	25 a 100	100 a 300	>300
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	< 20	20 a 1000	1000 a 2000	2000 a 5000	>5000

ND: No detectable por el método utilizado.

NA: No aplicable

(1) Natural o que no afecte el uso indicado

Fuente: 33903-MINAE-S. Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, 2007

- Este reglamento utiliza el Índice Holandés de Valoración de la Calidad del Agua para Cuerpos Receptores. De acuerdo con la clasificación y con este estudio, se tiene lo siguiente:

Cuadro I.13. Clasificación de los Cuerpos de Agua según el uso y su tratamiento

Usos	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Abastecimiento de agua para uso y consumo humano	Con tratamiento simple con desinfección	Con tratamiento convencional	Con tratamiento avanzado	No utilizable	No utilizable

Fuente: 33903-MINAE-S. Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, 2007

- Para cualquier otro uso se debe justificar por el interesado, consultando al Comité Técnico de Revisión.
- El muestreo y análisis se debe realizar por medio de un responsable. Para ríos y quebradas con profundidades menores o iguales a 1 metro y ancho menor o igual a 15 metros se debe realizar por medio de una malla de 500 μ m y apertura de 20 cm a 25 cm. Se toman tres muestras cada 5 minutos y estas muestras se deben preservar con etanol de 96° y para el caso del análisis de organismos en etanol de 70°.
- Para ríos y quebradas con profundidades mayores a 1 metro y ancho mayor a 15 metros se debe realizar por medio de una malla de 500 μ m y apertura de 20 cm a 25 cm, en orillas hasta un metro de profundidad. Se toman tres muestras cada 5 minutos y estas muestras se deben preservar con etanol de 96° y para el caso del análisis de organismos en etanol de 70°.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 Ubicación

Los acueductos en estudio de Tres Amigos, Candelaria y Campos de Oro, San Rafael y La Cruz, se encuentran en el cantón de Abangares, de la provincia de Guanacaste. En la siguiente imagen se puede observar el sitio en estudio.



Figura II.14. Ubicación de los acueductos en estudio

Delimitar en el mapa el cantón y/o la cuenca.

En la siguiente figura se puede observar de forma más detallada la ubicación de las comunidades.

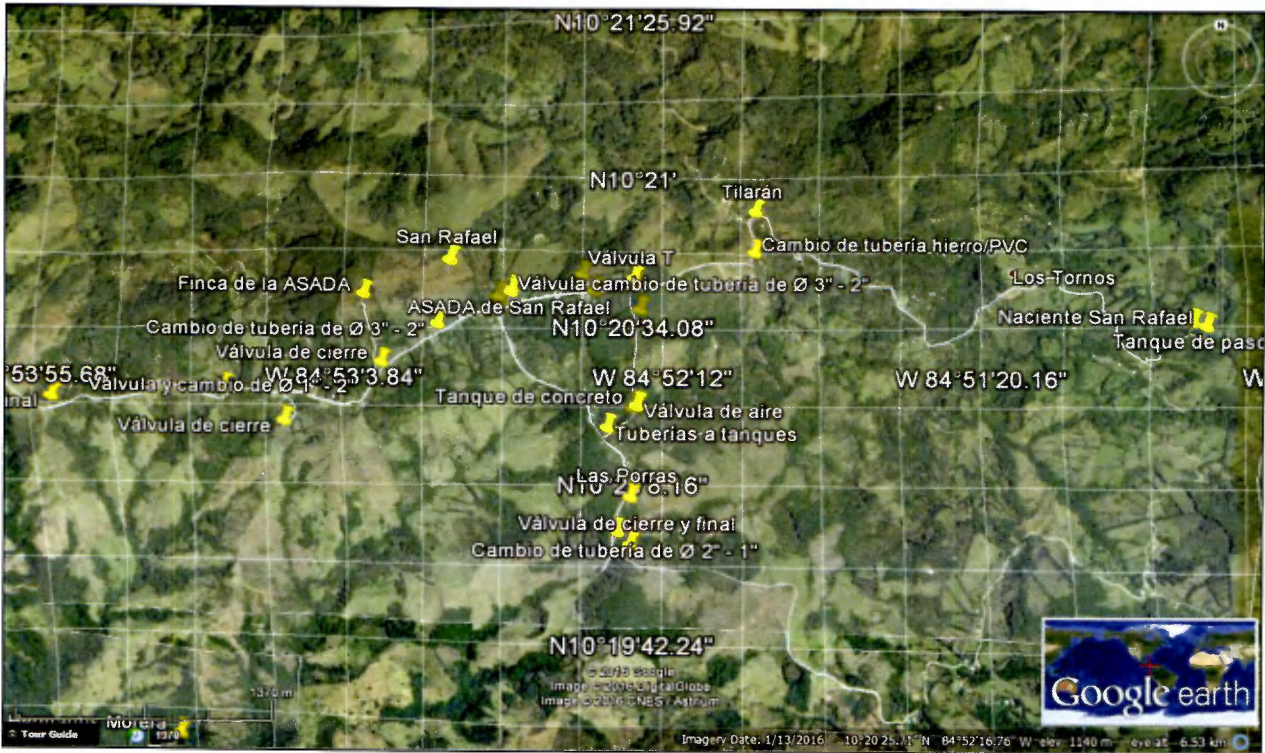


Figura II.17. Ubicación detallada del acueducto de San Rafael



Figura II.18. Ubicación detallada del acueducto de La Cruz

2.2 Geología

Las comunidades se encuentran a una elevación que varía entre 410 m.s.n.m. y 1200 m.s.n.m. aproximadamente. En la siguiente figura se puede apreciar las elevaciones de sitio en estudio. La imagen muestra la cuenca de Abangares, y en la parte de color gris se observa el territorio que no entra dentro de la investigación.

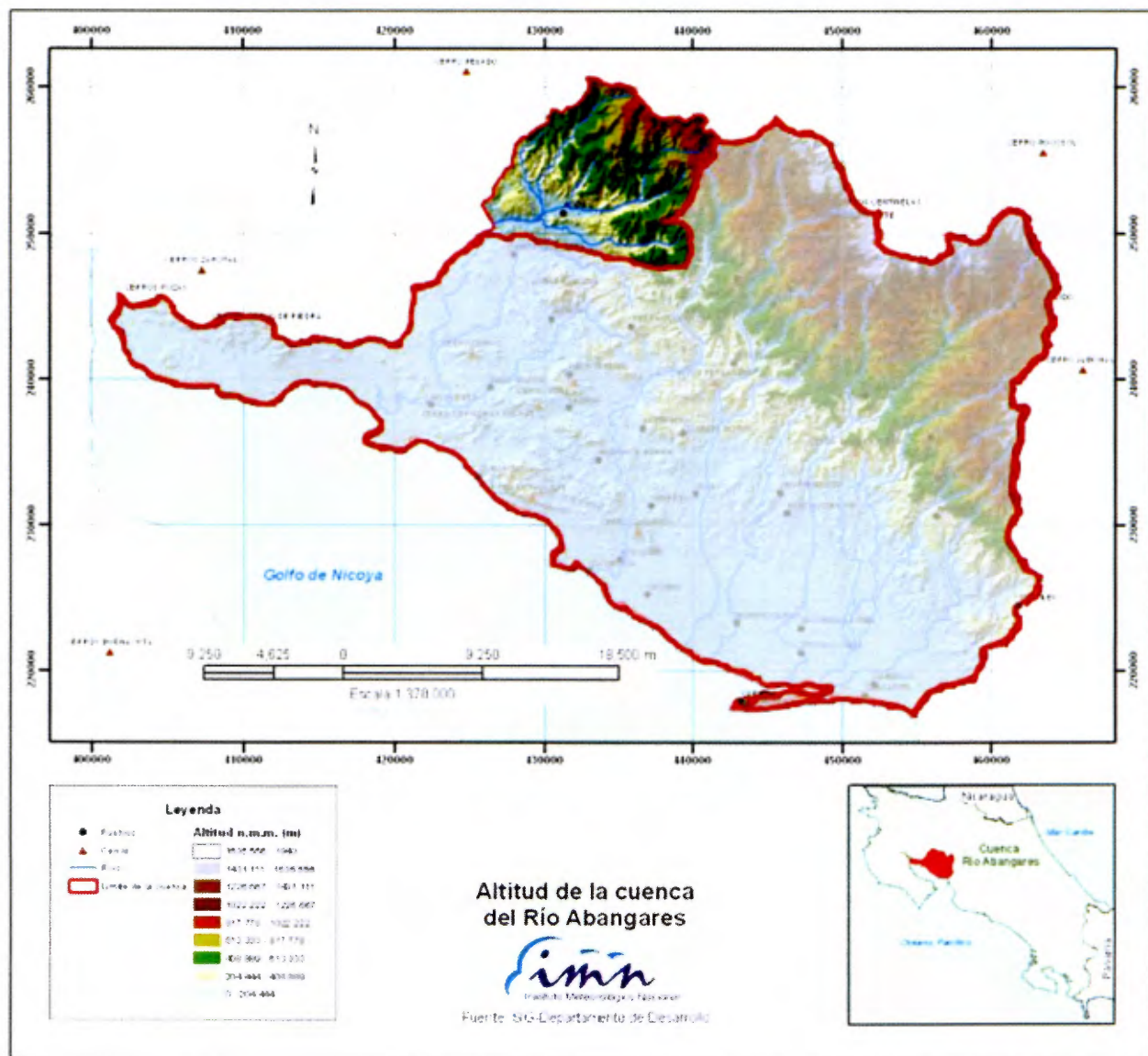


Figura II.19. Altitud de la cuenca del Río Abangares

Fuente: Rojas, 2011

Modificado por: Quirós, 2016



Figura II.21. Ríos de la cuenca del Río Abangares
Fuente: Rojas, 2011
Modificado por: Quirós, 2016

Como se aprecia en la figura anterior, los ríos que bañan la parte de alta son: Santa Lucía, Zapote, Agua Caliente y San Juan, los cuales afluentes del Río Abangares.

Como se menciona en el capítulo anterior, la población puede ser abastecida por medio de fuentes superficiales, como lo son los ríos y los lagos. Por otra parte, los acuíferos y aguas subterráneas suelen ser una fuente de abastecimiento de agua común. En la siguiente imagen se puede observar la zona de la parte alta de la cuenca del Río Abangares, donde se encuentran los acuíferos conocidos.



Figura II.22. Ríos de la cuenca del Río Abangares
Fuente: Rojas, 2011
Modificado por: Quirós, 2016

En la siguiente imagen se puede apreciar las zonas protegidas de Abangares. Las comunidades en estudio se encuentran en la zona de protección de la Cuenca del Río Abangares.



Figura II.23. Zonas protegidas de la cuenca del Río Abangares

Fuente: Rojas, 2011

Modificado por: Quirós, 2016

Esta zona de protección abarca un área de 4800 hectáreas y fue declarada zona de protección el 25 de agosto de 1995 con el objetivo de conservar los ríos y sus nacientes (Rojas, 2011).

2.3 Clima

Para el último año, se recopiló información atmosférica en la estación meteorológica de la Universidad de Costa Rica ubicada en la escuela de San Rafael, a una altura de 1049 m.s.n.m. A continuación se presentan los siguientes datos:

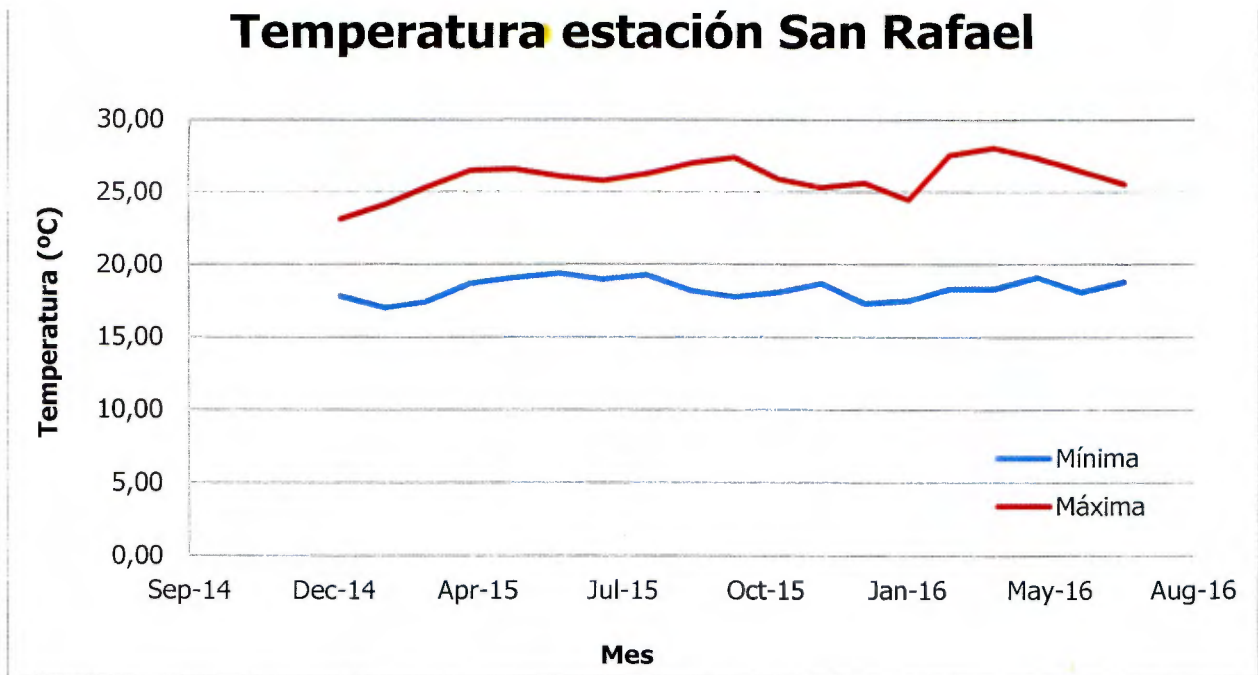


Figura II.24. Temperatura en la parte alta de Abangares

Cabe destacar que estos datos coinciden con los meses en los cuales se realizó una visita al sitio. De la figura anterior se puede apreciar una temperatura máxima de 27°C aproximadamente en el mes de abril, y durante la época seca, dentro de los meses de enero a mayo. La temperatura mínima se da en el mes de febrero, con un valor de 17°C, y de igual forma, en la época seca. Por lo que se determinan que durante la época seca se da la mayor variación de temperaturas durante el día.

En la siguiente figura se pueden observar las isotermas de la cuenca. La temperatura media anual oscila entre los 18°C hasta 25°C.

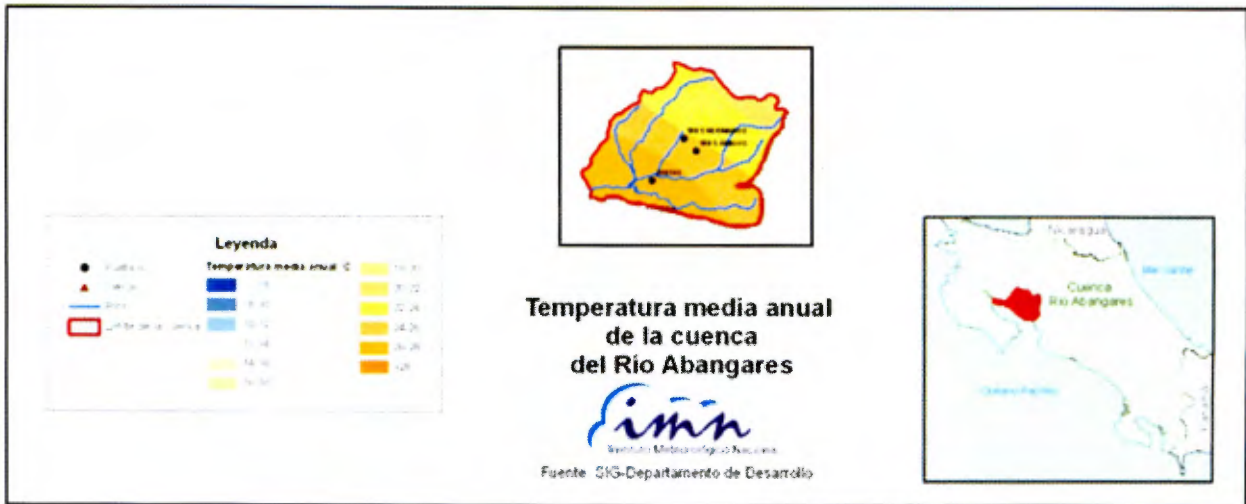


Figura II.25. Temperatura media anual de la cuenca del Río Abangares

Fuente: Rojas, 2011

Modificado por: Quirós, 2016

En cuanto a la precipitación, se obtuvo la información de la estación de San Rafael. Esta se muestra a continuación.

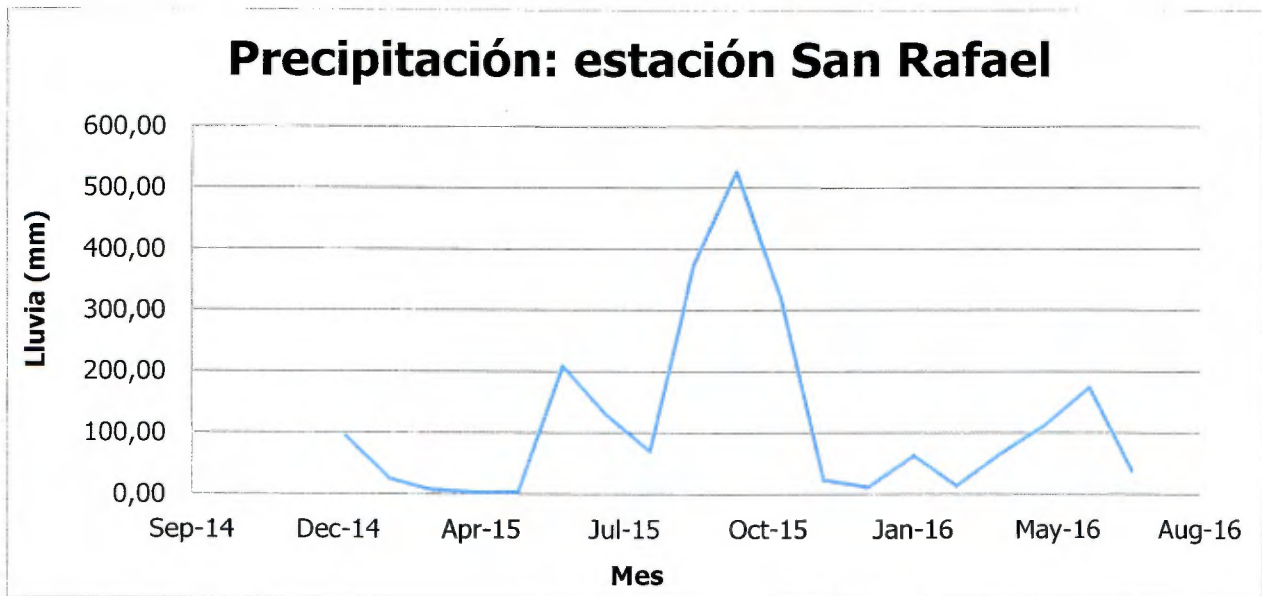


Figura II.26. Precipitación en la parte alta de Abangares

En el gráfico anterior, se observa claramente que los meses más lluviosos son agosto, setiembre y octubre, donde en octubre se guardó un valor de 524,8 mm. Los meses más secos son abril y mayo, con valores de 2,0 mm aproximadamente.

Esta zona presenta un período seco y otro lluvioso definido. En la siguiente imagen se puede apreciar que la media anual para la zona en estudio va desde los 2000 mm hasta los 3000 mm.

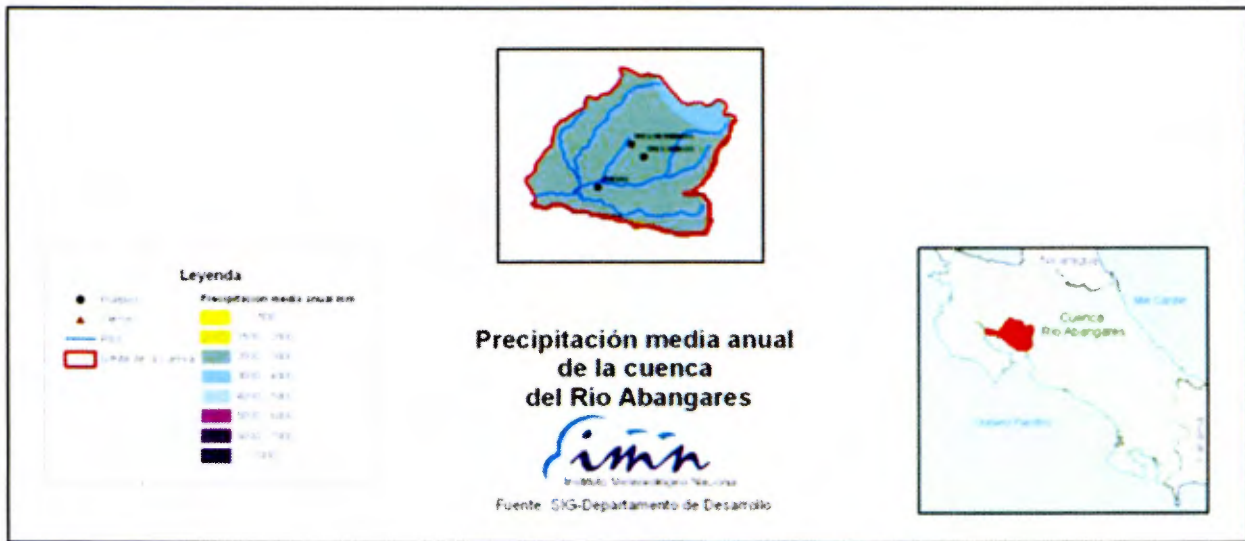


Figura II.27. Precipitación media anual de la cuenca del Río Abangares

Fuente: Rojas, 2011

Modificado por: Quirós, 2016

En cuanto a la velocidad del viento, la estación de San Rafael registró los siguientes valores:

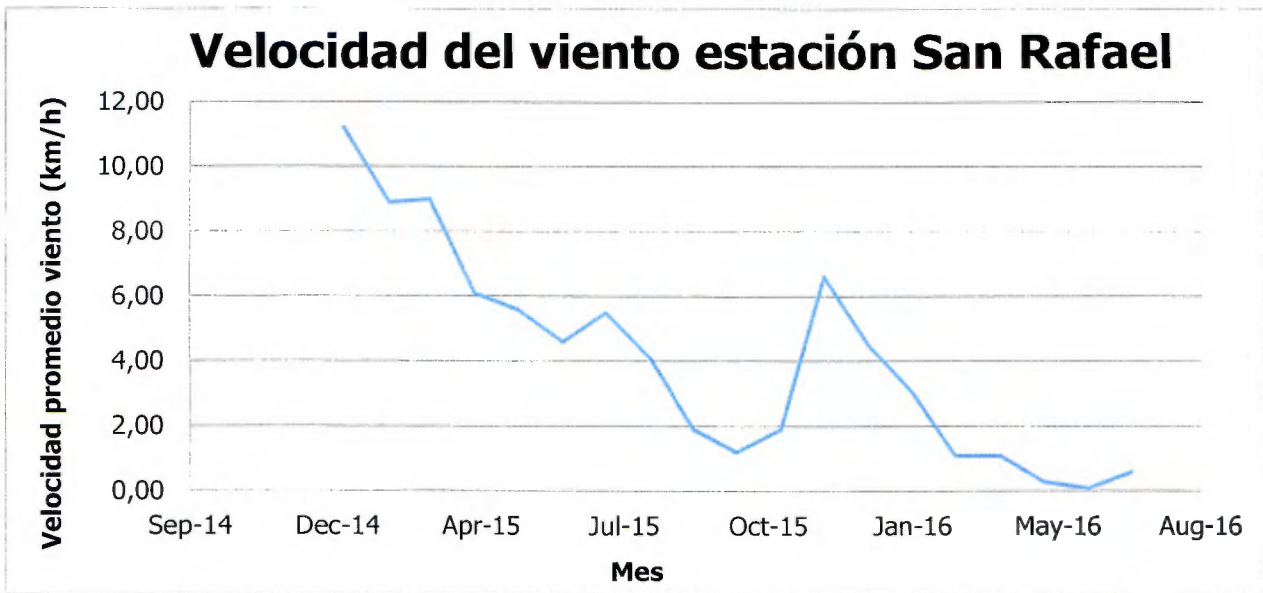


Figura II.28. Velocidad del viento en la parte alta de Abangares

Como se puede observar, el mes de enero de 2015 y diciembre de 2016 fueron donde se registraron velocidades del viento más fuertes, dentro del análisis realizado. Por lo que se determina que los meses con vientos más fuertes son los de enero y diciembre.

Otro parámetro importante por estudiar es la evapotranspiración. Esta es la cantidad de agua que permanece en el suelo pero regresa a la atmósfera debido a la evaporación de la misma y la transpiración de las plantas.

En la siguiente imagen se puede apreciar que en la parte alta de La Sierra de Abangares la evapotranspiración anual es desde 1500 mm hasta 1600 mm aproximadamente.

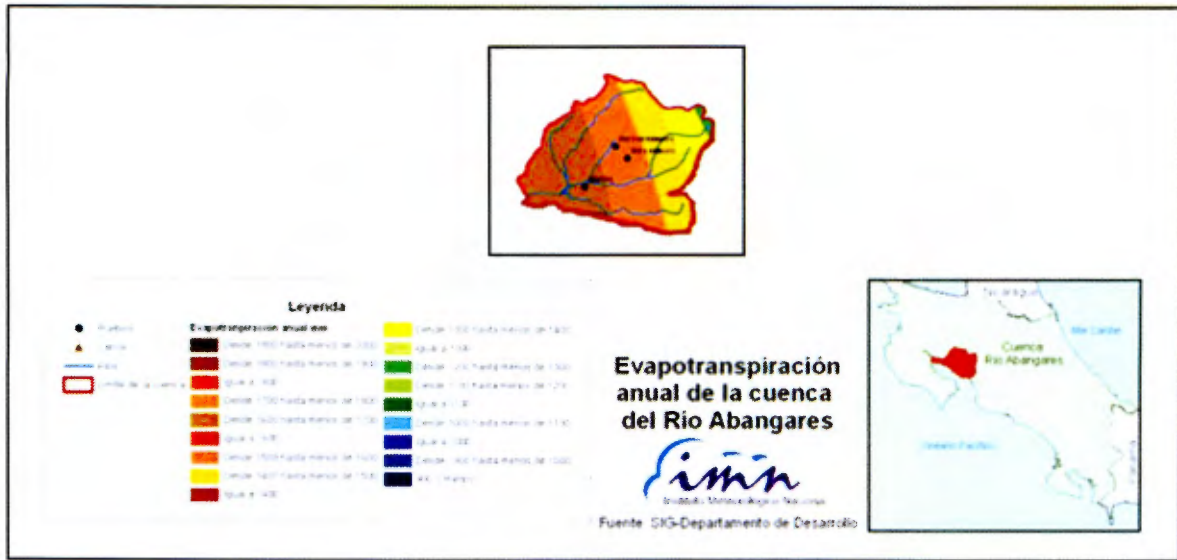


Figura II.29. Precipitación media anual de la cuenca del Río Abangares

Fuente: Rojas, 2011

Modificado por: Quirós, 2016

El último aspecto climático en estudio es el brillo solar. A continuación se presenta el brillo solar de la parte alta de la cuenca del Río Abangares.



Figura II.30. Brillo solar anual de la cuenca del Río Abangares

Fuente: Rojas, 2011

Modificado por: Quirós, 2016

El brillo solar de las comunidades de Candelaria y Campos de Oro, San Rafael y La Cruz es de 5 a 6 horas, mientras que el de Tres Amigos es de 6 a 7 horas aproximadamente.

Con la información climatológica mostrada previamente, se puede observar que los meses de agosto, setiembre y octubre son los más lluviosos, lo que se determina que el agua en estos meses puede sobrar o bien no hacer tanta falta como en los meses más secos.

En los meses de febrero a julio, son los meses más calientes y donde hay mayor cantidad de horas de brillo solar. En estos meses las personas tienen a consumir más agua, lo que puede ocasionar mayor desperdicio de agua.

Por otra parte, es importante destacar que la evapotranspiración en la zona es relativamente alta, esta llega hasta valores de 1600 mm anuales por lo que se infiere que gran cantidad de agua que llega de la lluvia, ríos o nacientes puede permanecer en el suelo.

En cuanto a las áreas de protección, se puede observar que la zona este de la parte alta de la cuenca del Río Abangares está protegida. No obstante, al haber tanta vegetación en la zona se debería de controlar de mejor manera, ya que la mayor cantidad de acuíferos se encuentran al suroeste de la cuenca en estudio.

2.4 Aspectos socio-económicos

La parte alta de Abangares se dedica principalmente a la agricultura. También desempeñan labores domésticas, educativas, ventas y en la zona de Tres Amigos aún trabajan en la minería artesanal. Para efectos de este trabajo, la población que se está estudiando son las que habitan en las comunidades de Tres Amigos, Candelaria y Campos de Oro, San Rafael y La Cruz, para un total de 1257 habitantes, de acuerdo con los datos del Ebais de San Rafael, para el último período del año 2015. A continuación se muestra un cuadro con las cantidades de hombres y mujeres que viven en cada una de las comunidades:

Cuadro II.5. Población de las comunidades en estudio

Población	Hombres	Mujeres	Total
Tres Amigos	114	108	222
Candelaria y Campos de Oro	214	190	404
San Rafael	212	214	426
La Cruz	108	97	205

Fuente: Caja Costarricense del Seguro Social, 2015

En el siguiente gráfico se puede apreciar de manera más sencilla la cantidad de personas que viven en cada comunidad:

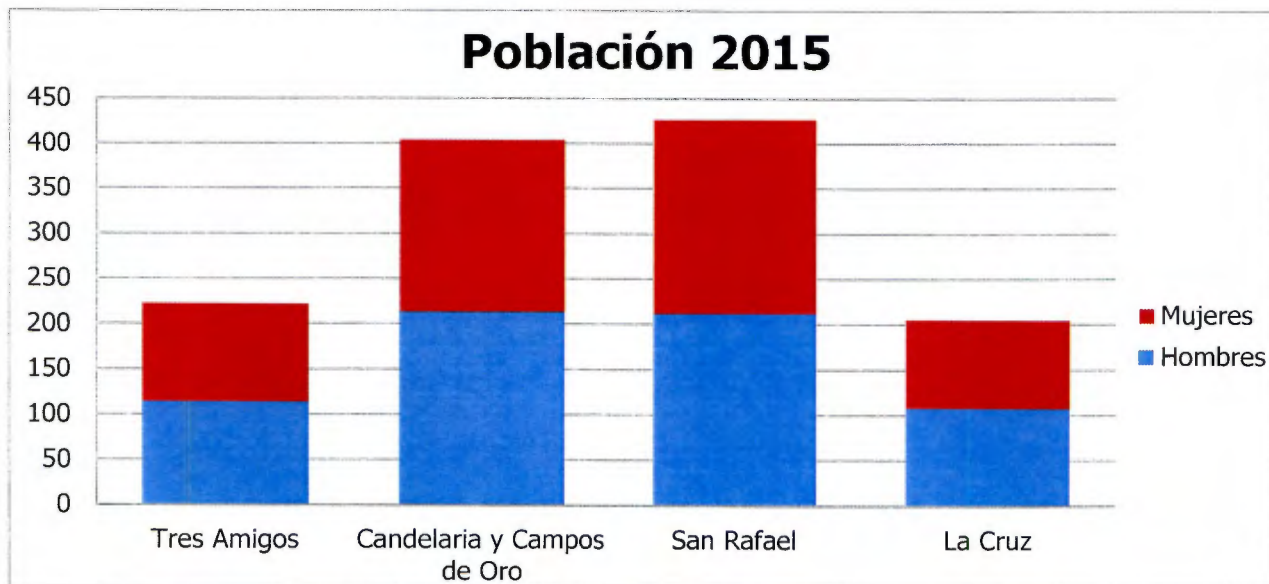


Figura II.31. Población según género

Como se puede apreciar, la mayor cantidad de personas viven en San Rafael, seguido por las comunidades de Candelaria y Campos de Oro. Cabe destacar que estas últimas son dos comunidades, pero para efectos de este estudio se evaluarán en conjunto, ya que ambas son abastecidas por el mismo acueducto de agua potable.

Por medio de colaboradores del Ebais de San Rafael, el área de Enfermería, se determina la información que se muestra a continuación. Esta se evalúa para evaluar el bienestar social de la población y posibles fuentes de contaminación en el área de estudio.

Cuadro II.6. Viviendas visitadas en cada comunidad

Localidad	Total de viviendas	Viviendas		
		Habitadas		Deshabitadas
		Visitadas	No visitadas	
Total	351	295	10	46
Tres Amigos	76	62	3	11
Candelaria y Campos de Oro	122	103	2	17
San Rafael	176	143	5	28
La Cruz	56	50	2	4

Fuente: Caja Costarricense del Seguro Social, 2015

De acuerdo con la información suministrada por el Ebais, las comunidades tienen la siguiente cantidad de viviendas: Tres Amigos 76, Candelaria y Campos de Oro 43, San Rafael 176 y La Cruz 56 viviendas, para un total de 351 viviendas que formaron parte del estudio.

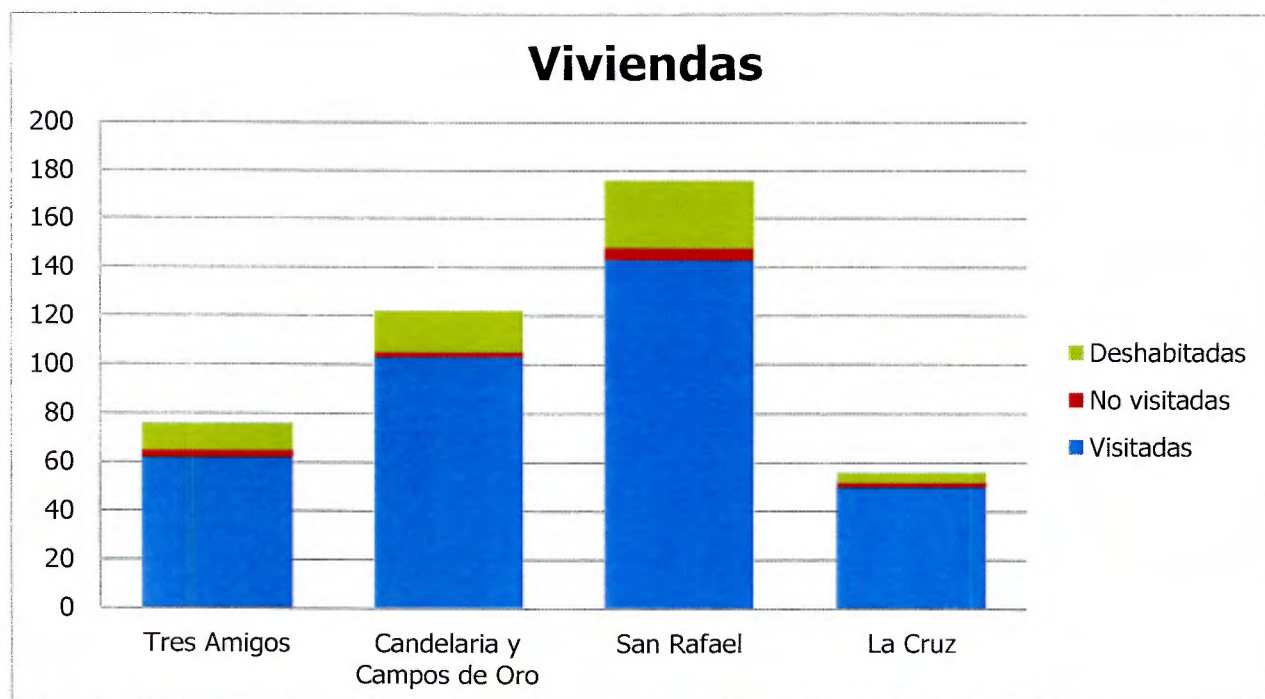


Figura II.32. Viviendas visitadas en cada comunidad

De las viviendas que se evaluaron que estaban habitadas en el momento de las encuestas, se obtuvieron las cantidades que se muestran en el siguiente cuadro, de viviendas según su condición física.

Cuadro II.7. Condición de las viviendas habitadas

Localidad	Condición de la viviendas habitadas		
	Buena	Regular	Mala
Total	281	17	7
Tres Amigos	52	8	5
Candelaria y Campos de Oro	109	3	3
San Rafael	141	5	2
La Cruz	50	2	0

Fuente: Caja Costarricense del Seguro Social, 2015

En la siguiente figura se puede observar que la mayor cantidad de las viviendas de cada comunidad se encuentran en buenas condiciones; solamente el 7,87% de las viviendas se encuentran en estado regular a malo, en la totalidad de las comunidades en estudio.

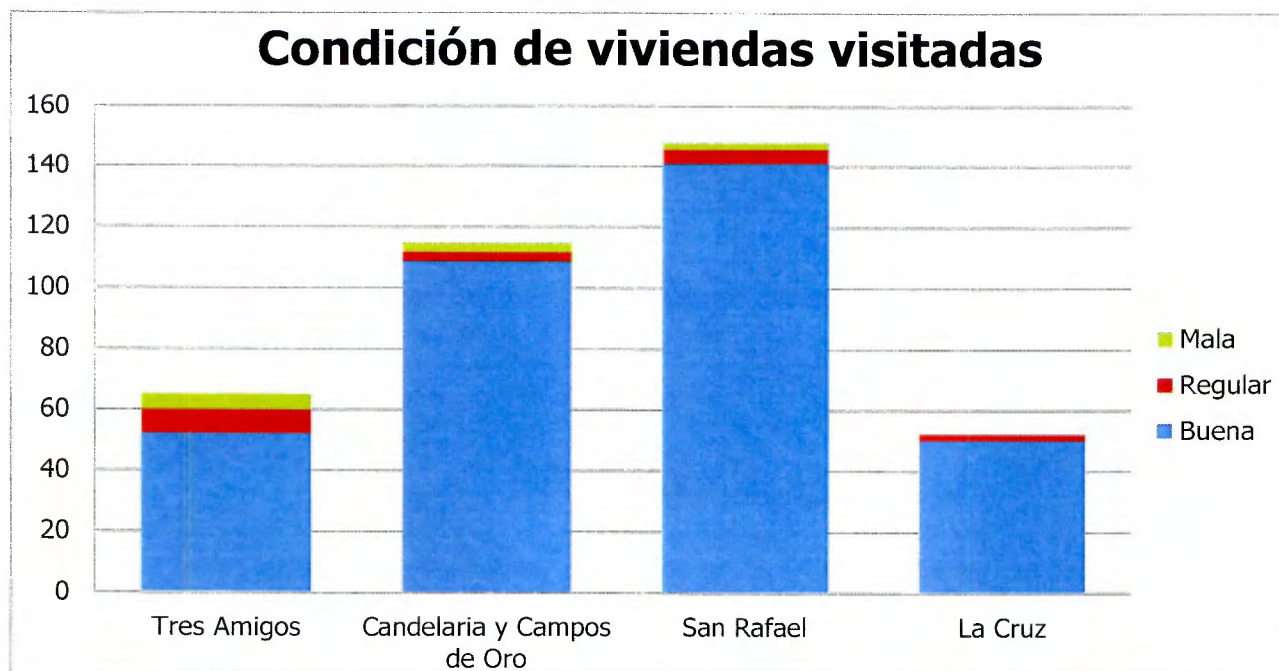


Figura II.33. Condición de las viviendas visitadas

Una manera para poder determinar el bienestar económico de la población es evaluando si las viviendas son alquiladas, prestadas o bien propias. En el siguiente cuadro se puede observar esta información:

Cuadro II.8. Tenencia de las viviendas visitadas

Localidad	Tenencia de las viviendas visitadas		
	Propia	Alquilada	Prestada
Total	272	23	14
Tres Amigos	58	5	2
Candelaria y Campos de Oro	104	7	14
San Rafael	127	13	8
La Cruz	51	3	2

Fuente: Caja Costarricense del Seguro Social, 2015

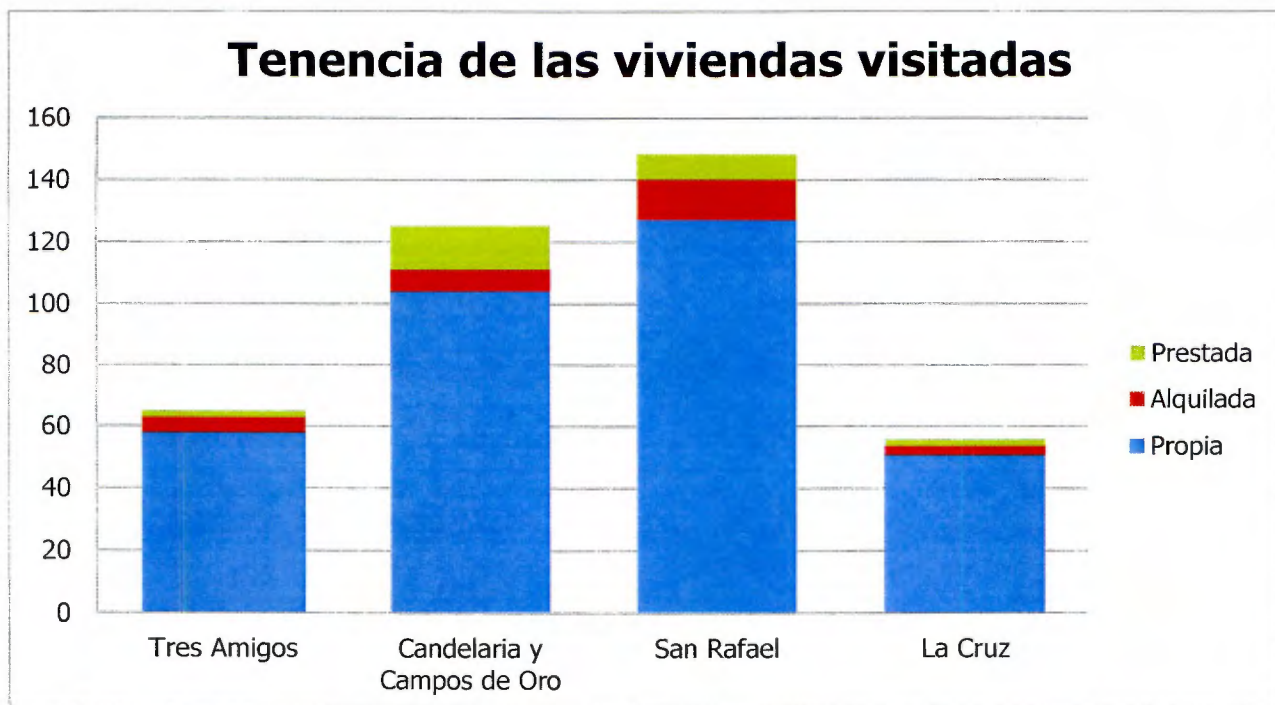


Figura II.34. Tenencia de las viviendas

Como se puede apreciar en la parte alta de Abangares, la mayor parte de las viviendas son propias, no obstante existe un 7,44% de la población que vive en viviendas alquiladas y un 4,53% prestadas.

En el cuadro que se presenta a continuación se puede apreciar la disposición de las excretas y desechos.

Cuadro II.9. Disposición de las excretas y desechos

Localidad	Disposición de excretas		Disposición de desechos		
	Letrina	Tanque Séptico	Recolección pública	Enterrado	Quemado
Total	3	302	294	3	8
Tres Amigos	2	63	54	3	8
Candelaria y Campos de Oro	4	121	108	9	8
San Rafael	1	147	148	0	0
La Cruz	0	52	52	0	0

Fuente: Caja Costarricense del Seguro Social, 2015

Se determina que para el año 2015 la mayoría de las viviendas utilizaban tanques sépticos, menos del 1% utilizan letrinas. En cuanto a la disposición de desechos, el 96% de los desechos son recogidos de forma pública, mientras 1% se entierra y 3% es quemado aproximadamente.

En cuanto a la población, se puede observar en el siguiente gráfico que tiene un comportamiento gaussiano. Donde la mayor cantidad de personas tienen de 20 a 44 años.

Además, se aprecia que entre los 10 y 19 años la mayoría de la población tiene un trabajo ocasional o son desempleados. Entre los 20 a 59 años, la mayoría de personas tienen un trabajo permanente u ocasional. Por último, la mayor parte de la población que va desde los 60 años en adelante, tienen un trabajo ocasional, están desempleados o probablemente pensionados.

Cuadro II.10. Condición laboral de la población de acuerdo a las edades

Localidad	10 a 14 años			15 a 19 años			20 a 44 años			45 a 59 años			60 a 64 años			65 años y más			Sub-totales				Totales
	Permanente	Ocasional	Desempleado	Permanente	Ocasional	Desempleado	Permanente	Ocasional	Desempleado	Permanente	Ocasional	Desempleado	Permanente	Ocasional	Desempleado	Permanente	Ocasional	Desempleado	Permanente	Ocasional	Desempleado	Pensionados	
Tres Amigos	0	11	8	4	24	5	20	51	11	11	22	6	0	10	4	0	11	8	37	133	42	10	222
Candelaria y Campos de Oro	0	15	6	7	25	30	44	86	37	28	43	19	2	12	0	0	19	13	81	200	105	18	404
San Rafael	0	16	34	4	24	32	68	34	51	38	37	34	8	24	16	14	29	38	132	78	205	11	426
La Cruz	0	24	20	11	20	20	22	28	14	15	28	8	0	9	0	0	9	3	48	79	65	12	204

Fuente: Caja Costarricense del Seguro Social, 2015

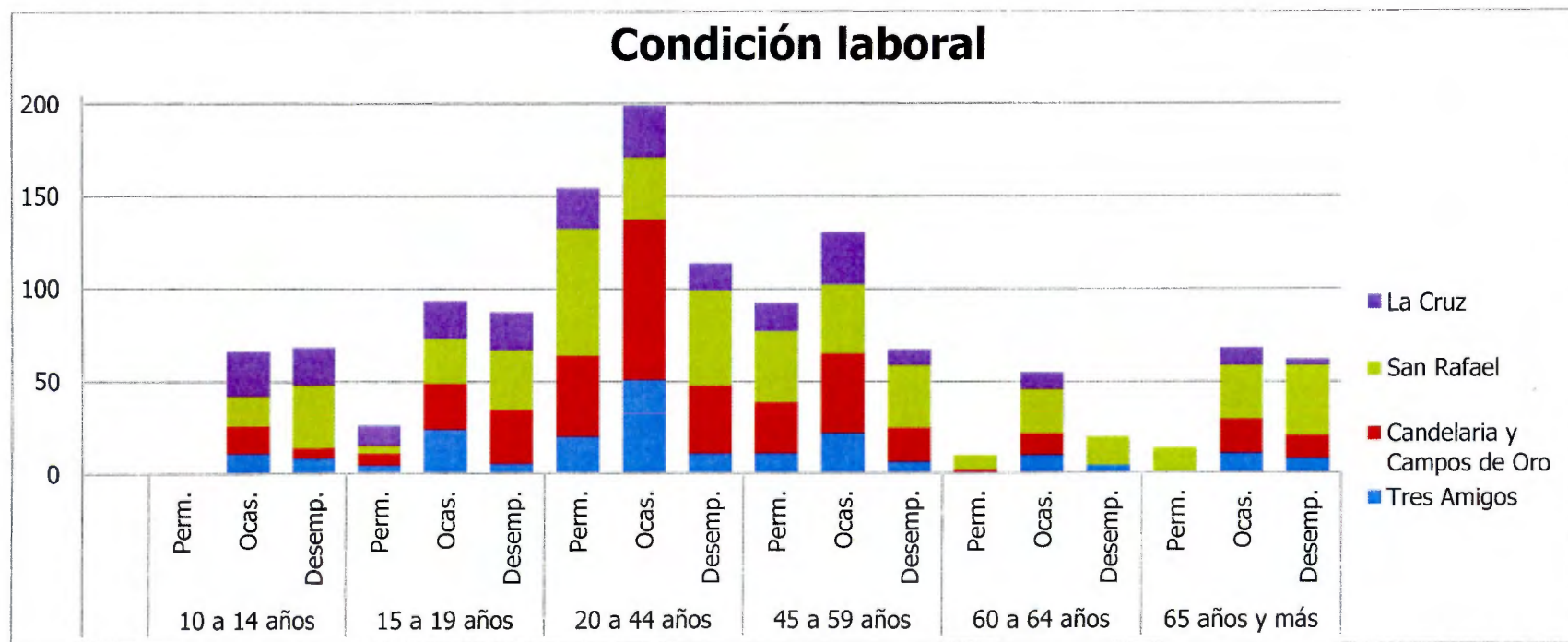


Figura II.35. Condición laboral

CAPÍTULO III. INFRAESTRUCTURA DE LOS ACUEDUCTOS

3.1 Comunidad Tres Amigos

3.1.1 Descripción de la infraestructura actual

El sistema de distribución de agua potable de la comunidad de Tres Amigos se abastece por dos nacientes, las cuales brindan agua a aproximadamente 222 personas (CCSS, 2015).

Esta red de distribución se encuentra al suroeste de la parte alta de la cuenca del Río Abangares, a una altura entre 514 m.s.n.m. y 950 m.s.n.m. El sistema incluye desde la captación del agua, conducción de la misma, almacenamiento y desinfección, de los cuales se hablará a continuación.

En la siguiente imagen se puede observar el levantamiento topográfico realizado para este documento. Cabe destacar que este se realizó con GPS y debido a las zonas boscosas, altas pendientes y dificultades climáticas tiene una incertidumbre de $\pm 5,0\text{m}$.

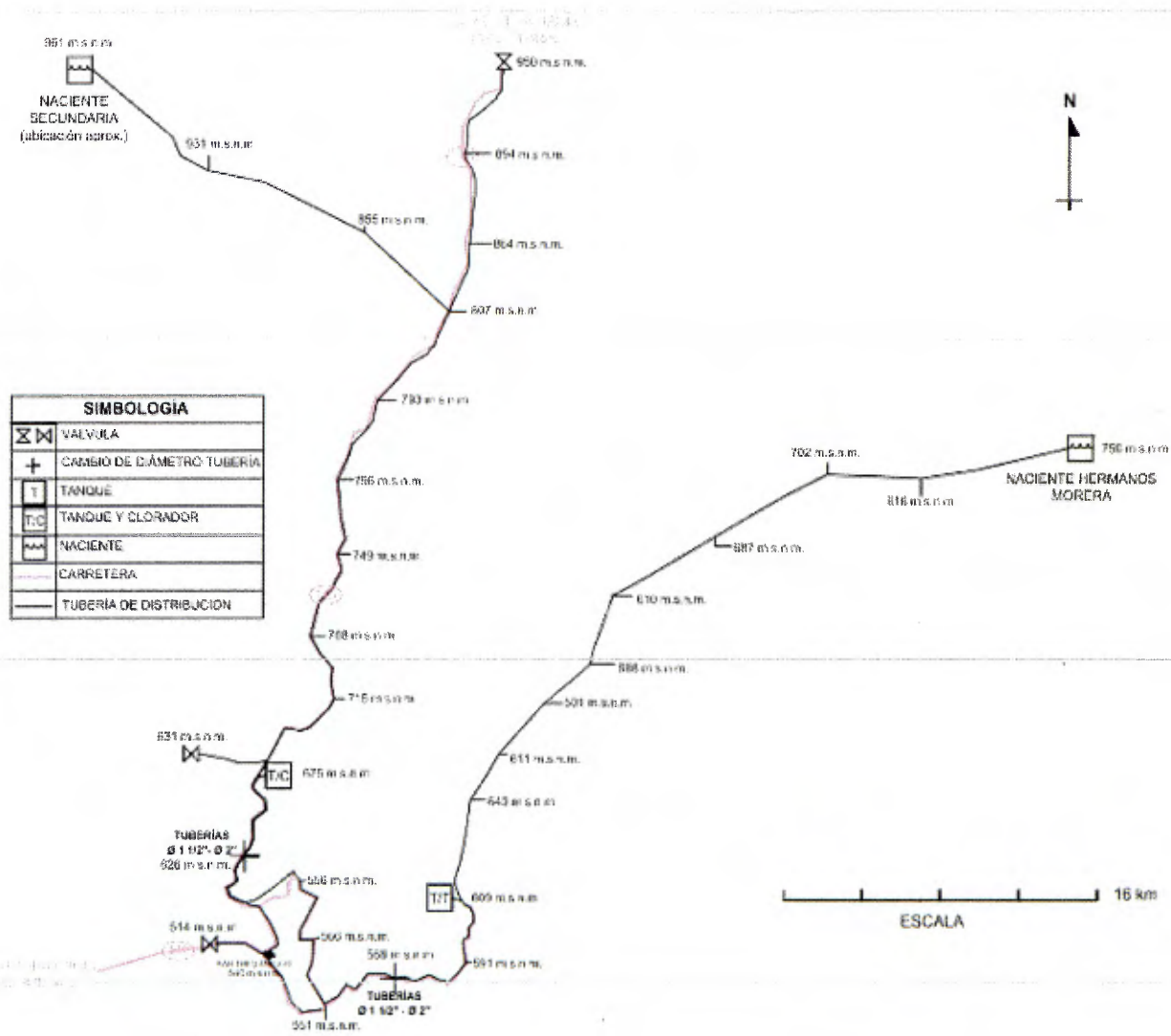


Figura III.36. Red de distribución de Tres Amigos

3.1.2 Captación

Zona de protección: Las captaciones de agua se encuentran en una zona protegida.

Tiene una cerca de protección alrededor de la toma: Las tomas no se encuentran protegidas con una cerca o un perímetro demarcado. No obstante, el acceso a las nacientes es de gran dificultad, se dura aproximadamente una hora y media caminando desde el último acceso en carro y solo se puede ir en época seca debido a las altas pendientes, vegetación y suelos sobresaturados.

Por otra parte solo aproximadamente tres personas conocen el camino dentro de la montaña, por lo que es poco probable que personas particulares lleguen a las nacientes. Además, se debe considerar que al ser una zona boscosa los animales pueden llegar fácilmente a la naciente, por lo que es recomendable tener un perímetro de seguridad. Es importante mencionar que no se cuenta con levantamiento del sitio.

Estructura de captación: La captación está construida con concreto. En la siguiente figura se aprecia la captación utilizada en la comunidad de Tres Amigos conocida como Hermanos Morera.

Material y diámetro de las tuberías: Las tuberías utilizadas en el sistema de distribución de agua potable son de PVC de 2" o 50 mm.



Figura III.37. Captación de Tres Amigos

3.1.3 Aforos

Los aforos que se presentan a continuación son el promedio de varias pruebas que se realizaron en la naciente, con un recipiente de 15L y con el 100% del agua captada, para las dos épocas del año en estudio, estos resultados son los siguientes:

Cuadro III.11. Aforos realizados en la comunidad de Tres Amigos

Aforos	Volumen del recipiente (l)	Tiempo de llenado (s)	Resultados de aforos (l/s)	Promedio (l/s)
Época seca (l/s)	15	3,2	4,7	4,7
		3,1	4,8	
		2,9	5,2	
		3,4	4,4	
Época lluviosa (l/s)	15	2,7	5,6	5,1
		2,9	5,2	
		3,0	5,0	
		3,2	4,7	

3.1.4 Conducción

El agua se lleva por medio de una tubería de 50 mm (2") por gravedad a dos tanques de plástico, los cuales se detallarán más adelante. De estos tanques el agua se lleva con tubería de 50 mm hasta el tanque de concreto, donde es clorada para desinfectarla. Posteriormente el agua se moviliza por tuberías de 40 mm (1 ½") y 25 mm (1") al resto de la comunidad.

Material de las tuberías y diámetros:

- Tubería de PVC de 50 mm (2"): 7 706,62 m
- Tubería de PVC de 40 mm (1 ½"): 7 075,57 m
- Total de conducción: 14 782,19 m

Tubería enterrada, semienterrada o descubierta: Las tuberías en distintos puntos de la red se encuentra enterrada y semienterrada principalmente; no obstante, hay zona de la misma que se encuentra descubierta, tal y como se aprecia a continuación.



Figura III.38. Tubería descubierta de Tres Amigos

Tiene respiraderos: La red cuenta con algunos respiraderos (válvulas de purga de aire) en su trayecto.

Tienen válvulas en algunos puntos: El sistema de distribución de agua cuenta con válvulas en algunos puntos (ver esquema)

3.1.5 Almacenamiento

Tal y como ya se comentó, el acueducto de Tres Amigos cuenta con tres tanques de almacenamiento, dos de plástico y uno de concreto, como se aprecia en las siguientes imágenes.



Figura III.39. Tanques de plástico de la comunidad de Tres Amigos

Como se puede apreciar en la figura anterior, los tanques no cuentan con una acera ni un acceso apropiado para darle el mantenimiento. Además, no cuenta con un perímetro cerrado con una malla o similar, lo que hace que en la época lluviosa, los asentamientos informales, conocidos comúnmente como precarios, que no tienen agua ni luz, utilizan el agua que se rebasa del tanque.



Figura III.40. Tanque de concreto de la comunidad de Tres Amigos

Tal como se muestra en la figura anterior, el tanque cuenta con una acera, no obstante no cumple con las dimensiones mínimas de 2,1 m. El lote donde se ubica el tanque cuenta con un cerramiento perimetral de alambre y la tapa del mismo tiene un candado, por lo que se determina que es seguro y de difícil acceso para particulares.

En el siguiente cuadro se mencionan las especificaciones de los tanques de la comunidad de Tres Amigos.

Cuadro III.41. Detalles de los tanques de Tres Amigos

Característica	Tanques de plástico	Tanque de concreto
Dimensiones	Diámetro de 2,32m	3,0m x 3,0m
Profundidad/Altura	2,72m	2,0m
Volumen	11,5m ³	18,0m ³
Elevación	610 m.s.n.m.	929 m.s.n.m.
Material	Plástico	Concreto
Dimensiones de tapa de acceso	Diámetro de 50cm	70cm x 70cm
Mantenimiento	Limpio y sin daños	Acabado en cerámica, sin daños
Nivel de la tubería de entrada	2,72m	2,0m
Material y diámetro de la tubería de entrada	Tubería de PVC de 50 mm (2")	Tubería de PVC de 50 mm (2")
Nivel de la tubería de salida	10cm desde la base de los tanques	20cm desde la base del tanque
Material y diámetro de la tubería de salida	Tubería de PVC de 50 mm (2")	Tubería de PVC de 50 mm (2")
Nivel de la tubería de rebose	2,72m	2,0m
Material y diámetro de la tubería de rebose	Tubería de PVC de 50 mm (2")	Tubería de PVC de 50 mm (2")
Nivel de la tubería de limpieza	10cm desde la base de los tanques	20cm desde la base del tanque
Material y diámetro de la tubería de limpieza	Tubería de PVC de 50 mm (2")	Tubería de PVC de 50 mm (2")
Posee válvula en la entrada y en la salida	Sí	Sí
Tiene respiradero	Sí	Sí
Limpiezas	No	Una o dos veces al año
Posee pintura impermeabilizante o similar	No aplica	Está enchapado con cerámica en la parte externa
Acera mínima de 2,1m	No	No
Método de desinfección	No	Cloración con pastillas, una vez cada dos semanas

3.1.6 Desinfección

El agua se potabiliza por medio de una pastilla de hipoclorito de calcio que coloca en el cilindro de plástico Accu-Tab, ubicado en la parte superior del tanque de concreto, aproximadamente cada dos semanas. Es necesario que este sistema de desinfección funcione adecuadamente en todo momento, en dos de las visitas realizadas no estaba en funcionamiento por lo que el agua no estaba tratada correctamente.

3.2 Comunidad Candelaria y Campos de Oro

3.2.1 Descripción de la infraestructura actual

El sistema de distribución de agua potable de las comunidades de Candelaria y Campos de Oro se ve abastecido por dos nacientes que se encuentran a una altura de 991m.s.n.m. y 1012m.s.n.m. El agua se bombea hasta el tanque de almacenamiento que se encuentra a 1106m.s.n.m. Luego el agua viaja por gravedad a las comunidades, los cuales son 105 abonados aproximadamente.

A continuación se presenta el levantamiento topográfico del acueducto de Candelaria y Campos de Oro.

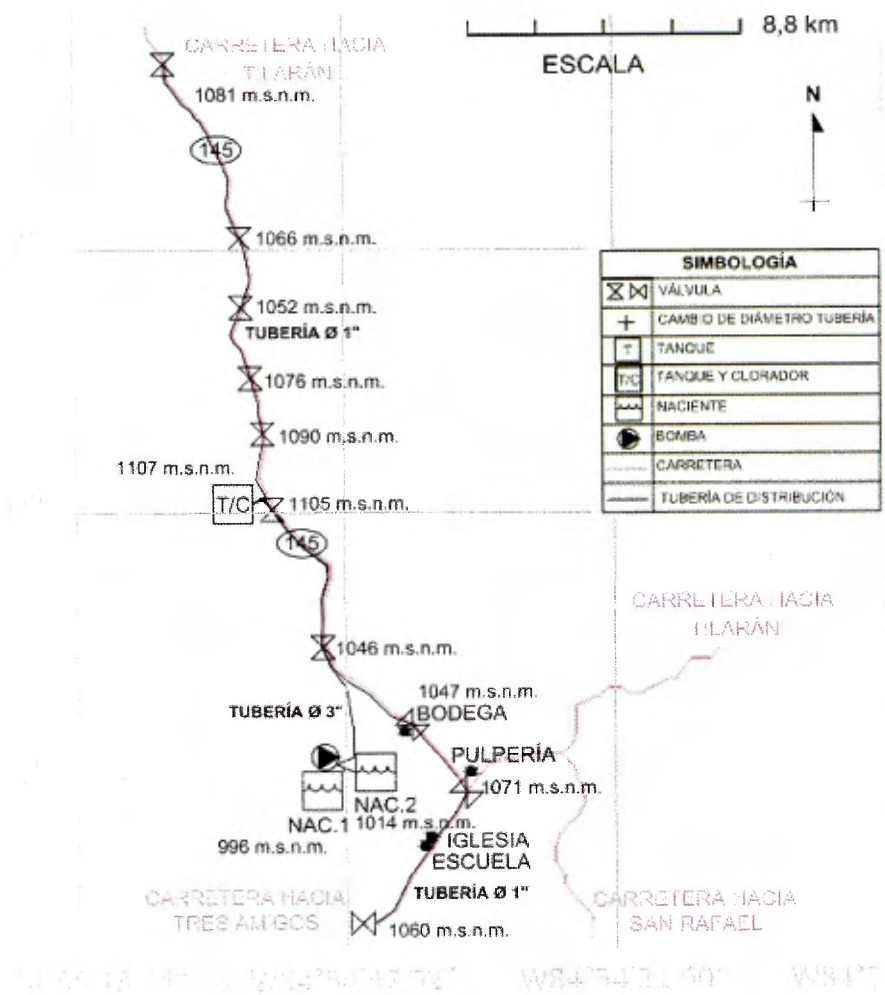


Figura III.42. Red de distribución de Candelaria y Campos de Oro

3.2.2 Captación

Zona de protección: las nacientes no se encuentran en zona de protección

Tiene una cerca de protección alrededor de la toma: no

Estructura de captación: de concreto, en buen estado

Material y diámetro de las tuberías: tuberías de 80 mm (3") de PVC

Otros: las captaciones de Candelaria y Campos de Oro se encuentran en muy buen estado, en las siguiente fotografías se puede observar la infraestructura de las mismas



Figura III.43. Naciente 1 de Candelaria y Campos de Oro



Figura III.44. Naciente 2 de Candelaria y Campos de Oro

3.2.3 Aforos

Los aforos que se presentan a continuación son el promedio de varias pruebas que se realizaron en la Naciente 1, con un recipiente de 15L y con el 100% del agua captada, para las dos épocas del año en estudio, estos resultados son los siguientes:

Cuadro III.45. Aforos realizados en la comunidad de Candelaria y Campos de Oro

Aforos	Volumen del recipiente (l)	Tiempo de llenado (s)	Resultados de aforos (l/s)	Promedio (l/s)
Época seca (l/s)	15	2,5	6,0	6,2
		2,3	6,5	
		2,4	6,3	
		2,4	6,3	
Época lluviosa (l/s)	15	1,8	8,3	7,5
		2,1	7,1	
		2,2	6,8	
		1,9	7,9	

3.2.4 Sistema de bombeo

La bomba se encuentra a una profundidad de 15m aproximadamente, el agua debe ser bombeada 1,15 km aproximadamente hasta el tanque de almacenamiento. A continuación se presenta información de la bomba:

Marca: Pentair

Modelo: PS50-T50-25-01

Voltaje (V): 220V

Potencia (HP): 1 HP

Mantenimiento de la bomba: únicamente se le da mantenimiento correctivo a la bomba, cuando esta se daña o no funciona de forma adecuada

Tiempo de uso: 8 años

Otros: la bomba está encendida 24 horas al día y solo se apaga cuando se requiere mantenimiento en alguna parte de la red. Lo anterior no es recomendable, por lo que se debe dar un mejor mantenimiento a la bomba.

3.2.5 Conducción

Material de las tuberías y diámetros:

- Tubería de PVC de 80 mm (3"): 1 150,11 m

- Tubería de PVC de 25 mm (1"): 3 471,41 m

- Total de conducción: 4 621,52 m

Tubería enterrada, semienterrada o descubierta: la tubería se encuentra enterrada en la mayor parte de la conducción y semienterrada en unas pequeñas partes

Tiene respiraderos: sí, posee válvulas de purga de aire

Tienen válvulas en algunos puntos: sí, ver esquema de la red de distribución

Otros: en la siguiente figura se muestran los estados actuales de las cajas de registro donde se encuentra las válvulas de la conducción

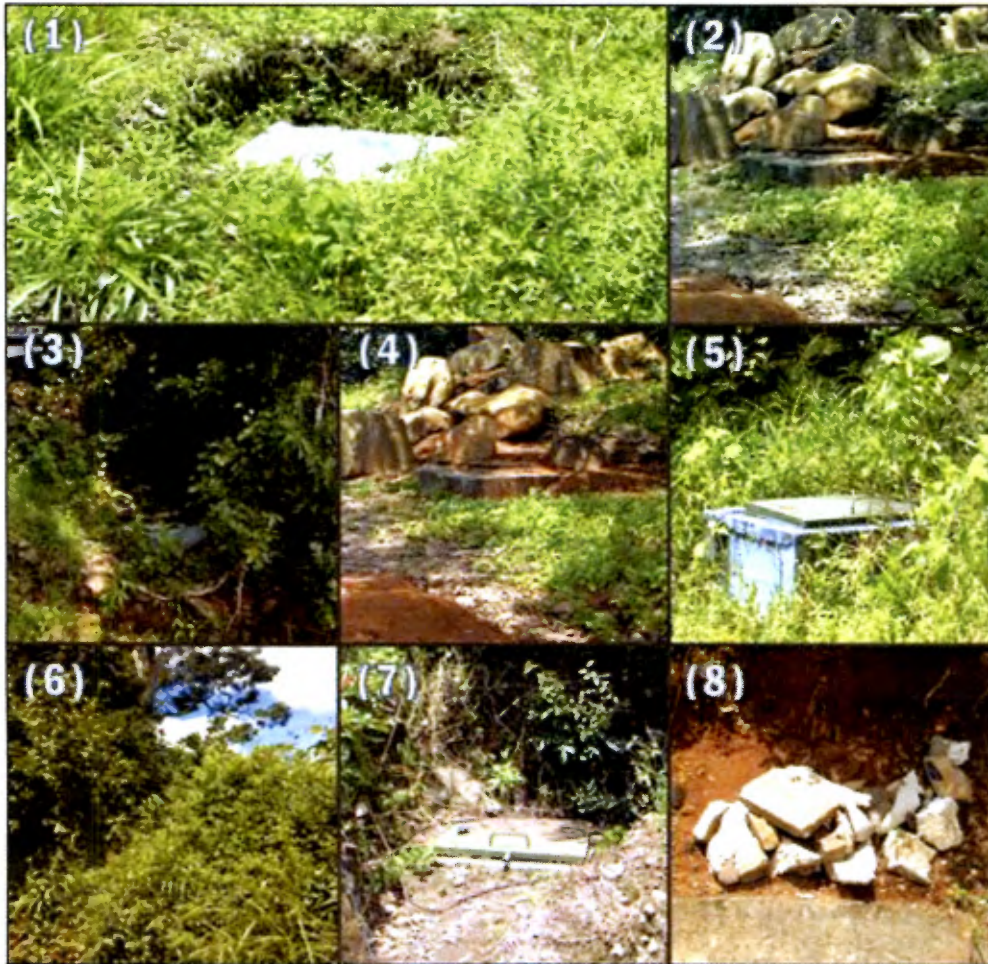


Figura III.46. Estado actual de las cajas de registro de Candelaria y Campos de Oro

Como se puede apreciar en la figura anterior, la mayor parte de las cajas de registro e encuentran en buen estado, con una estructura de concreto y una tapa metálica con agarradera y en algunos casos un candado. No obstante, como se puede apreciar en la fotografía (6), la caja de registro se encuentra escondida dentro de la vegetación, por lo que hace difícil el acceso a la misma.

En la última fotografía, se puede observar que hay una acumulación de rocas y escombros alrededor de donde se ubica una válvula, esta debe ser modificada por una caja de registro para un mejor mantenimiento y protección.

3.2.6 Almacenamiento

En la siguiente imagen se observa el tanque de almacenamiento de Candelaria y Campos de Oro.



Figura III.47. Tanque de almacenamiento de Candelaria y Campos de Oro

El terreno se encuentra rodeado por vegetación y un cerramiento perimetral por lo que el acceso de los animales es difícil. Las personas pueden ingresar fácilmente al mismo, pero el acceso al tanque es restringido, ya que cuenta con un candado de seguridad. En el siguiente cuadro, se aprecian las especificaciones del tanque.

Cuadro III.48. Detalles de los tanques de Candelaria y Campos de Oro

Característica	Tanque de concreto
Dimensiones	3,2m x 5,6m
Profundidad/Altura	2,5m
Volumen	44,8 m ³
Elevación	1106 m.s.n.m.
Material	Concreto
Dimensiones de tapa de acceso	60cm x 60cm
Mantenimiento	Limpio, falta de pintura en algunas partes
Nivel de la tubería de entrada	2,72m
Material y diámetro de la tubería de entrada	Tubería de PVC de 50 mm (2")
Nivel de la tubería de salida	20cm desde la base de los tanques
Material y diámetro de la tubería de salida	Tubería de PVC de 50 mm (2")
Nivel de la tubería de rebose	No
Material y diámetro de la tubería de rebose	No aplica
Nivel de la tubería de limpieza	20cm desde la base de los tanques
Material y diámetro de la tubería de limpieza	Tubería de PVC de 80 mm (3")
Posee válvula en la entrada y en la salida	Sí
Tiene respiradero	Sí
Limpiezas	Una vez al mes, aproximadamente
Posee pintura impermeabilizante o similar	Tiene pintura en la parte externa
Acera mínima de 2,1m	No
Método de desinfección	Cloración con pastillas, dos pastillas cada ocho días

3.2.7 Desinfección

El agua se potabiliza por medio de una pastilla de hipoclorito de calcio que coloca en el cilindro de plástico Accu-Tab, ubicado en la parte superior del tanque de concreto, aproximadamente con dos pastillas cada ocho días. Es necesario que este sistema de desinfección funcione adecuadamente en todo momento, en dos de las visitas realizadas no estaba en funcionamiento por lo que el agua no estaba tratada correctamente.

3.3 Comunidad San Rafael

3.3.1 Descripción de la infraestructura actual

Actualmente la ASADA cuenta con convenio de delegación y cobran las tarifas reguladas por el ARESEP. Por otra parte, de acuerdo con una entrevista con el señor Aparicio Picado, el agua se debe de racionalizar en la época seca, una posible razón es que algunas personas no concientizan la escasez del agua y la desperdicia sin control alguno. Durante la época lluviosa suelen necesitar cambiar algunas tuberías, ya que la presión del agua es muy fuerte.

El servicio de agua se brinda a 195 personas aproximadamente, y cuentan con 213 medidores, ya que algunas personas tienen más de un medidor. El agua que abastece a esta comunidad viaja de la naciente a un tanque de concreto que se ubica cercano a la misma, de ahí se transporta por medio de tuberías de hierro y de PVC a otro tanque, donde el rebalse se almacena en un tanque de plástico. Luego es transportada al resto de la comunidad de San Rafael, como se describirá más adelante.

El acueducto se encuentra entre 993 m.s.n.m. y 1331 m.s.n.m. aproximadamente. En la siguiente figura se observa el esquema de la red.

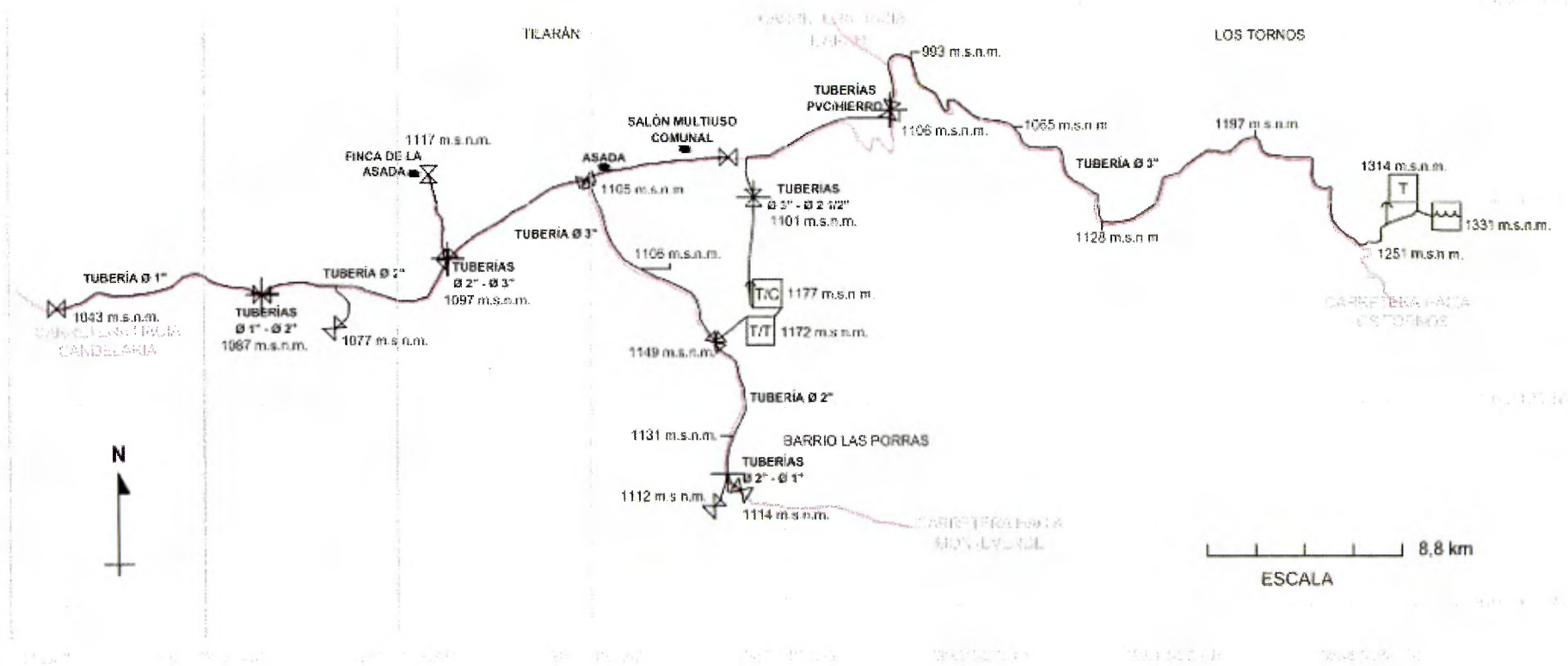


Figura III.49. Red de distribución de Candelaria y Campos de Oro

3.3.2 Captación

Zona de protección: No

Tiene una cerca de protección alrededor de la toma: No

Estructura de captación: en concreto, las tapas de registro son de concreto y presentan una forma irregular por lo que se puede meter basura, el terreno alrededor del mismo se está erosionando por el agua de precipitaciones



Figura III.50. Captación de San Rafael

Material y diámetro de las tuberías: tuberías de 100 mm o bien 4" de hierro y de PVC

Otros: el acceso al terreno donde se encuentra a la naciente es sencillo y las tapas de registro no cuentan con candados de seguridad.

3.3.3 Aforos

Los aforos que se presentan a continuación son el promedio de varias pruebas que se realizaron en la Naciente, con un recipiente de 15L y con el 100% del agua captada, para las dos épocas del año en estudio, estos resultados son los siguientes:

Cuadro III.51. Aforos realizados en la comunidad de San Rafael

Aforos	Volumen del recipiente (l)	Tiempo de llenado (s)	Resultados de aforos (l/s)	Promedio (l/s)
Época seca (l/s)	15	2,6	5,8	5,8
		2,4	6,3	
		2,6	5,8	
		2,8	5,4	
Época lluviosa (l/s)	15	2,3	6,5	6,3
		2,3	6,5	
		2,5	6,0	
		2,3	6,5	

3.3.4 Conducción

Material de las tuberías y diámetros:

- Tuberías de hierro de 100 mm (3"): 2 765,07 m
- Tuberías de PVC de 100 mm (3"): 1 971,7 2m
- Tuberías de PVC de 50 mm (2"): 1 816,19 m
- Tuberías de PVC de 25 mm (1"): 1 921,50 m
- Total de tuberías de hierro: 2 765,07 m
- Total de tuberías de PVC: 5 109,41 m
- Total de conducción: 7 874,48 m

Tubería enterrada, semienterrada o descubierta: la conducción tiene tuberías enterradas a una profundidad máxima de 90cm, en algunas partes está completamente descubierta y no posee una estructura de apoyo adecuada, como se aprecia en la siguiente figura.



Figura III.52. Tubería descubierta de San Rafael

Tiene respiraderos: la conducción presenta respiraderos en algunos puntos

Tienen válvulas en algunos puntos: sí, ver esquema de la red de distribución

3.3.5 Almacenamiento

San Rafael cuenta con solo una naciente para abastecer a la población. Cercana a la naciente cuentan con un tanque de concreto de 2,85m x 2,89m y por 1,50m de altura. Además, tienen un tanque de concreto de 5,05m x 6,10m por 1,50m de altura y otro tanque cilíndrico de plástico de 10 m³, que sirve como rebalse; el sistema funciona por gravedad, no requieren de ningún bombeo. Este tanque lo lavan cada mes y medio con cloro, y notifican a la comunidad para que no consuman agua. Se recomienda el uso de un medidor de cloro residual para determinar si el agua presenta valores admisibles de cloro.

A continuación se muestran los tanques de la comunidad de San Rafael:



Figura III.53. Tanque de concreto por la naciente de San Rafael



Figura III.54. Tanque de concreto de San Rafael



Figura III.55. Tanque de cilíndrico de plástico de San Rafael

Cabe mencionar que el tanque de plástico que se utiliza como rebalse, se encuentra en la parte superior de una loma la cual se ha ido erosionando por causa de la lluvia y de algunas ocasiones que se ha abierto la llave que se aprecia en la figura anterior.

A continuación se muestra un resumen de los tanques de almacenamiento de San Rafael.

Cuadro III.56. Detalles de los tanques de San Rafael

Característica	Tanques de concreto por la naciente	Tanque de concreto principal	Tanque de plástico de rebalse
Dimensiones	2,85m x 2,89m	5,05m x 6,10m	Diámetro de 2,32m
Profundidad/Altura	1,50 m	1,50 m	2,72m
Volumen	12,35 m ³	46,21 m ³	11,5m ³
Elevación	1314 m.s.n.m.	1176 m.s.n.m.	1173 m.s.n.m.
Material	Concreto	Concreto	Plástico
Dimensiones de tapa de acceso	60cm x 60cm	70cm x 70cm	Diámetro de 50cm
Mantenimiento	Limpio y sin daños	Limpio y sin daños	Limpio y sin daños
Nivel de la tubería de entrada	1,30m	1,30m	2,72m
Material y diámetro de la tubería de entrada	Tubería de hierro de 100 mm (3")	Tubería de PVC de 65 mm (2 1/2")	Tubería de PVC de 65 mm (2 1/2")
Nivel de la tubería de salida	10cm desde la base de los tanques	10cm desde la base del tanque	2,0cm desde la base del tanque
Material y diámetro de la tubería de salida	Tubería de hierro de 100 mm (3")	Tubería de PVC de 65 mm (2 1/2")	Tubería de PVC de 65 mm (2 1/2")
Nivel de la tubería de rebose	1,30m	1,30m	2,72m
Material y diámetro de la tubería de rebose	Tubería de PVC de 100 mm (3")	Tubería de PVC de 65 mm (2 1/2")	Tubería de PVC de 65 mm (2 1/2")
Nivel de la tubería de limpieza	10cm desde la base del tanque	20cm desde la base del tanque	10cm desde la base del tanque
Material y diámetro de la tubería de limpieza	Tubería de PVC de 100 mm (3")	Tubería de PVC de 65 mm (2 1/2")	Tubería de PVC de 65 mm (2 1/2")
Posee válvula en la entrada y en la salida	Sí	Sí	Sí
Tiene respiradero	Sí	Sí	Sí
Limpiezas	Una vez al año	Una vez al mes	No
Posee pintura impermeabilizante o similar	Sí	Sí	No aplica
Acera mínima de 2,1m	No	No	No
Método de desinfección	No	Cloración con pastillas, una pastilla cada 8 días	No

3.3.6 Desinfección

El agua se potabiliza por medio de una pastilla de hipoclorito de calcio que coloca en el cilindro de plástico Accu-Tab, ubicado en la parte superior del tanque de concreto, aproximadamente cada dos semanas. Es necesario que este sistema de desinfección funcione adecuadamente en todo momento, en dos de las visitas realizadas no estaba en funcionamiento por lo que el agua no estaba tratada correctamente.

3.4 Comunidad La Cruz

3.4.1 Descripción de la infraestructura actual

La Cruz cuenta con dos captaciones; el sistema es por gravedad y solo requieren del uso de bombeo en los meses de marzo, abril y en algunas ocasiones en mayo. No deben racionalizar el agua por el momento pero deben tener algún plan a futuro, en caso de que la población siga en aumento, para no tener que racionar el servicio de agua.

Actualmente se da agua a 81 usuarios y se cobra la tarifa del ARESEP. Además cuentan con convenio de delegación.

La red de distribución de agua potable se encuentra a unas elevaciones entre 1373 m.s.n.m. y 1457 m.s.n.m. aproximadamente. En la siguiente figura se muestra el acueducto de la comunidad de La Cruz.

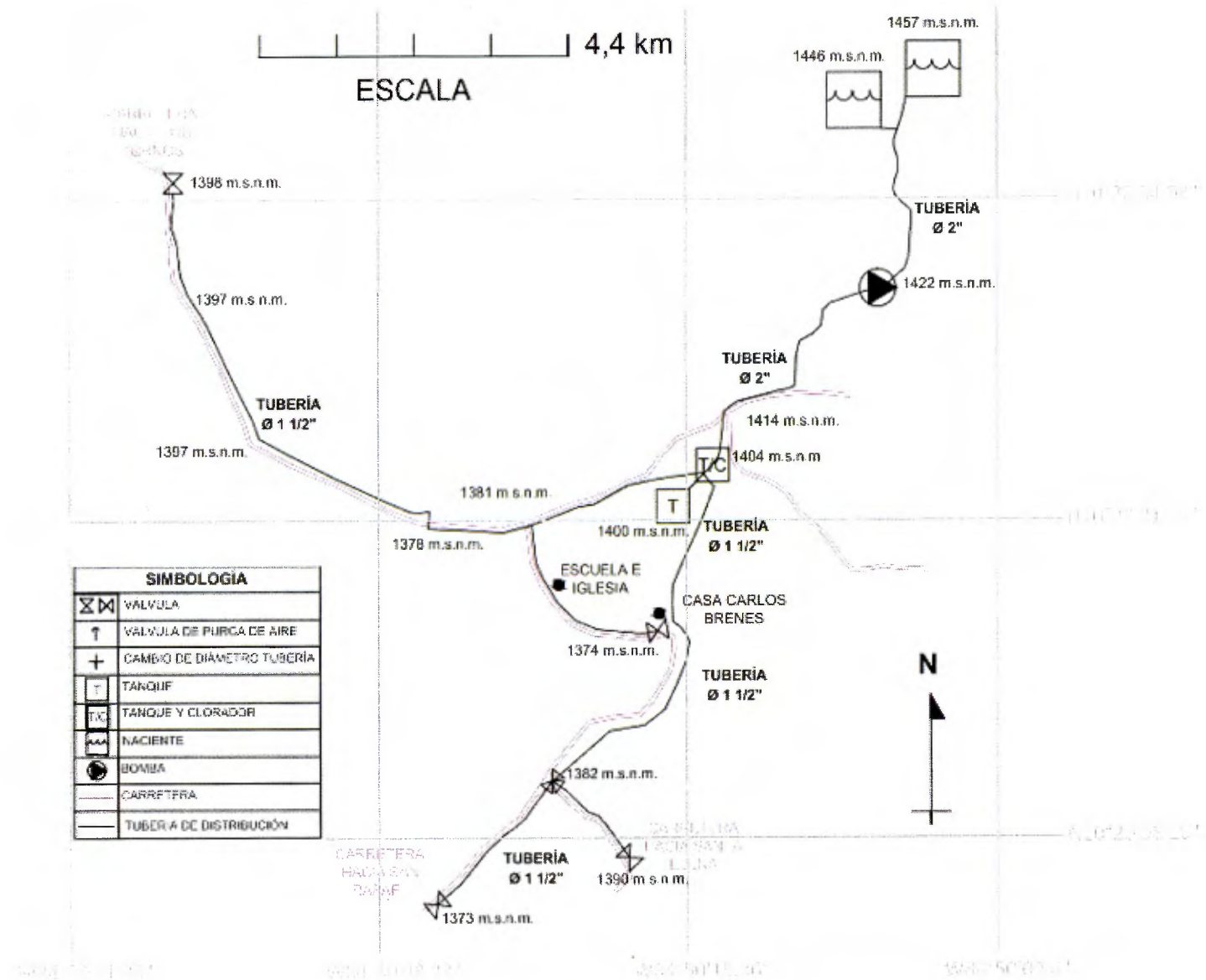


Figura III.57. Red de distribución de La Cruz

3.4.2 Captación

Zona de protección: Sí

Tiene una cerca de protección alrededor de la toma: no

Estructura de captación: de concreto, tapada por vegetación y rocas

A continuación se pueden apreciar la naciente principal de La Cruz.



Figura III.58. Captación 1 de La Cruz

Material y diámetro de las tuberías: las tuberías son de 50 mm (2"), como se aprecia en la figura anterior tiene varias tuberías que sirven como respiraderos

3.4.3 Bombeo

La bomba está encendida en todo momento, el agua debe recorrer una distancia de 2,7 km aproximadamente. A continuación se presentan los detalles de la bomba.

Marca: DAB

Modelo: Jet 151 M

Voltaje (V): 240V

Potencia (HP): 1 HP

Mantenimiento de la bomba: únicamente se le da mantenimiento correctivo a la bomba, cuando esta se daña o no funciona de forma adecuada

Tiempo de uso: 4 años

Otros: la bomba está encendida 24 horas al día y solo se apaga cuando se requiere mantenimiento en alguna parte de la red, esto, en la época seca. Cabe destacar que no se recomienda el uso constante de una bomba, por lo que se recomienda dar un buen mantenimiento de la bomba y tener conocimientos para su reparación.

3.4.4 Aforos

Los aforos que se presentan a continuación son el promedio de varias pruebas que se realizaron en la Naciente 1, con un recipiente de 15L y con el 100% del agua captada, para las dos épocas del año en estudio, estos resultados son los siguientes:

Cuadro III.59. Aforos realizados en la comunidad de La Cruz

Aforos	Volumen del recipiente (l)	Tiempo de llenado (s)	Resultados de aforos (l/s)	Promedio (l/s)
Época seca (l/s)	15	2,7	5,6	5,6
		2,6	5,7	
		2,8	5,4	
		2,5	6,0	
		2,4	6,3	
Época lluviosa (l/s)	15	2,5	6,0	6,2
		2,5	6,0	
		2,3	6,5	
		2,3	6,5	

3.4.5 Conducción

Material de las tuberías y diámetros:

- Tubería de PVC de 50 mm (2"): 737,98 m
- Tubería de PVC de 40 mm (1 1/2"): 1 397,91 m
- Total de tubería de PVC: 2 135,89 m

Tubería enterrada, semienterrada o descubierta: en distintos tramos se tiene tubería enterrada a una profundidad máxima de 70cm aproximadamente, semienterrada y descubierta

Tiene respiraderos: sí

Tienen válvulas en algunos puntos: sí

3.4.6 Almacenamiento

La Cruz cuenta con tres tanques de almacenamiento, el agua se clora antes de llegar al tanque de plástico de 1000L, luego pasa a un tanque de concreto y el rebalse pasa a un segundo tanque de concreto. A continuación se presentan dichos tanques.



Figura III.60. Tanque de almacenamiento de plástico de La Cruz



Figura III.61. Tanque de almacenamiento de concreto principal de La Cruz



Figura III.62. Tanque de almacenamiento de concreto de emergencia de La Cruz

Cuadro III.63. Detalles de los tanques de La Cruz

Característica	Tanque de plástico	Tanque de concreto 1	Tanque de concreto 2
Dimensiones	Diámetro de 2,32m	3,75m x 3,70m	3,00m x 3,05m
Profundidad/Altura	2,72m	1,15m	1,68m
Volumen	11,5m ³	16,0m ³	15,4m ³
Elevación	1413 m.s.n.m.	1404 m.s.n.m.	1399 m.s.n.m.
Material	Plástico	Concreto	Concreto
Dimensiones de tapa de acceso	Diámetro de 50cm	70cm x 70cm	70cm x 70cm
Mantenimiento	Limpio y sin daños	Falta mantenimiento preventivo y sin daños	Falta mantenimiento preventivo y sin daños
Nivel de la tubería de entrada	2,72m	1,15m	1,60m
Material y diámetro de la tubería de entrada	Tubería de PVC de 50 mm (2")	Tubería de PVC de 50 mm (2")	Tubería de PVC de 50 mm (2")
Nivel de la tubería de salida	5cm desde la base de los tanques	10cm desde la base del tanque	10cm desde la base del tanque
Material y diámetro de la tubería de salida	Tubería de PVC de 50 mm (2")	Tubería de PVC de 50 mm (2")	Tubería de PVC de 50 mm (2")
Nivel de la tubería de rebose	2,72m	1,10m	1,60m
Material y diámetro de la tubería de rebose	Tubería de PVC de 50 mm (2")	Tubería de PVC de 50 mm (2")	Tubería de PVC de 50 mm (2")
Nivel de la tubería de limpieza	10cm desde la base del tanque	10cm desde la base del tanque	10cm desde la base del tanque
Material y diámetro de la tubería de limpieza	Tubería de PVC de 50 mm (2")	Tubería de PVC de 50 mm (2")	Tubería de PVC de 50 mm (2")
Posee válvula en la entrada y en la salida	Sí	Sí	Sí
Tiene respiradero	Sí	Sí	Sí
Limpiezas	No	No	No
Posee pintura impermeabilizante o similar	No aplica	Sí, pero en mal estado	Sí, pero en mal estado
Acera mínima de 2,1m	No	Sí	No
Método de desinfección	Cloración salina, dos veces a la semana	No	No

3.4.7 Desinfección

La desinfección de este sistema se realiza por medio de sal dos veces a la semana, esta al pasar con el agua y unas celdas electrolíticas se convierten en hipoclorito de sodio, el cual desinfecta el agua.



Figura III.64. Sistema de desinfección del agua de La Cruz

CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

Para este trabajo se tomaron muestras de forma periódica en distintos puntos de la red. Las visitas se realizaron los siguientes días:

Cuadro IV.12. Visitas a la zona de estudio

Fecha	Sitios visitados	Observaciones
18 de setiembre de 2015	Tres Amigos Candelaria y Campos de Oro San Rafael La Cruz	Gira para conocer las diferentes comunidades y establecer contacto con algún encargado de la ASADA
23 de octubre de 2015	Candelaria y Campos de Oro San Rafael La Cruz	Gira para recolectar información general y muestras de los acueductos
27 de noviembre de 2015	Tres Amigos Candelaria y Campos de Oro San Rafael La Cruz	Gira para recolectar información general y muestras de los acueductos
20 de enero de 2016	San Rafael	Gira para recolectar información general y muestras de los acueductos
05 de febrero de 2016	Candelaria y Campos de Oro San Rafael	Gira para recolectar información general y muestras de los acueductos
02 de abril de 2016	Tres Amigos Candelaria y Campos de Oro San Rafael La Cruz	Gira para recolectar información general y muestras de los acueductos
09 de julio de 2016	Tres Amigos Candelaria y Campos de Oro San Rafael La Cruz	Gira para recolectar información general, muestras de los acueductos y levantamiento topográfico
03 de setiembre de 2016	Tres Amigos Candelaria y Campos de Oro San Rafael	Gira para terminar de recolectar los puntos del levantamiento topografico

Las pruebas que se realizaron en campo son las siguientes: olor, sabor, temperatura, pH, conductividad, cloro residual libre y oxígeno disuelto. Las que se realizaron en laboratorio son: coliformes fecales, turbiedad, dureza total, nitrógeno amoniacal, hierro, cobre, nitrito, sólidos totales y fósforo. A continuación se presentan los resultados para cada comunidad.

4.1 Comunidad de Tres Amigos

A continuación se muestran los sitios de muestreo para la comunidad de Tres Amigos

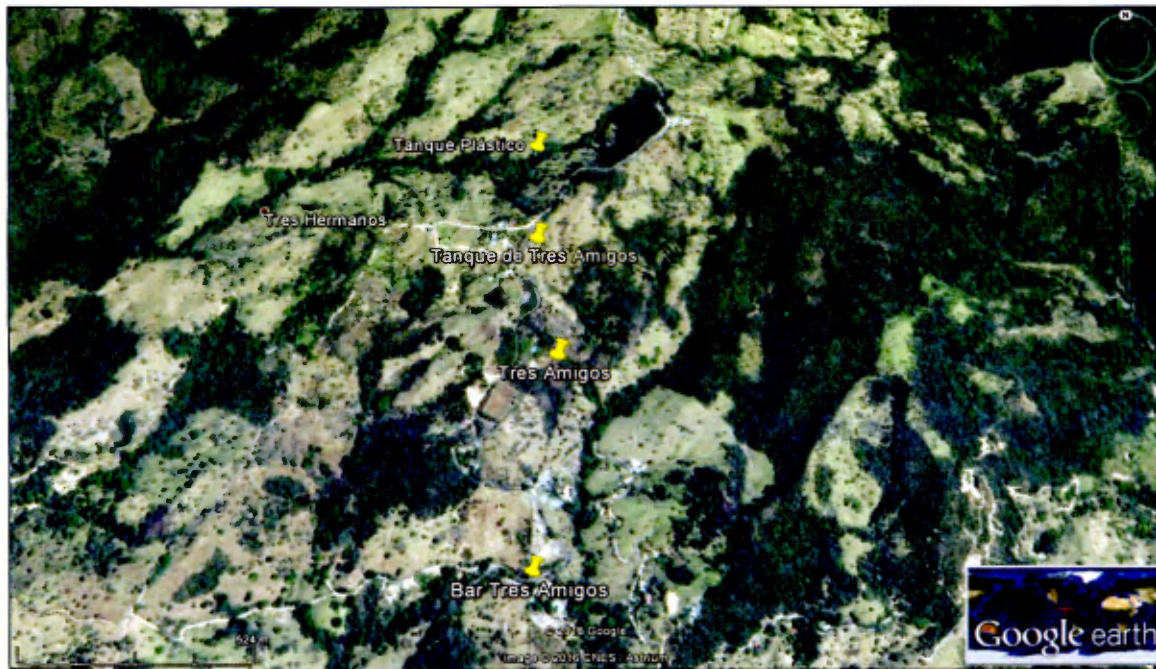


Figura IV.65. Puntos de muestreo de Tres Amigos

4.1.1 Resultados obtenidos: Tres Amigos

A continuación se presentan los resultados de las pruebas realizadas tanto en campo como en el laboratorio para la comunidad de Tres Amigos. Para las nacientes se realizaron dos muestreos y para el tanque de almacenamiento tres. En los cuadros que se presentan posteriormente se determinan los valores máximos admisibles y los recomendados del Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

Cuadro IV.13. Resultados de la Naciente 1 de Tres Amigos

Nivel	Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor promedio	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Primer	Coliformes fecales	NMP/100mL	48	-	-	0	0
	Color aparente	mg/L U-Pt-Co	0	0	0	5	15
	Turbiedad	UNT	0	0	0	menor a 1	5
	Olor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Sabor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Temperatura	°C	19,88	19,88	-	18	30
	pH	Valor pH	4,36	4,36	-	6,5	8,5
	Conductividad	µS/cm	22	22	-	400	
	Cloro Residual Libre	mg/L	0	0	0	0,3	0,6
Segundo	Dureza total	mg/L CaCO ₃	210	-	-	400	500
	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH ₃ -N	4,5	3,85	3,2	0,05	0,5
	Hierro	mg/L Fe	0,02	0,01	0	-	0,3
	Cobre	mg/L Cu	0	0	0	-	2,0
Tercer	Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻	0,007	0,004	0	-	0,1
Cuarto	Sólidos totales	ppm	300	300	0	-	1000
Otros	Oxígeno Disuelto	ppm	5,1	5,1	-	-	1000
	Fósforo	mg/L PO ₄	20,2	10,46	0,72	-	0,005*

Cuadro IV.14. Resultados de la Naciente 2 de Tres Amigos

Nivel	Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor promedio	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Primer	Coliformes fecales	NMP/100mL	-	-	-	0	0
	Color aparente	mg/L U-Pt-Co	0	0	0	5	15
	Turbiedad	UNT	0	0	0	menor a 1	5
	Olor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Sabor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Temperatura	°C	19,93	19,93	-	18	30
	pH	Valor pH	4,14	4,14	-	6,5	8,5
	Conductividad	µS/cm	14	14	-	400	
	Cloro Residual Libre	mg/L	0	0	0	0,3	0,6
Segundo	Dureza total	mg/L CaCO ₃	200	-	-	400	500
	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH ₃ -N	6,5	5,35	4,2	0,05	0,5
	Hierro	mg/L Fe	0,09	0,07	0,05	-	0,3
	Cobre	mg/L Cu	0	0	0	-	2,0
Tercer	Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻	0,05	0,033	0,016	-	0,1
Cuarto	Sólidos totales	ppm	420	420	0	-	1000
Otros	Oxígeno Disuelto	ppm	4,8	4,8	-	-	1000
	Fósforo	mg/L PO ₄	24,6	2,59	2,59	-	0,005*

Cuadro IV.15. Resultados del Tanque de Almacenamiento de Tres Amigos

Nivel	Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor promedio	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Primer	Coliformes fecales	NMP/100mL	-	-	-	0	0
	Color aparente	mg/L U-Pt-Co	0	0	0	5	15
	Turbiedad	UNT	0	0	0	menor a 1	5
	Olor	-	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable
	Sabor	-	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable	acceptable
	Temperatura	°C	27,1	23,43	20,67	18	30
	pH	Valor pH	6,33	5,68	4,69	6,5	8,5
	Conductividad	µS/cm	26	20	12	400	
	Cloro Residual Libre	mg/L	0,11	0,11	0	0,3	0,6
Segundo	Dureza total	mg/L CaCO ₃	150	-	-	400	500
	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH ₃ -N	6,3	4,53	2,2	0,05	0,5
	Hierro	mg/L Fe	0,08	0,04	0,02	-	0,3
	Cobre	mg/L Cu	0	0	0	-	2,0
Tercer	Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻	0,011	0,008	0,005	-	0,1
Cuarto	Sólidos totales	ppm	0	0	0	-	1000
Otros	Oxígeno Disuelto	ppm	5,89	5,31	4,41	-	1000
	Fósforo	mg/L PO ₄	19,3	8,8	0,3	-	0,005*

4.1.2 Análisis de resultados: Tres Amigos

Se realizó una prueba de coliformes fecales con una muestra de agua de la Naciente 1, dando un resultado de 48 coliformes en 100mL, por lo que se debe asegurar que el sistema de desinfección funcione en todo momento. Este valor es superior a 20mL por lo que de acuerdo con el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, se debe realizar un tratamiento convencional; cabe destacar que para esta prueba solo se utilizó una muestra, por lo que se recomienda realizar más pruebas en un laboratorio certificado.

Además, se realizaron varias pruebas de cloro en el tanque de cerámica, se obtuvo un valor máximo de 0,11 mg/L de cloro residual y en otra visita realizada el resultado fue que no se encontró cloro residual, por lo que se determina que la periodicidad del uso de las pastillas de cloro no se dio de manera adecuada en todo momento. En la siguiente imagen se muestran los coliformes que había en una muestra de 100 mL de agua de la naciente; los puntos amarillos son los coliformes fecales.



Figura IV.66. Prueba de coliformes, acueducto de Tres Amigos

En cuanto al color aparente y la turbiedad los resultados dieron aceptables, esto ya que ambos fueron nulos. Además las muestras de agua en todo momento no presentaron ningún olor o sabor apreciable.

La temperatura en el tanque fue máxima para el mes de abril, con un valor de 27,1°C lo cual es aceptable, ya que el máximo admisible es de 30°C. Los resultados de pH dieron bajos para el mes de noviembre, teniendo valores básicos; ya para las otras pruebas realizadas en abril y julio dieron valores más aceptables acercándose a 6,5.

Los valores de conductividad se acercaron a 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual es aceptable y se determina que hay poca contaminación en el agua. En cuanto a la dureza, las muestras presentaron valores aceptables ya que dieron resultados menores a 500 mg/L de CaCO_3 .

Los resultados de Nitrógeno amoniacal no fueron aceptables, tal y como se mencionó anteriormente, el valor mínimo registrado fue de 2,2 mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$ en el mes de octubre, y el máximo admisible es de 0,5 mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$. Esto puede deberse a residuos de fertilizantes en la zona y debe disminuirse para evitar afectaciones en la salud de los humanos, en especial de los niños y adultos con problemas respiratorios o pulmonares, tal y como se menciona en el marco teórico.

El valor máximo de Hierro fue de 0,09 mg/L Fe para el mes de noviembre y el valor máximo admisible es de 0,3 mg/L Fe, por lo que se determina adecuado. Los resultados de cobre en todo momento dieron nulo, que al igual que el hierro es aceptable.

En cuanto al nitrito, el valor máximo recomendable es de 0,1 mg/L NO₂⁻, los resultados en todo momento fueron muy bajos, el máximo obtenido fue de 0,05 mg/L NO₂⁻, lo cual es aceptable.

En la Naciente 2 de Tres Amigos fue donde se obtuvo un mayor resultado de sólidos totales de 420 ppm; no obstante, al ser menor de 1000 ppm se determina que es adecuado. Los valores de oxígeno disuelto dieron mucho más bajos del máximo admisible que es de 1000 ppm, con un valor máximo registrado de 5,10 ppm.

El valor máximo admisible de Fósforo es de 0,005 mg/L PO₄ (OMS, 2008), el valor mínimo obtenido fue de 0,3 mg/L PO₄ en el mes de abril y el máximo de 24,6 mg/L PO₄ en julio, lo cual son mayores de lo recomendado. Se recomienda realizar de nuevo estas pruebas en un laboratorio certificado, ya que estos son muy altos.

A continuación se muestra un resumen de los parámetros que se deben verificar por medio de pruebas en un laboratorio certificado.

Cuadro IV.67. Resumen de resultados físico-químicos del agua: Tres Amigos

Parámetros físico-químicos		Observaciones
Cumplen	No cumplen	
Color aparente, turbiedad, olor, sabor, temperatura, pH, conductividad, cloro residual libre, dureza total, hierro, cobre, nitrito, sólidos totales, oxígeno disuelto	Coliformes fecales	Se obtuvo un valor máximo de 48 NMP/100mL, se debe verificar con más pruebas ya que el sistema de desinfección no siempre estaba en funcionamiento
	Nitrógeno amoniacal	Se obtuvo un valor máximo de 6,5 mg/L, posiblemente ocasionado por fertilizantes
	Fósforo	Los valores obtenidos de fósforo son muy altos, se debe revisar este parámetro ya que no es aceptable

Los resultados obtenidos de pH son aceptables, no obstante, en algunas ocasiones se presentaron valores bajos en el tanque por lo que se debe de cuidar.

4.2 Comunidad de Candelaria y Campos de Oro

Para esta comunidad se realizaron 5 muestreos en distintas épocas (para más información revisar Anexos Digitales) para las dos nacientes y el tanque de almacenamiento. En la siguiente figura se observa los puntos de muestreo para la comunidad de Candelaria y Campos de Oro.



Figura IV.68. Puntos de muestreo de Candelaria y Campos de Oro

4.2.1 Resultados obtenidos: Candelaria y Campos de Oro

Cuadro IV.69. Resultados de la Naciente 1 de Candelaria y Campos de Oro

Nivel	Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor promedio	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Primer	Coliformes fecales	NMP/100mL	0	0	-	0	0
	Color aparente	mg/L U-Pt-Co	0	0	0	5	15
	Turbiedad	UNT	0	0	0	menor a 1	5
	Olor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	Aceptable
	Sabor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	Aceptable
	Temperatura	°C	22,14	21,9	21,7	18	30
	pH	Valor pH	7	6,00	5,05	6,5	8,5
	Conductividad	μS/cm	126	95,40	55	400	
	Cloro Residual Libre	mg/L	0	0	0	0,3	0,6
Segundo	Dureza total	mg/L CaCO ₃	180	180	-	400	500
	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH ₃ -N	6,8	4,52	0	0,05	0,5
	Hierro	mg/L Fe	0,16	0,08	0	-	0,3
	Cobre	mg/L Cu	0	0	0	-	2,0
Tercer	Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻	0,011	0,006	0	-	0,1
Cuarto	Sólidos totales	ppm	0	0	0	-	1000
Otros	Oxígeno Disuelto	ppm	7,62	5,93	3,14	-	1000
	Fósforo	mg/L PO ₄	12,22	6,26	2,2	-	0,005*

Cuadro IV.70. Resultados de la Naciente 2 de Candelaria y Campos de Oro

Nivel	Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor promedio	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Primer	Coliformes fecales	NMP/100mL	-	-	-	0	0
	Color aparente	mg/L U-Pt-Co	0	0	0	5	15
	Turbiedad	UNT	0	0	0	menor a 1	5
	Olor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Sabor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Temperatura	°C	22,16	21,9	21,69	18	30
	pH	Valor pH	6,6	5,7	5,07	6,5	8,5
	Conductividad	µS/cm	128	100	68	400	
	Cloro Residual Libre	mg/L	0	0	0	0,3	0,6
Segundo	Dureza total	mg/L CaCO ₃	160	160	-	400	500
	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH ₃ -N	6,8	4,64	0	0,05	0,5
	Hierro	mg/L Fe	0,15	0,08	0	-	0,3
	Cobre	mg/L Cu	0	0	0	-	2,0
Tercer	Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻	0,014	0,010	0,005	-	0,1
Cuarto	Sólidos totales	ppm	120		0	-	1000
Otros	Oxígeno Disuelto	ppm	7,54	6,28	4,79	-	1000
	Fósforo	mg/L PO ₄	18,8	6,82	1,09	-	0,005*

Cuadro IV.71. Resultados del Tanque de Candelaria y Campos de Oro

Nivel	Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor promedio	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Primer	Coliformes fecales	NMP/100mL	-	-	-	0	0
	Color aparente	mg/L U-Pt-Co	0	0	0	5	15
	Turbiedad	UNT	0	0	0	menor a 1	5
	Olor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	Aceptable
	Sabor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	Aceptable
	Temperatura	°C	23,13	22,55	22,29	18	30
	pH	Valor pH	7,26	5,96	4,89	6,5	8,5
	Conductividad	µS/cm	126	100,2	68	400	
	Cloro Residual Libre	mg/L	0,34	0,17	0	0,3	0,6
Segundo	Dureza total	mg/L CaCO ₃	105	105	-	400	500
	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH ₃ -N	9,3	5,6	0,01	0,05	0,5
	Hierro	mg/L Fe	0,1	0,05	0,03	-	0,3
	Cobre	mg/L Cu	0	0	0	-	2,0
Tercer	Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻	0,013	0,008	0	-	0,1
Cuarto	Sólidos totales	ppm	0	0	0	-	1000
Otros	Oxígeno Disuelto	ppm	7,2	6,19	4,53	-	1000
	Fósforo	mg/L PO ₄	19,6	6,51	1,44	-	0,005*

4.2.2 Análisis de resultados: Candelaria y Campos de Oro

Para la evaluación de coliformes fecales, se realizó la prueba para la Naciente 1, dando como resultado que esta naciente no cuenta con coliformes. Esto se puede deber a la buena infraestructura que tiene la misma, que evita que llegue contaminación de seres vivos, esto se muestra en las siguientes imágenes.



Figura IV.72. Toma de agua de la Naciente 1 de Candelaria y Campos de Oro

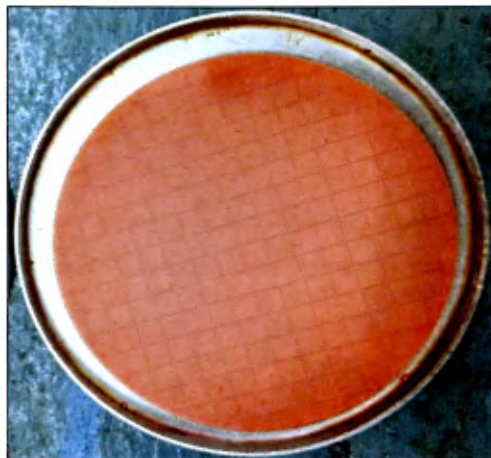


Figura IV.73. Prueba de coliformes, acueducto de Candelaria y Campos de Oro

En cuanto a las pruebas de color aparente y de turbiedad, se presentaron resultados aceptables, ya que estos fueron nulos. Además, se probó y se olieron las muestras y no presentaban ni sabor, ni olor.

La temperatura del agua siempre se mantuvo en valores entre 21,69°C y 22,53°C, las temperaturas más bajas se dieron en las nacientes y las más altas en el tanque; esto se debe a que el tanque se encuentra al aire libre y a una mayor altura, por lo que recibía más horas de sol al día. Cabe mencionar que esta cumple con lo establecido en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable que establece que la temperatura máxima permitida es de 30°C.

El parámetro de pH varió entre el rango ácido y básico a través del tiempo. Siempre se encontró entre 4,89 (esto fue específicamente en el tanque y es un valor muy bajo o ácido, por lo que es un parámetro que se debe de cuidar) y 7,24. Estos valores se dieron en el mes de noviembre y en febrero respectivamente y los mínimos y máximos se dieron en el tanque. De todas formas se determina que los resultados son aceptables ya que dieron valores menores a 8,5 en todo momento.

La conductividad de las nacientes y del tanque siempre osciló entre 55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 128 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual es aceptable ya que son valores menores a 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El cloro residual libre no fue aceptable, se obtuvo un valor máximo de 0,34 mg/L y el mínimo de 0 mg/L. En algunas visitas el sistema de desinfección no contaba con las tabletas de Cloro, lo que recalca lo mencionado previamente.

La prueba de dureza registró valores mínimos y máximos de 105 mg/L CaCO_3 y 180 mg/L CaCO_3 respectivamente, lo cual es admisible ya que el Reglamento para la Calidad del Agua Potable permite un valor menor a 400 mg/L CaCO_3 .

El Nitrógeno amoniacal presentó valores de 0 mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$ para el mes de octubre y un valor máximo de 9,3 mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$ para el tanque y 6,5 mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$ para las nacientes en febrero. Estos últimos resultados no son los adecuados ya que son mayores a 0,5 mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$.

De las pruebas realizadas de Hierro, se observó que el mes de octubre presentó los valores mayores, de hasta 0,16 mg/L Fe, de ahí fue disminuyendo hasta 0 mg/L Fe para el mes de julio. En todo momento dieron resultados menores a 0,3 mg/L Fe por lo que se determina admisible. De la prueba de Cobre, al igual que el acueducto anterior, se determina que el agua no presenta de este elemento, lo que es aceptable.

El valor recomendable de Nitrito es de 0,004 mg/L NO_2^- y el máximo admisible es de 0,1 mg/L NO_2^- , los resultados obtenidos son menores a 0,014 mg/L NO_2^- por lo que se determina que el agua es aceptable con este parámetro.

Los resultados de sólidos totales dieron entre 0 ppm y 120 ppm, lo cual es aceptable, ya que el Reglamento para la Calidad del Agua Potable establece un valor máximo recomendado de 1000 pm.

Los valores de Oxígeno Disuelto se encontraron entre 3,14 ppm y 7,62 ppm para los meses de noviembre y de abril, valores mínimos y máximos obtenidos respectivamente. En todo momento aceptables ya que dieron valores menores a 1000 ppm.

El valor máximo admisible de Fósforo es de 0,005 mg/L PO_4 , y tanto en las nacientes como en el tanque se presentaron valores de hasta 19,6 mg/L PO_4 , lo cual al igual que en la comunidad anterior es muy alto, por lo que se recomienda realizar de nuevo las pruebas.

Cuadro IV.74. Resumen de resultados físico-químicos del agua: Candelaria y Campos de Oro

Parámetros físico-químicos		Observaciones
Cumplen	No cumplen	
Coliformes fecales, color aparente, turbiedad, olor, sabor, temperatura, pH, conductividad, cloro residual libre, dureza total, hierro, cobre, nitrito, sólidos totales, oxígeno disuelto	Nitrógeno amoniacal	Se obtuvo un valor máximo de 9,3 mg/L, posiblemente ocasionado por fertilizantes
	Fósforo	Los valores obtenidos de fósforo son muy altos, se debe revisar este parámetro ya que no es aceptable

Los resultados obtenidos de pH son aceptables, no obstante, en algunas ocasiones se presentaron valores bajos en el tanque por lo que se debe de cuidar.

4.3 Comunidad de San Rafael

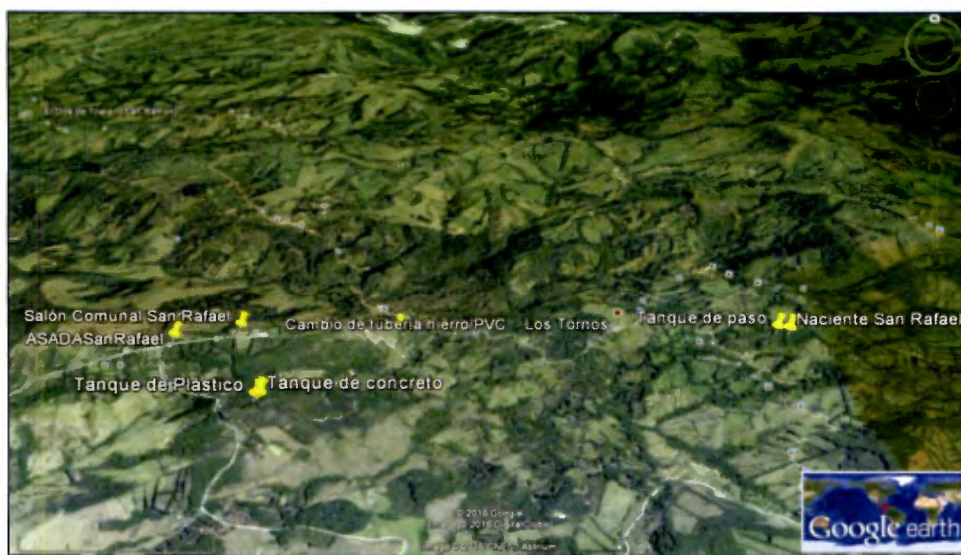


Figura IV.75. Puntos de muestreo de San Rafael

4.3.1 Resultados obtenidos: San Rafael

Para la comunidad de San Rafael se realizaron 6 muestreos en distintas épocas, a continuación se presentan los resultados.

Cuadro IV.76. Resultados del Tanque de Almacenamiento de San Rafael

Nivel	Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor promedio	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Primer	Coliformes fecales	NMP/100mL	-	-	-	0	0
	Color aparente	mg/L U-Pt-Co	0	0	0	5	15
	Turbiedad	UNT	0	0	0	menor a 1	5
	Olor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Sabor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Temperatura	°C	21,74	20,95	20,56	18	30
	pH	Valor pH	7,35	5,94	4,69	6,5	8,5
	Conductividad	µS/cm	69	35,86	12	400	
Segundo	Cloro Residual Libre	mg/L	0,06	0,03	0	0,3	0,6
	Dureza total	mg/L CaCO ₃	140	140	-	400	500
	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH ₃ -N	7,4	5,42	0	0,05	0,5
	Hierro	mg/L Fe	0,08	0,05	0	-	0,3
	Cobre	mg/L Cu	0	0	0	-	2,0
Tercer	Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻	0,020	0,012	0,006	-	0,1
Cuarto	Sólidos totales	ppm	0	0	0	-	1000
Otros	Oxígeno Disuelto	ppm	6,76	5,47	5,03	-	1000
	Fósforo	mg/L PO ₄	20,2	7,99	1,6	-	0,005*

Cuadro IV.77. Resultados de la Naciente de San Rafael

Nivel	Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor promedio	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Primer	Coliformes fecales	NMP/100mL	90	90	-	0	0
	Color aparente	mg/L U-Pt-Co	0	0	0	5	15
	Turbiedad	UNT	0	0	0	menor a 1	5
	Olor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Sabor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Temperatura	°C	19,89	19,56	18,3	18	30
	pH	Valor pH	6,78	5,35	4,36	6,5	8,5
	Conductividad	µS/cm	74	33,2	16	400	
	Cloro Residual Libre	mg/L	0	0	0	0,3	0,6
Segundo	Dureza total	mg/L CaCO ₃	165	165	-	400	500
	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH ₃ ⁻ N	5,3	5,0	4,5	0,05	0,5
	Hierro	mg/L Fe	0,07	0,04	0	-	0,3
	Cobre	mg/L Cu	0	0	0	-	2,0
Tercer	Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻	0,037	0,016	0	-	0,1
Cuarto	Sólidos totales	ppm	200	100	0	-	1000
Otros	Oxígeno Disuelto	ppm	5,85	4,86	4,25	-	1000
	Fósforo	mg/L PO ₄	30,2	8,55	0,72	-	0,005*

Cuadro IV.16. Resultados del Tanque por la Naciente de San Rafael

Nivel	Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor promedio	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Primer	Coliformes fecales	NMP/100mL	-	-	-	0	0
	Color aparente	mg/L U-Pt-Co	0	0	0	5	15
	Turbiedad	UNT	0	0	0	menor a 1	5
	Olor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Sabor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Temperatura	°C	20,2	19,84	19,21	18	30
	pH	Valor pH	7,17	5,62	4,14	6,5	8,5
	Conductividad	µS/cm	73	26,2	0	400	
	Cloro Residual Libre	mg/L	0	0	0	0,3	0,6
Segundo	Dureza total	mg/L CaCO ₃	142	142	-	400	500
	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH ₃ ⁻ N	5,2	4,96	4,6	0,05	0,5
	Hierro	mg/L Fe	0,06	0,03	0	-	0,3
	Cobre	mg/L Cu	0	0	0	-	2,0
Tercer	Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻	0,031	0,013	0	-	0,1
Cuarto	Sólidos totales	ppm	0	0	0	-	1000
Otros	Oxígeno Disuelto	ppm	6,97	4,70	3,51	-	1000
	Fósforo	mg/L PO ₄	19,6	6,68	0,64	-	0,005*

4.3.2 Análisis de resultados: San Rafael

La prueba de coliformes fecales dio como resultado 90 coliformes fecales por 100 mL de agua para la naciente, de acuerdo con el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales se debe dar un tratamiento convencional para valores superiores a 20 coliformes por 100 mL, por lo que se recomienda realizar otras pruebas de laboratorio. En la siguiente imagen se muestran los mismos. El resultado de la prueba

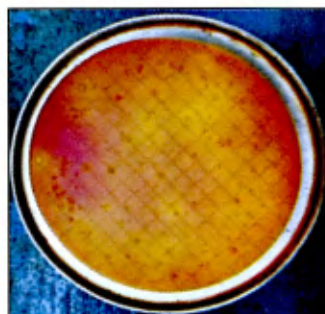


Figura IV.78. Prueba de coliformes, acueducto de San Rafael

Las pruebas de color aparente y turbiedad se mantienen con valores por debajo de cero, al igual que los acueductos estudiados previamente. Además, el agua estaba inodora y sin sabor en todos los momentos que se realizaron las visitas. La temperatura del agua dio resultados admisibles en todo momento. El valor máximo registrado fue de 21,74°C para el mes de abril en el tanque y de 19,89°C en la naciente. Lo cual es aceptable ya que son menores a 30°C y se acercan al valor recomendado de 18°C.

El pH varió para cada prueba realizada; se obtuvo un resultado mínimo de 4,14 y un máximo de 7,35. Ambos valores menores a 8 por lo que se determina que el pH es el adecuado para el acueducto. El valor máximo obtenido para la conductividad fue de 74 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la naciente en el mes de febrero; en enero se obtuvo un valor mínimo de 0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual es aceptable ya que son menores a 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El Cloro residual libre máximo obtenido fue de 0,06 mg/L Cl, lo cual es menor al máximo admisible de 0,6 mg/L Cl. No obstante, se recomienda un valor de 0,3 mg/L, lo que significa que se debe colocar más cloro al acueducto, ya que este va disminuyendo a través de la red, por lo que las últimas viviendas pueden quedarse sin este. Además, en algunas visitas el clorador no estaba funcionando adecuadamente, debido a la falta de tabletas que se deben colocar de forma periódica. La dureza total es aceptable, tanto para la naciente como para el

tanque, el resultado obtenido mayor fue de 165 mg/L CaCO₃ el cual es menor a 400 mg/L CaCO₃.

El Nitrógeno amoniacal presentó valores mayores en el tanque de almacenamiento que en la naciente o por el tanque de la naciente. El valor registrado mayor fue de 7,40 mg/L de NH₃-N para el mes de abril, lo cual es mayor al máximo aceptado de 0,05 mg/L NH₃-N.

En cuanto al Hierro, se obtuvieron valores menores a 0,3 mg/L Fe, los valores oscilaban entre 0 mg/L Fe y 0,08 mg/L Fe, lo cual es aceptable de acuerdo con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable. El parámetro del Cobre también es admisible, ya que al igual que en los otros acueductos dieron valores nulos en todas las visitas realizadas. El valor máximo permitido para el Nitrito es de 0,1 mg/L NO₂⁻. Para las visitas realizadas se determina que en el mes de noviembre se presentaron los valores mínimos de 0 mg/L NO₂⁻ y en abril los máximos, de 0,037 mg/L NO₂⁻ aproximadamente. En cualquier caso, los registros son aceptables tanto para la naciente como para los tanques.

Los sólidos totales obtenidos fueron entre 0 ppm y 200 ppm, lo cual son valores aceptables, ya que ambos son menores a 1000 ppm. Del Oxígeno Disuelto se registraron valores variables, donde el tanque que se encuentra más cercano de la naciente presentó los mínimos y máximos; en enero se obtuvo un valor de 3,51 ppm y en abril de 6,97 ppm. En todo momento se dieron valores menores a los máximos permitidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable de 1000 ppm.

El valor máximo admisible de Fósforo es de 0,005 mg/L PO₄. Se presentaron valores que oscilaron entre 0,64 mg/L PO₄ y 30,2 mg/L PO₄. Estos valores deben de ser verificados por medio de otras pruebas de laboratorio.

Cuadro IV.79. Resumen de resultados físico-químicos del agua: San Rafael

Parámetros físico-químicos		Observaciones
Cumplen	No cumplen	
Color aparente, turbiedad, olor, sabor, temperatura, pH, conductividad, cloro residual libre, dureza total, hierro, cobre, nitrito, sólidos totales, oxígeno disuelto	Coliformes fecales	Se obtuvo un valor máximo de 90 NMP/100mL, se debe verificar con más pruebas ya que el sistema de desinfección no siempre estaba en funcionamiento
	Nitrógeno amoniacal	Se obtuvo un valor máximo de 7,4 mg/L, posiblemente ocasionado por fertilizantes
	Fósforo	Los valores obtenidos de fósforo son muy altos, se debe revisar este parámetro ya que no es aceptable

4.4 Comunidad de La Cruz

Se realizaron cuatro muestreos en las nacientes y tres en el tanque de almacenamiento. A continuación se muestran los puntos de muestreo del acueducto de La Cruz.



Figura IV.80. Puntos de muestreo de La Cruz

4.4.1 Resultados obtenidos: La Cruz

Cuadro IV.17. Resultados de la Naciente 1 de La Cruz

Nivel	Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor promedio	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Primer	Coliformes fecales	NMP/100mL	39	39	-	0	0
	Color aparente	mg/L U-Pt-Co	0	0	0	5	15
	Turbiedad	UNT	0	0	0	menor a 1	5
	Olor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Sabor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Temperatura	°C	22,01	19,88	18,07	18	30
	pH	Valor pH	5,81	5,78	5,75	6,5	8,5
	Conductividad	μS/cm	42	38,75	35	400	
	Cloro Residual Libre	mg/L	0	0	0	0,3	0,6
Segundo	Dureza total	mg/L CaCO ₃	186	186	-	400	500
	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH ₃ -N	7,3	4,48	0	0,05	0,5
	Hierro	mg/L Fe	0,04	0,02	0	-	0,3
	Cobre	mg/L Cu	0	0	0	-	2,0
Tercer	Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻	0,013	0,009	0,008	-	0,1
Cuarto	Sólidos totales	ppm	710	355	0	-	1000
Otros	Oxígeno Disuelto	ppm	6,98	5,19	4,11	-	1000
	Fósforo	mg/L PO ₄	22,8	11,0	0,49	-	0,005*

Cuadro IV.18. Resultados de la Naciente 2 de La Cruz

Nivel	Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor promedio	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Primer	Coliformes fecales	NMP/100mL	-	-	-	0	0
	Color aparente	mg/L U-Pt-Co	0	0	0	5	15
	Turbiedad	UNT	0	0	0	menor a 1	5
	Olor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Sabor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Temperatura	°C	22,47	20,56	18,12	18	30
	pH	Valor pH	5,76	5,62	5,47	6,5	8,5
	Conductividad	µS/cm	38	33,25	25	400	
	Cloro Residual Libre	mg/L	0	0	0	0,3	0,6
Segundo	Dureza total	mg/L CaCO ₃	176	176	-	400	500
	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH ₃ -N	7,6	4,48	0	0,05	0,5
	Hierro	mg/L Fe	0,05	0,025	0	-	0,3
	Cobre	mg/L Cu	0	0	0	-	2,0
Tercer	Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻	0,012	0,007	0,003	-	0,1
Cuarto	Sólidos totales	ppm	200	100	0	-	1000
Otros	Oxígeno Disuelto	ppm	7,03	5,81	4,15	-	1000
	Fósforo	mg/L PO ₄	32,4	12,6	0,3	-	0,005*

Cuadro IV.19. Resultados de la Naciente 3 de La Cruz

Nivel	Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor promedio	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Primer	Coliformes fecales	NMP/100mL	-	-	-	0	0
	Color aparente	mg/L U-Pt-Co	0	0	0	5	15
	Turbiedad	UNT	0	0	0	menor a 1	5
	Olor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Sabor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Temperatura	°C	22,53	20,21	18,66	18	30
	pH	Valor pH	5,88	5,65	5,47	6,5	8,5
	Conductividad	µS/cm	35	31,75	25	400	
	Cloro Residual Libre	mg/L	0	0	0	0,3	0,6
Segundo	Dureza total	mg/L CaCO ₃	164	164	-	400	500
	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH ₃ -N	7,1	4,65	0	0,05	0,5
	Hierro	mg/L Fe	0,08	0,04	0	-	0,3
	Cobre	mg/L Cu	0	0	0	-	2,0
Tercer	Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻	0,035	0,014	0,002	-	0,1
Cuarto	Sólidos totales	ppm	400	200	0	-	1000
Otros	Oxígeno Disuelto	ppm	5,18	4,74	4,03	-	1000
	Fósforo	mg/L PO ₄	35	13,98	0,2	-	0,005*

Cuadro IV.20. Resultados del Tanque Principal de La Cruz

Nivel	Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor promedio	Valor mínimo	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Primer	Coliformes fecales	NMP/100mL	-	-	-	0	0
	Color aparente	mg/L U-Pt-Co	0	0	0	5	15
	Turbiedad	UNT	0	0	0	menor a 1	5
	Olor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Sabor	-	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable	aceptable
	Temperatura	°C	23,1	22,43	21,6	18	30
	pH	Valor pH	5,83	5,76	5,63	6,5	8,5
	Conductividad	µS/cm	37	36	34	400	
	Cloro Residual Libre	mg/L	0,21	0,11	0	0,3	0,6
Segundo	Dureza total	mg/L CaCO ₃	115	115	-	400	500
	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH ₃ -N	7,5	6,0	4,3	0,05	0,5
	Hierro	mg/L Fe	0,07	0,035	0	-	0,3
	Cobre	mg/L Cu	0	0	0	-	2,0
Tercer	Nitrito	mg/L NO ₂ ⁻	0,01	0,006	0,004	-	0,1
Cuarto	Sólidos totales	ppm	0	0	0	-	1000
Otros	Oxígeno Disuelto	ppm	5,31	5,25	5,22	-	1000
	Fósforo	mg/L PO ₄	24	8,35	0,18	-	0,005*

*Los valores establecido como máximo admisible de Fósforo es establecido por la Organización Mundial de la Salud

4.4.2 Análisis de resultados: La Cruz

La Naciente 1 del acueducto de La Cruz, presentó 39 coliformes fecales en 100 mL de agua, por lo que se debe asegurar que el sistema de desinfección de agua funcione en todo momento. Se recomienda realizar más pruebas de este parámetro para determinar si amerita un tratamiento adicional. En la siguiente figura se pueden observar las colonias de coliformes presentes en la muestra de agua de 100 mL.



Figura IV.81. Prueba de coliformes, acueducto de La Cruz

El valor máximo de Cloro residual libre fue de 0,21 mg/L Cl, este podría ser mayor, ya que la prueba se realizó en una tubería cercana al tanque. El valor recomendado es de 0,3 mg/L Cl, por lo que se recomienda subir la dosis de Cloro y así asegurarse que en las viviendas se distribuye el agua con la cantidad de Cloro recomendada.

Tanto el color aparente como la turbiedad dieron nulos en las pruebas realizadas, lo que es adecuado para el agua de la red. También se revisó el olor y el sabor del agua y es aceptable, ya que era inodora y no presentaba ningún sabor.

En cuanto a la temperatura del agua en las nacientes y en el tanque, se obtuvieron valores menores a 30°C lo cual es aceptable. La temperatura siempre osciló entre 18,07°C y 23,1°C. Cabe destacar que la temperatura del agua de las nacientes siempre fue menor a la del tanque, esto porque se encuentran protegidas del sol por medio de vegetación.

Los valores de pH registrados se encuentran en el lado básico, con valores de 5,6 en promedio, al ser menores de 8 se determinan como aceptables. Los valores de conductividad siempre oscilaron entre 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 42 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual se determinan como aceptables al ser menores de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La dureza total máxima registrada fue de 186 mg/L CaCO_3 , esto se considera como aceptable al ser menor a 400 mg/L CaCO_3 .

En cuanto al Nitrógeno amoniacal, se obtuvieron valores mínimos de 0 mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$ en el mes de octubre y valores máximos de 7,6 $\text{NH}_3\text{-N}$, lo cual no se consideran aceptables ya que la mayor parte del tiempo fue mayor al máximo admisible de 0,05 mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$.

El valor máximo admisible de Hierro en el agua potable es de 0,3 mg/L Fe, lo cual se cumple en las muestras estudiadas. Los valores oscilaron entre 0 mg/L Fe y 0,08 mg/L Fe. Para el caso del Cobre también cumplen las muestras estudiadas, al igual que los otros acueductos dieron valores nulos. Para el parámetro de Nitrito se obtuvo un valor máximo de 0,035 mg/L NO_2^- en la Naciente 3. No obstante en este caso cumple ya que el máximo permitido es de 0,1 mg/L NO_2^- .

Los sólidos totales también cumplen, ya que se registró un valor máximo de 700 ppm para la Naciente 1, al ser un valor menor a 1000 ppm, se determina como aceptable. Los valores de Oxígeno Disuelto también fueron aceptados, ya que se obtuvieron resultados menores a 7,03 ppm, lo cual es mucho menor de lo máximo admitido por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

En cuanto al último parámetro en estudio, el Fósforo, se obtuvieron valores mínimos de 0,18 mg/L PO₄ para el mes de noviembre, y valores máximos de 35 mg/L PO₄, lo cual no es aceptable ya que son mayores a 0,005 mg/L PO₄. Al igual que para los otros acueductos estos deben ser verificados por medio de otras pruebas de laboratorio.

Cuadro IV.82. Resumen de resultados físico-químicos del agua: La Cruz

Parámetros físico-químicos		Observaciones
Cumplen	No cumplen	
Color aparente, turbiedad, olor, sabor, temperatura, pH, conductividad, cloro residual libre, dureza total, hierro, cobre, nitrito, sólidos totales, oxígeno disuelto	Coliformes fecales	Se obtuvo un valor máximo de 39 NMP/100mL, se debe verificar con más pruebas ya que el sistema de desinfección no siempre estaba en funcionamiento
	Nitrógeno amoniacal	Se obtuvo un valor máximo de 7,6 mg/L, posiblemente ocasionado por fertilizantes
	Fósforo	Los valores obtenidos de fósforo son muy altos, se debe revisar este parámetro ya que no es aceptable

Los resultados obtenidos de pH son aceptables, no obstante, en algunas ocasiones se presentaron valores bajos en el tanque por lo que se debe de cuidar.

En los Anexos Digitales se pueden observar los resultados obtenidos de las pruebas mencionadas previamente, para cada una de las nacientes y tanques, y los días cuando se tomaron las muestras en estudio.

CAPÍTULO V. ADMINISTRACIÓN DE LOS ACUEDUCTOS

En esta sección se detallará la parte administrativa de cada una de las comunidades. Cómo se organiza cada una de las ASADAS en estudio, si se cumplen con las regulaciones de ley, como por ejemplo tarifas estipuladas por el ARESEP, Ley de Hidrantes, entre otros. Además, se revisará la parte operativa y mantenimiento que se les da a los acueductos y por último la gestión ambiental y de riesgos.

5.1 Acueducto de Tres Amigos

5.1.1 Datos Generales

El inicio de operaciones de la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Tres Amigos de la Sierra de Abangares, Guanacaste, se dio en el año 1994 aproximadamente. La Cédula Jurídica de la Asociación es la número 3-002-463612.

El comité actual comenzó a regir el 15 de noviembre de 2015, por lo que el nuevo cambio de junta se debe realizar el 15 de noviembre de 2017.

5.1.2 Gestión Organizacional

La junta se reúne una vez al mes y se hace una Asamblea General al año. La ASADA posee libros legales actualizados y las actas son actualizadas de manera mensual. A estas reuniones asisten todos los de la junta, aunque puede llegar cualquier persona particular. Estas personas pueden comunicarse con algún miembro de la junta para coordinar la reunión, o llegar a la reunión sin previo aviso.

5.1.3 Gestión Administrativa

La ASADA no cuenta con una persona profesional que se encargue de la parte administrativa, el dinero es recaudado en la pulpería de la comunidad, por el señor Alfredo Guzmán, quien se encarga de las labores de fontanero, su hermano es el actual vicepresidente del comité. Cabe destacar que a él no se le paga por recaudar el dinero, pero sí por sus labores de fontanero, con un pago por hora trabajada.

Cuentan con un contador profesional que se le paga lo mínimo por ley; esta persona es la encargada de llevar los estados financieros y se le brinda un informe anual al AyA. Los depósitos se realizan a una cuenta privada o a nombre de la ASADA en el Banco Popular.

A continuación se muestra el organigrama actual de la junta de la ASADA.

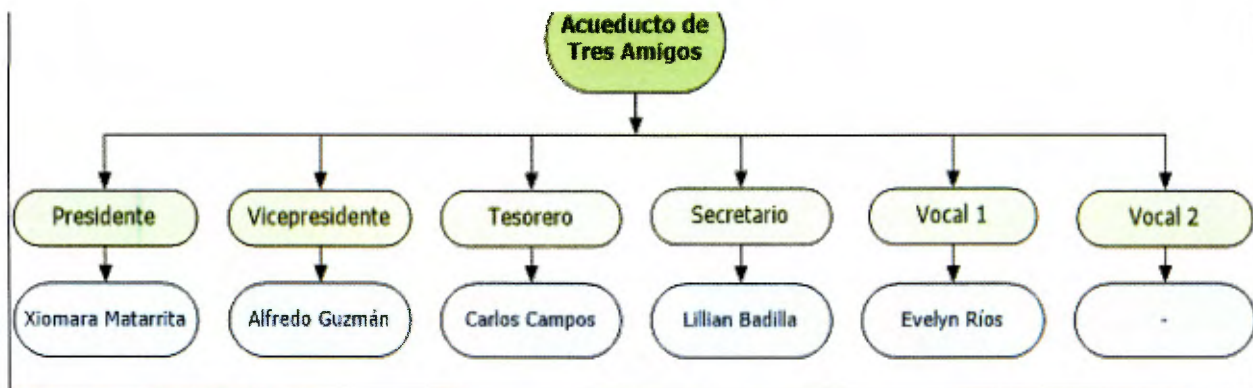


Figura V.83. Organigrama de la junta de Tres Amigos

5.1.4 Gestión Comercial

Todas las viviendas y comercios cuentan con micro medidores. Actualmente la tarifa que se cobra a cada abonado es la del ARESEP del año 2014, como se aprecia en los Anexos. Normalmente cobran 2425 colones, como tarifa mínima. En cuanto a la morosidad, se tiene el dato que una vivienda al mes aproximadamente no cumple con sus pagos.

Actualmente no se aplica la Ley de Hidrantes y no se tiene programado ninguna mejora de infraestructura para esto. Se recomienda que se realicen los planos detallados con ayuda de un topógrafo con el fin de la confección del catastro con los servicios actuales.

Actualmente tienen un respaldo de facturación, guardan las copias de las facturas en la pulpería. No obstante, este medio es muy inseguro ya que se pueden perder los datos físicos y no se tiene ningún respaldo.

5.1.5 Gestión de Operación y Mantenimiento

En cuanto a la operación y mantenimiento se tiene lo siguiente, no se realizan aforos de forma periódica; se desinfecta el acueducto por medio de tabletas de hipoclorito de calcio una vez a la semana. En el último año no ha sido necesario interrumpir el servicio, aunque en años anteriores sí se han realizado estos cortes.

El agua se muestra incolora e inodora, no presenta de manera visual sólidos suspendidos. La fuente de abastecimiento está inscrita en el MINAET. El terreno utilizado para la naciente y los tanques es privado, no obstante se tiene un acuerdo con los dueños de los terrenos para poder llegar a los manantiales y extraer el agua para la población, no obstante estas servidumbres no se encuentran inscritas.

5.1.6 Gestión Ambiental-Riesgo:

Las nacientes podrían ser contaminadas por la excreta animal de roedores u otros animales que habiten en el bosque, desechos orgánicos de plantas en descomposición, minerales del suelo que se ve erosionado principalmente en la época lluviosa.

En caso de que haya una fuga en la red no existe ningún plan de contingencia. La alarma es la misma población, que al quedarse sin agua, activa la alarma; o que por casualidad alguien vea una tubería dañada, o semejante, para reportar la falla en el sistema. En la comunidad cuentan con material para reparaciones en caso de alguna emergencia.

5.2 Acueducto de Candelaria y Campos de Oro

5.2.1 Datos Generales

La Asociación Administradora Acueducto Campos de Oro y Candelaria inició sus operaciones en el año 1987. Su Cédula Jurídica es la número 3-002-431035. El comité actual inició sus labores en mayo de 2016 por lo que la fecha final del comité será el mes de mayo de 2018.

5.2.2 Gestión Organizacional

Hay una asamblea mensual, donde llevan un registro de cada reunión en una bitácora. A estas reuniones puede ir cualquier persona interesada y los miembros del comité no pueden faltar.

5.2.3 Gestión Administrativa

Actualmente no cuentan con un administrador profesional, el recaudador del dinero es el señor Luis Sáenz en la pulpería de Candelaria; a él no se le paga por esta ni otras labores que realice en la ASADA. Cuentan con un contador profesional, el cual lleva los estados financieros y se le informa anualmente al AyA. El dinero recolectado por los servicios de son depositados en una cuenta específica de la ASADA, en el Banco Nacional.

A continuación se muestra el organigrama de la junta de la ASADA de Candelaria y Campos de Oro.



Figura V.84. Organigrama de la junta de Candelaria y Campos de Oro

5.2.4 Gestión Comercial

En todas las viviendas y comercios se tienen micro medidores. Actualmente no se cobra lo estipulado por el ARESEP, los montos rondan entre los 3000 colones y 8000 colones. El porcentaje de morosidad es prácticamente nulo, en caso de que no se pague la mensualidad del agua, se corta el servicio por lo que las personas se ven obligadas a pagar al día.

La comunidad de Candelaria y Campos de Oro no aplica la Ley de Hidrantes, no obstante están interesados en mejorar esta condición y seguir la ley próximamente. Además, se recomienda contratar un topógrafo para que realice los planos detallados del sistema, ya que no cuentan con el catastro.

Actualmente se tiene un registro físico por medio de un respaldo de las facturas y otro por el contador, estas se realizan de forma física, por lo que se recomienda digitalizar los datos para tener un respaldo.

5.2.5 Gestión de Operación y Mantenimiento

En la comunidad no llevan un registro de aforos, esto ya que no tienen el conocimiento de cómo se realizan los mismos. Por otro lado, se realiza la desinfección del agua por medio de tabletas de hipoclorito de calcio una vez a la semana. En estas comunidades no se realizan interrupciones del servicio para limitar el agua, ni siquiera en la época seca. El agua tiene una apariencia incolora, sin sólidos suspendidos visuales y es inodora.

Las fuente de abastecimiento se encuentran inscritas en el MINAET. El terreno es donde se encuentran las nacientes es de la Municipalidad de Abangares, el terreno donde se encuentra el

tanque de almacenamiento es propio de la ASADA, al igual del lote donde se construyó la bodega.

Es importante destacar que al fontanero se le paga por hora, trabaja semanalmente y cuando hay una fuga u otro problema en la red de abastecimiento de agua potable; se le paga 70 000 colones semanalmente aproximadamente

5.2.6 Gestión Ambiental-Riesgo

Las nacientes se encuentran en un terreno empinado y con una cerca que impide el paso desde el acceso más cercano de la carretera, por lo que difícilmente pueden llegar personas, ganado u otro a las mismas. No obstante, en la época lluviosa el camino hacia las nacientes se erosiona y puede llegar a contaminar las nacientes.

Actualmente no tienen un plan de contingencia ante emergencias; en caso de que haya una fuga se llama al fontanero, tienen una bodega con materiales de repuesto, como se aprecia en la siguiente figura.



Figura V.85. Oficina y bodega de la ASADA de Candelaria y Campos de Oro

5.3 Acueducto de San Rafael

5.3.1 Datos Generales

La Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de San Rafael de Abangares, con la Cédula Jurídica número 3-002-38082, se estableció formalmente el 20 de noviembre de 2015; no obstante, el acueducto tiene aproximadamente 50 años. El comité actual dio inicio a sus labores formalmente el día 21 de noviembre de 2015, por lo que el cambio de personal de la junta se debe realizar el 21 de noviembre de 2017.

5.3.2 Gestión Organizacional

Las reuniones de la junta se realizan cada 15 días, los primeros y terceros miércoles de cada mes, donde actualizan los libros legales. A estas reuniones van todas las personas de la junta y cualquier persona que tenga algún asunto pendiente o alguna consulta.

5.3.3 Gestión Administrativa

Actualmente no cuentan con un administrador profesional, la recaudación del dinero se realiza en la Asociación de Desarrollo; la ASADA tiene un convenio con la Asociación, por lo que les colabora con la recaudación del dinero. Cabe destacar que no se le paga a nadie por esta labor. Este dinero se deposita en una cuenta específica de la ASADA en el Banco Nacional.

La ASADA cuenta con un contador profesional, el cual lleva los estados financieros al día y se le informa anualmente el estatus del acueducto al AyA.

A continuación se muestra el organigrama de la ASADA.

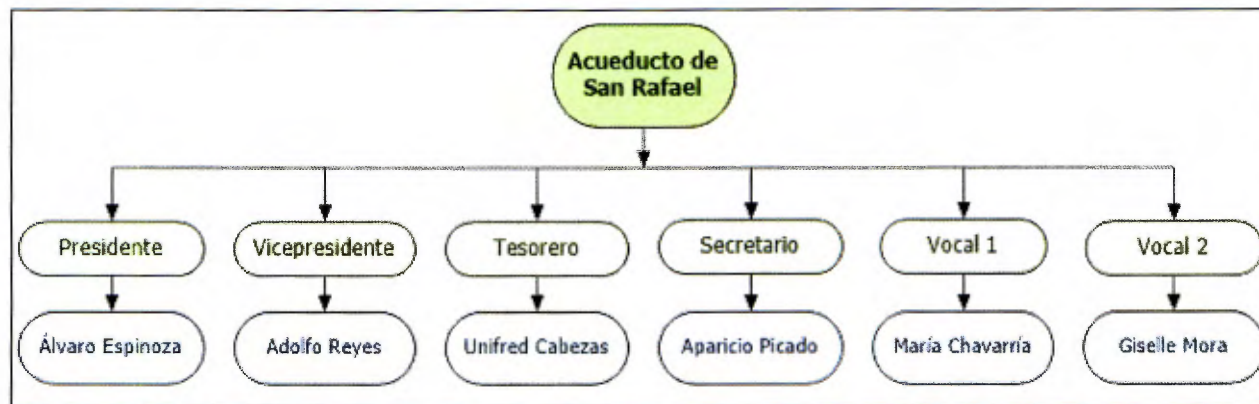


Figura V.86. Organigrama de la junta de San Rafael

5.3.4 Gestión Comercial

Las residencias y comercios cuentan con micro medidores. Actualmente se cobra lo estipulado por el ARESEP para el año 2012, están trabajando para cumplir con la Ley de Hidrantes y cobrar de acuerdo con lo solicitado para el año 2014. Se estima una morosidad de aproximadamente 10 personas al mes.

No se está aplicando la Ley de Hidrantes ni se tiene el catastro del acueducto; no obstante, desean seguir la ley y esperan por recomendaciones para ver qué pasos se deben seguir.

En cuanto a la facturación, se lleva un respaldo físico, y se tiene una computadora por lo que se espera tener un respaldo digital próximamente.

5.3.5 Gestión de Operación y Mantenimiento

No se están realizando aforos de manera periódica. Se está desinfectando el acueducto con pastillas de hipoclorito de calcio semanalmente, cada pastilla puede estar en el filtro aproximadamente 10 días. En la época seca se interrumpe el servicio por unas horas en la mañana hasta el mediodía y cuando se debe hacer alguna reparación. El agua normalmente es incolora, sin sólidos suspendidos visualmente e inodora.

La fuente de abastecimiento se encuentra inscrita en el MINAET. El terreno es de la Asociación de Desarrollo, pero se va a pasar a nombre de la ASADA, es aproximadamente un terreno de una hectárea.

5.3.6 Gestión Ambiental-Riesgo

La naciente no se encuentra protegida por alguna cerca, pero debido a las pendientes del terreno es de gran dificultad el acceso para las personas y los animales grandes. No obstante, se puede contaminar por sedimentos del suelo, roedores u otros animales que haya en el sitio.

En cuanto a los planes de contingencias en caso de una emergencia, la ASADA realiza revisiones periódicas en toda la red de distribución de agua potable; además, hay mucho tránsito de personas que trabajan en otros lugares por lo que en caso de que haya una fuga podrían avisar a la ASADA. La ASADA se encarga de llamar al fontanero o al señor Aparicio Picado, secretario de la junta, quien tiene muchos años de experiencia en el acueducto, para que realice la reparación. En la ASADA cuentan con material de repuesto a un lado de la oficina.



Figura V.87. Material de repuesto en la bodega de San Rafael

5.4 Acueducto de La Cruz

5.4.1 Datos Generales

La Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de La Cruz, con la Cédula Jurídica de número 3-002-629579, inició sus operaciones en el año 1976. El comité actual dio inicio el mes de octubre de 2015, por lo que se debe cambiar la junta para el mes de octubre de 2017.

5.4.2 Gestión Organizacional

Una vez al mes se reúnen y hacen una Asamblea, donde llevan las actas actualizadas y los libros legales. A las reuniones asisten la junta y cualquier otra persona que esté interesada en algún asunto en específico.

5.4.3 Gestión Administrativa

La ASADA no tiene un administrador profesional, el recaudador del dinero es el señor Carlos Brenes, tesorero de la junta, y lo recibe en su casa. Por esta labor no se le da ninguna paga. El dinero se deposita en una cuenta exclusiva de la ASADA, en el Banco de Costa Rica. La ASADA no cuenta con un contador; sin embargo, poseen estados financieros. Cabe destacar que no se brinda ningún informe anual al AyA.

A continuación se muestra el organigrama de la junta.

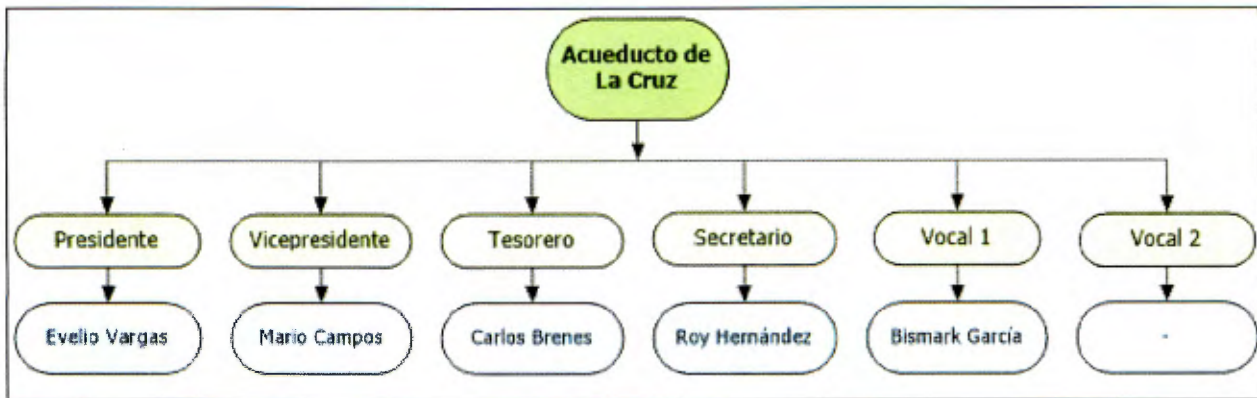


Figura V.88. Organigrama de la junta de La Cruz

5.4.4 Gestión Comercial

Todas las residencias y comercios poseen micro medidores, se cobra 5260 colones mensualmente aproximadamente y se lleva un respaldo de esta facturación por medio de copias. Se tiene un porcentaje de morosidad de aproximadamente 5% de las viviendas que no pagan el servicio.

Actualmente no se aplica la Ley de Hidrantes ni se tiene un catastro de los servicios.

5.4.5 Gestión de Operación y Mantenimiento

No se realizan aforos periódicamente. Se realiza la desinfección del acueducto y normalmente no se requiere hacer interrupciones del servicio. La apariencia física del agua es incolora, sin sólidos suspendidos visibles e inodora

Actualmente dos de las tres nacientes están inscritas en el MINAET, el terreno es propio de la ASADA.

5.4.6 Gestión Ambiental-Riesgo

Las nacientes se encuentran en una zona boscosa, por lo que pueden llegar a las mismas excretas de animales, restos de vegetación, residuos del suelo y otros contaminantes, principalmente en la época lluviosa. No tienen un plan de contingencia para emergencias, en caso de una falla en el sistema o una fuga se llama al fontanero.

CAPÍTULO VI. DEMANDA PRESENTE Y FUTURA DE CONSUMO DE AGUA

6.1 Población

El objetivo de esta sección, es determinar si la cantidad de agua actual con la que se cuenta en la actualidad, podrá abastecer a toda la población de las cuatro comunidades, en el futuro (dentro de 30 años). Para esto, se debe realizar una proyección de la población con diferentes procedimientos, de esta forma se pueden obtener aproximaciones más reales y así, determinar la población para el año 2045, es decir, para dentro de 30 años. Esto, según las Normas de diseño de agua potable y no autorización para el uso de tuberías de PVC-SDR-41, donde se establece un período de diseño de 25 a 50 años.

Para realizar estas proyecciones se requieren los datos de la población de años anteriores. Los datos de población que se tienen son los de los censos realizados en todo el país, por lo que se tiene un registro de la totalidad de Abangares, Las Juntas, La Sierra, San Juan y Colorado. Para este estudio se utilizarán los datos de La Sierra, ya que incluyen toda la población de la parte alta de Abangares.

Cuadro VI.21. Población de La Sierra

Censo	Población de La Sierra
1950	1947
1963	2284
1973	1760
1984	1582
2000	2248
2011	2351

Fuente: INEC, 2011

Se realizarán los siguientes métodos: lineal, geométrico, logarítmico y Wappaus, para luego, por medio de un análisis, determinar la población para el año 2045. Se mostrará la memoria de cálculo para La Sierra, luego se presentarán los resultados de las cuatro comunidades, cuyos resultados se aproximarán de forma proporcional.

6.1.1 Método lineal

Para determinar la proyección de la población de La Sierra, con el método de crecimiento lineal se realiza el siguiente procedimiento:

$$k_a = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} [1]$$

Donde:

k_a : es la pendiente de la recta

P_{uc} : es la población del último censo

P_{ci} : la población del censo inicial

T_{uc} : año del último censo

T_{ci} : año del censo inicial

Por lo que se tiene:

$$k_a = \frac{P_{2011} - P_{1950}}{2011 - 1950} = \frac{2351 - 1947}{2011 - 1950} = 6,62$$

Para determinar las poblaciones se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_f = P_{uc} + k_a * (T_f - T_{uc}) [2]$$

Donde:

P_f : es la población proyectada

T_f : es el año de la población proyectada

Por ejemplo se tiene la proyección para el año 2045 con el año base, que sería 2015:

$$P_{2045} = P_{2011} + 6,62 * (2045 - 2011) = 2351 + 6,62 * (2045 - 2011) = 2576$$

Haciendo lo mismo para los otros años, se obtienen los resultados que se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro VI.22. Resultados del procedimiento del método de crecimiento lineal

Método lineal		Población Proyectada					
Año	Valor de k	2020	2025	2030	2035	2040	2045
1950	6,623	2411	2444	2477	2510	2543	2576
1963	1,396	2364	2371	2378	2385	2391	2398
1973	15,553	2491	2569	2647	2724	2802	2880
1984	28,481	2607	2750	2892	3035	3177	3319
2000	9,364	2435	2482	2529	2576	2623	2669
Promedio	266,006	2462	2523	2584	2646	2707	2769

Los cálculos se realizaron con un análisis de sensibilidad, es decir, se calcularon todas las tasas k para obtener datos más reales, de esta forma se consideran las pendientes entre cada punto, en lugar de usar un solo valor de k , con los valores de población para el primer y último año censal.

A continuación se observan los resultados de forma gráfica:

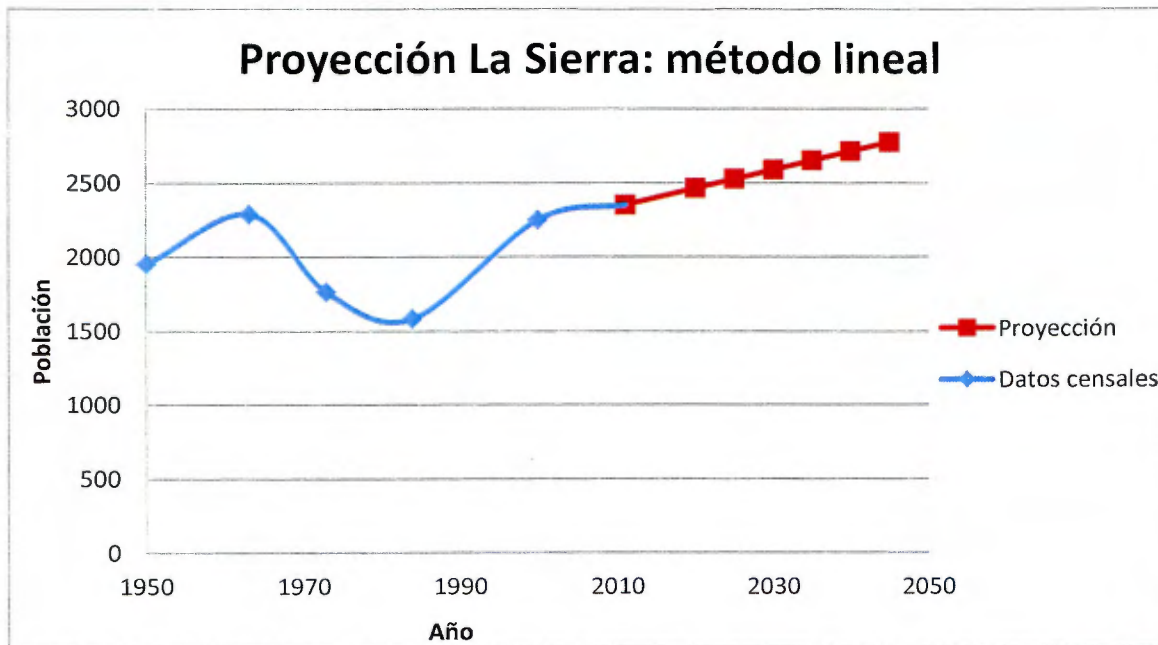


Figura VI.89. Proyecciones de La Sierra con el método lineal

A continuación se presentan los resultados con el método lineal:

Cuadro VI.23. Resultados de las proyecciones con el método lineal

Censo	La Sierra
2020	2462
2025	2523
2030	2584
2035	2646
2040	2707
2045	2769

6.1.2 Método geométrico

De acuerdo con el método de crecimiento geométrico la población se va a comportar como se muestra a continuación:

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{T_f - T_{uc}} [3]$$

Donde:

P_f : es la proyección deseada

P_{uc} : la población del último año

r : es la tasa de crecimiento anual

T_f : año al cual se calcula la proyección

T_{uc} : año del último censo

Donde la tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\left(\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}} \right)} - 1 [4]$$

Donde:

P_{ci} : es la población del censo inicial

T_{ci} : es el año del censo inicial

Como ejemplo de este método se calcula la tasa para el año 2045, teniendo:

$$r = \left(\frac{P_{2011}}{P_{1950}} \right)^{\left(\frac{1}{2011-1950} \right)} - 1$$

$$r = \left(\frac{2351}{1947} \right)^{\left(\frac{1}{2011-1950} \right)} - 1 = 0,003096$$

Obteniendo una población de:

$$P_{2020} = P_{2011} * (1 + r)^{T_{2020} - T_{2011}}$$

$$P_f = 2351 * (1 + 0,003096)^{2020-2011} = 2417$$

A continuación se muestran los resultados del procedimiento.

Cuadro VI.24. Resultados del procedimiento del método de crecimiento geométrico

Método geométrico		Población Proyectada					
Año	Tasa r	2020	2025	2030	2035	2040	2045
1950	0,00310	2417	2455	2493	2532	2571	2612
1963	0,00060	2364	2371	2378	2385	2392	2400
1973	0,00765	2518	2616	2717	2823	2932	3046
1984	0,01478	2683	2887	3107	3343	3598	3872
2000	0,00408	2439	2489	2540	2592	2646	2700
Promedio	0,006042	2484	2564	2647	2735	2828	2926

Del cuadro anterior se pueden observar los valores promedios de cada proyección. A continuación se presentan los mismos de forma gráfica.

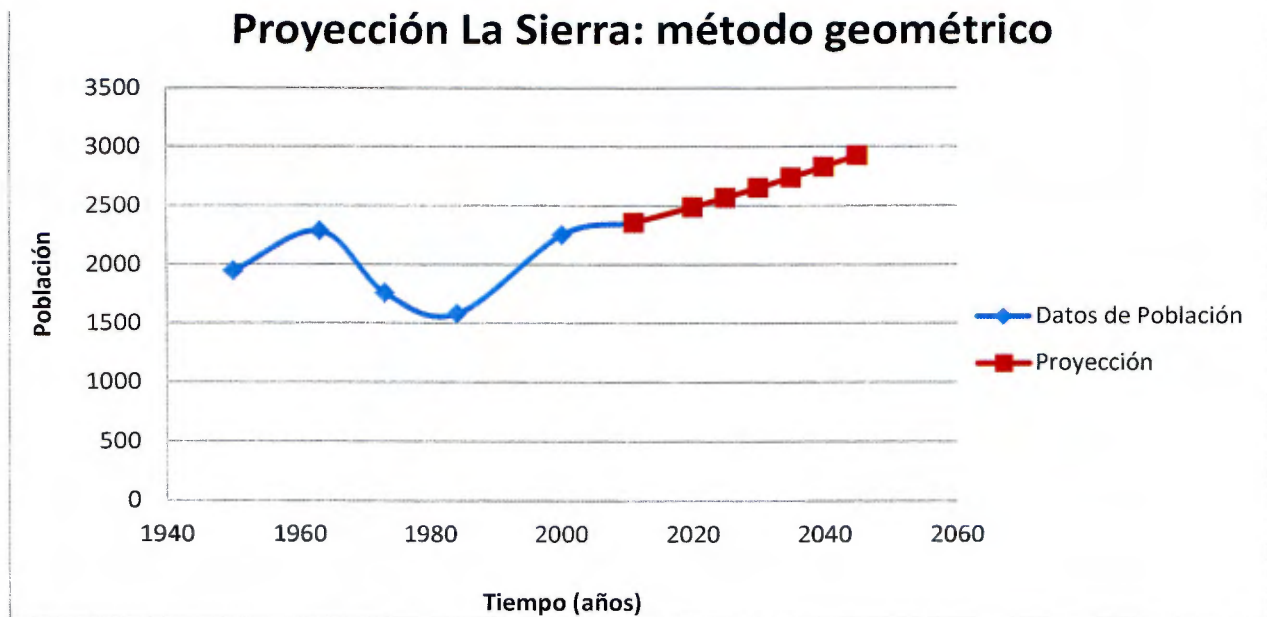


Figura VI.90. Proyecciones de La Sierra con el método geométrico

Obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro VI.25. Resultados de las proyecciones con el método geométrico

Censo	La Sierra
2020	2484
2025	2564
2030	2647
2035	2735
2040	2828
2045	2926

6.1.3 Método logarítmico

El siguiente método representa el crecimiento poblacional de forma exponencial; para esto, la población debe tener el siguiente comportamiento:

$$k_g = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} [5]$$

Donde:

P_{cp} : Población del censo posterior

P_{ca} : La población del censo anterior

T_{cp} : Año del censo posterior

T_{ca} : Año del censo anterior

La proyección de la población se calcula de la siguiente manera:

$$P_f = P_{ci} * e^{\overline{k}_g * (T_f - T_{ci})} [6]$$

Donde:

P_f : Proyección de la población

P_{ci} : Población base

\overline{k}_g : Promedio de valores k , obtenidos de la ecuación [5]

T_f : Año al cual se calcula la proyección,

T_{ci} : Año base.

Por lo que se tiene para los años 1963 y 1950:

$$k_{g(63-50)} = \frac{\ln 2284 - \ln 1947}{1963 - 1950} = 0,01228$$

Realizando el mismo paso anterior para cada uno de los años en estudio se obtienen los siguientes resultados de valores de k .

Cuadro VI.26. Resultados del valor k del método de crecimiento logarítmico

Año		Valores de k
Posterior	Anterior	
1963	1950	0,01228
1973	1963	-0,02606
1984	1973	-0,00969
2000	1984	0,02196
2015	2000	0,00407
Promedio		0,00051

Utilizando el valor de k_g promedio en la ecuación [6], la proyección sería:

$$P_{2020} = 2325 * e^{0,00014*(2020-2011)} = 2362$$

Realizando lo mismo para todos los años se obtienen los siguientes valores:

Cuadro VI.27. Resultados de La Sierra por año, con el método logarítmico

Método logarítmico	Población Proyectada						
Año	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Población	2324	2362	2368	2374	2380	2386	2392

Graficando los resultados de la proyección por el método logarítmico se tiene:

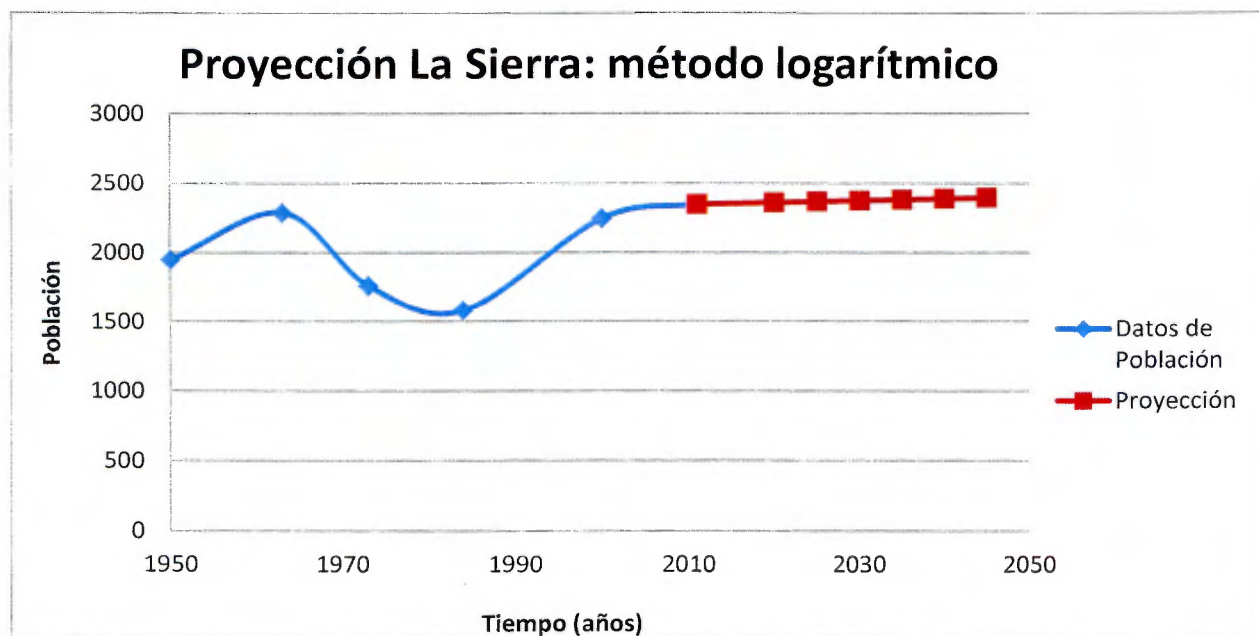


Figura VI.91. Proyecciones de La Sierra con el método logarítmico

A continuación se presentan los resultados de la proyección:

Cuadro VI.28. Resultados de las proyecciones con el método logarítmico

Censo	La Sierra
2020	2362
2025	2368
2030	2374
2035	2380
2040	2386
2045	2392

6.1.4 Método de Wappaus

Para el siguiente método, se debe obtener la tasa de crecimiento por medio de la expresión:

$$i = \frac{200 * (P_{uc} - P_{ci})}{(T_{uc} - T_{ci}) * (P_{uc} + P_{ci})} [7]$$

Con la tasa de crecimiento, se obtiene la población en determinado año por medio de la ecuación siguiente:

$$P_f = P_i * \frac{200 + i * (T_f - T_{ci})}{200 - i * (T_f - T_{ci})} [8]$$

Donde:

T_{uc} : Año del último censo

T_{ci} : Año del censo inicial

P_{uc} : Población del último censo

P_{ci} : Población del censo inicial

T_f : Año de la proyección

Como ejemplo de la aplicación de este método para la proyección de población para Ciudad Colón al 2020, considerando como censo inicial el de 1950, se tiene que:

$$i = \frac{200 * (2324 - 1947)}{(2011 - 1950) * (2351 + 1947)} = 0,308$$

Por lo tanto la población al 2020 es de:

$$P_{2020} = 1947 * \frac{200 + i * (2020 - 1950)}{200 - i * (2020 - 1950)} = 2418 \text{ habitantes}$$

Posterior a este procedimiento, se realiza un análisis de sensibilidad para poder comparar y descartar algunas proyecciones que no siguen una tendencia como la esperada. En el siguiente cuadro se presentan las proyecciones de población por el método de Wappaus, aplicando este análisis.

Cuadro VI.29. Resultados parciales de las proyecciones con el método de Wappaus

Método de Wappaus			Población proyectada					
Censo	Población	i	2020	2025	2030	2035	2040	2045
1950	1947	0,308	2418	2456	2495	2534	2574	2615
1963	2284	0,060	2364	2371	2378	2385	2392	2400
1973	1760	0,757	2521	2622	2728	2839	2955	3078
1984	1582	1,448	2698	2918	3162	3435	3740	4086
2000	2248	0,407	2439	2489	2540	2593	2647	2701
Promedio		0,596	2488	2571	2661	2757	2862	2976

Graficando los resultados obtenidos se obtiene:

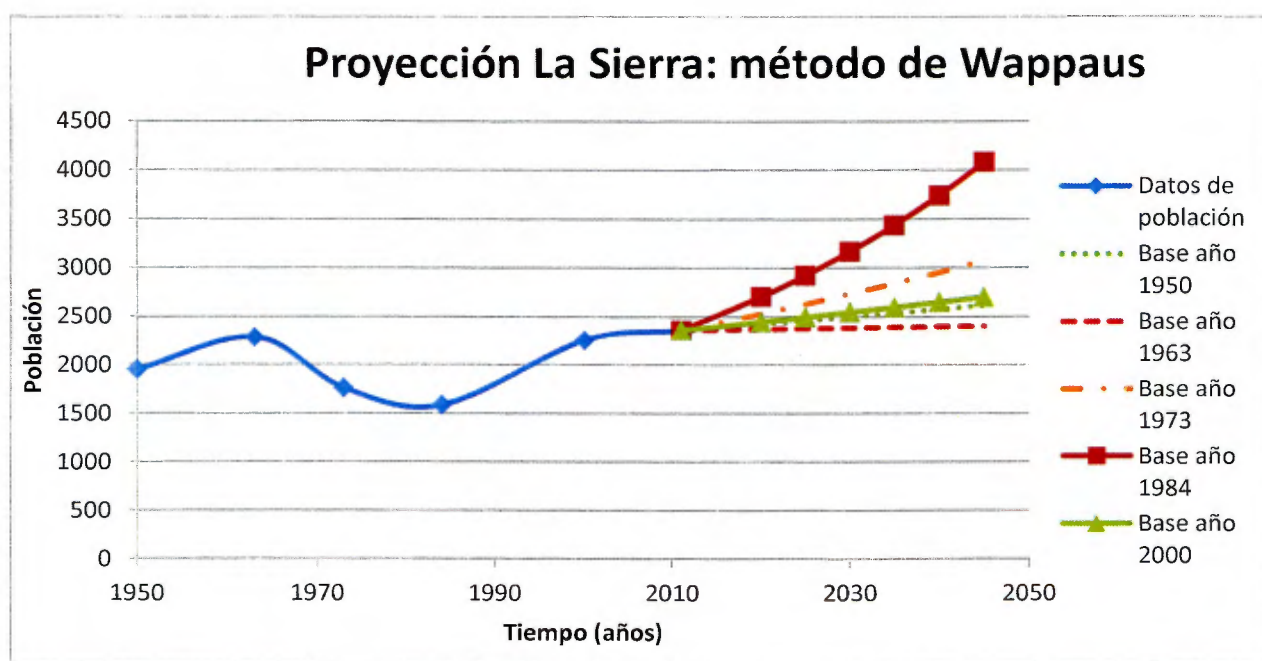


Figura VI.92. Proyecciones parciales de La Sierra con el método de Wappaus

Como se puede apreciar en la figura, los resultados obtenidos para los años 1984 y 1973 son muy altos, por lo que se decide no utilizar los mismos y obtener un valor promedio con las proyecciones de los años 1950, 1963 y 2000. Con estos se obtienen los siguientes resultados:

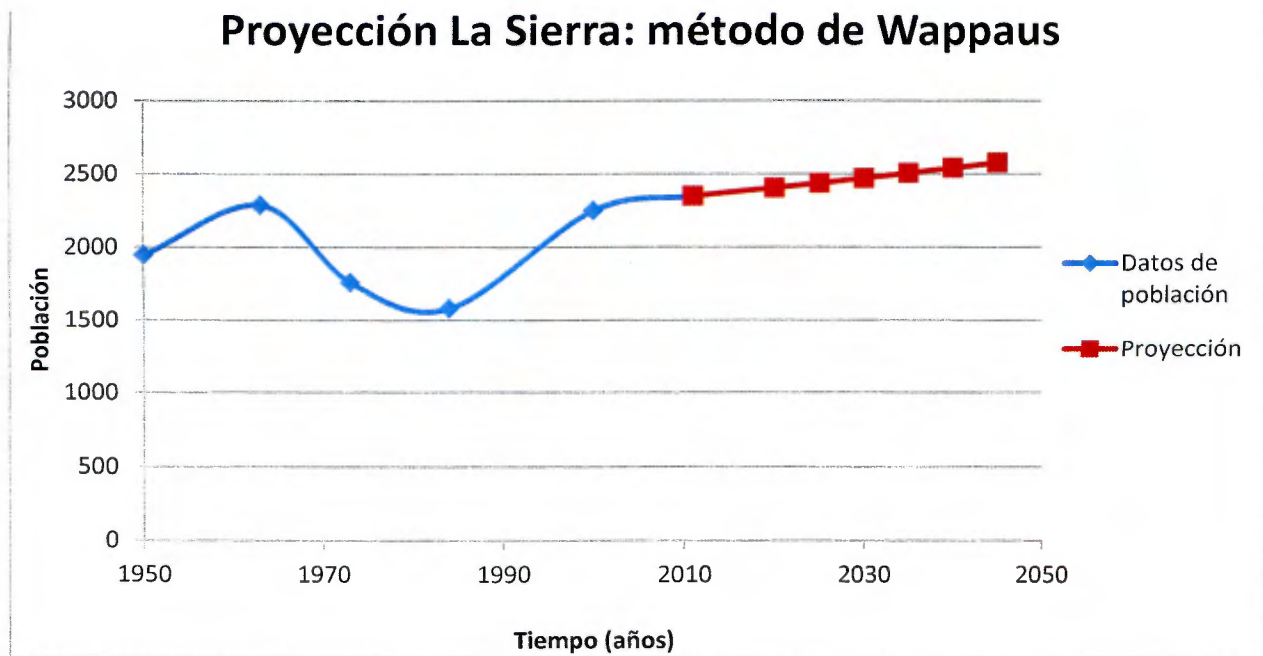


Figura VI.93. Proyecciones de La Sierra con el método de Wappaus

A continuación se presentan los resultados:

Cuadro VI.30. Resultados de las proyecciones con el método de Wappaus

Censo	La Sierra
2020	2407
2025	2439
2030	2471
2035	2504
2040	2538
2045	2572

A continuación se presenta un resumen de los resultados y los valores promedio para cada año de los distintos métodos:

Cuadro VI.31. Resultados de las proyecciones con los distintos métodos

Año	Método Lineal	Método Geométrico	Método Logarítmico	Método Wappaus	Promedio
2020	2462	2484	2362	2407	2429
2025	2523	2564	2368	2439	2474
2030	2584	2647	2374	2471	2519
2035	2646	2735	2380	2504	2566
2040	2707	2828	2386	2538	2615
2045	2769	2926	2392	2572	2665

Los resultados anteriores se pueden observar en la siguiente figura.

Proyecciones de La Sierra

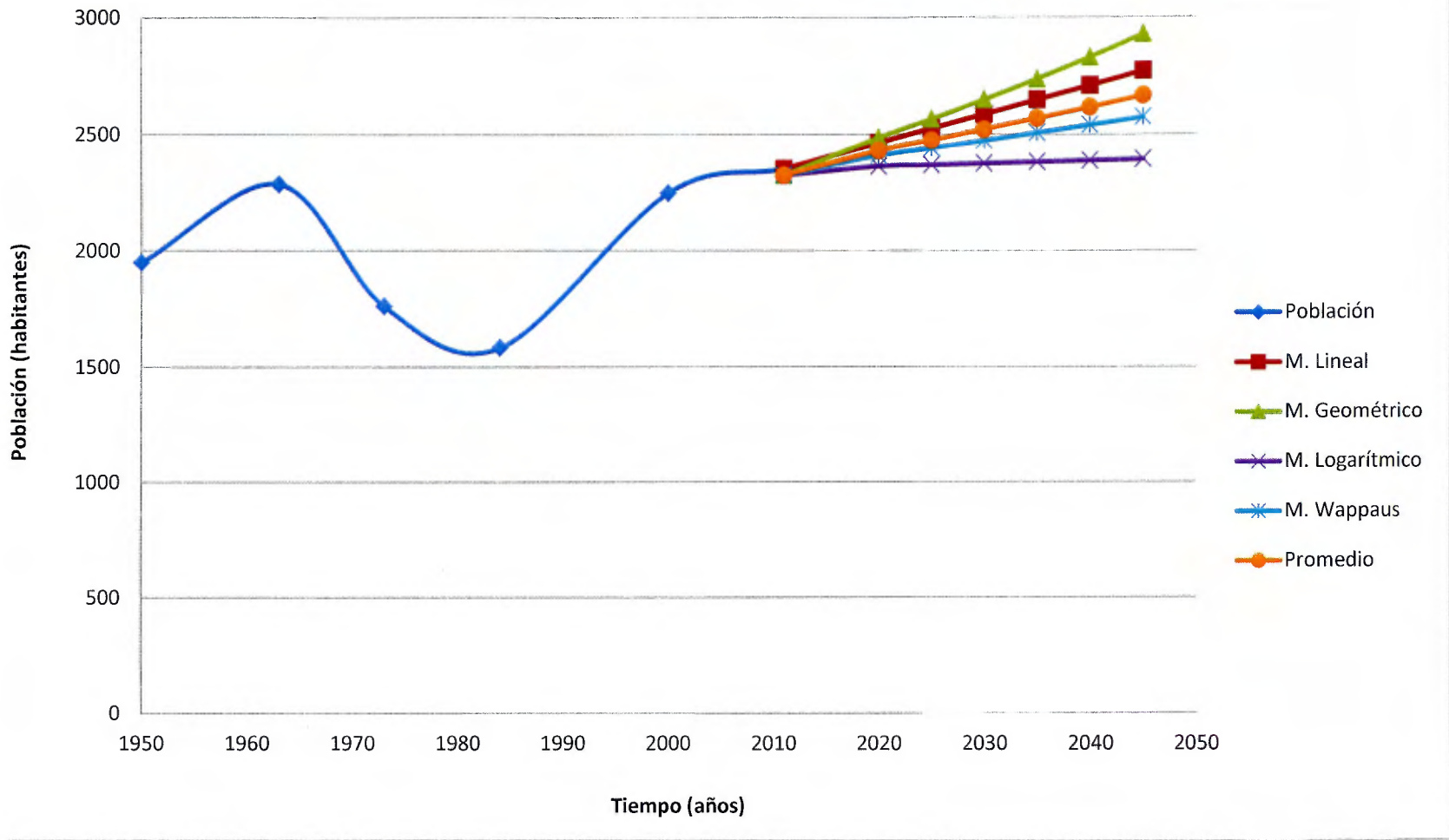


Figura VI.94. Proyecciones de La Sierra con los distintos métodos

Tomando los resultados promedio como la proyección de la Sierra, se pueden obtener proporcionalmente los resultados para cada una de las comunidades. Por lo tanto, para el año 2045 se tienen los siguientes resultados:

Cuadro VI.32. Resultados de las proyecciones para cada comunidad

Año	La Sierra	Tres Amigos	Candelaria y Campos de Oro	San Rafael	La Cruz
2020	2429	229	417	440	212
2025	2474	234	425	448	216
2030	2519	238	433	456	220
2035	2566	242	441	465	224
2040	2615	247	449	474	228
2045	2665	252	458	483	232

Del cuadro anterior, se puede observar los resultados de los valores de la población de La Sierra, proyecciones obtenidas por medio de los distintos métodos y los datos censales de Costa Rica. Además, se tienen los resultados obtenidos para cada comunidad, obteniendo los valores en negrita, los cuales son las proyecciones de los habitantes para el año 2045:

- Tres Amigos: 252 habitantes
- Candelaria y Campos de Oro: 458 habitantes
- San Rafael: 483 habitantes
- La Cruz: 232 habitantes

De acuerdo con el la Norma de Diseño de Agua Potable y no autorización para el uso de tuberías de PVC-SDR-41, se tiene la siguiente información:

- Dotación teórica de agua potable en poblaciones rurales: 200 l/p
- El caudal máximo diario (QMD) es igual a 1,2 veces el caudal promedio diario, por lo tanto el factor máximo diario es: FMD=1,2
- El caudal máximo horario es 1,8 veces igual al caudal máximo diario, o bien el factor máximo horario es de: FMH=1.8

Donde se cumplen las siguientes ecuaciones:

$$QMD (l/s) = QPD (l/s) * FMD [9]$$

$$QMH (l/s) = QPD (l/s) * FMH [10]$$

Este caudal sumado al caudal de incendio dará el total necesario para el abastecimiento de agua potable a toda la población. Es importante considerar para el diseño lo mencionado en el Capítulo I de este documento, entre otros aspectos se tiene:

- Velocidad máxima de las redes de distribución: 3,0 m/s
- Presión estática máxima de 50 mca, cuando el área de servicio es muy quebrada puede llegar hasta a 70 mca
- La presión dinámica de servicio no puede ser menor a 15 mca en la interconexión de la red en el punto crítico

Para calcular el caudal promedio diario para la población proyectada se tiene:

$$QPD_{ap}(l/s) = \frac{Dotación\ bruta \left(\frac{1}{hab} - d \right) * Población\ proyectada}{86400} [11]$$

Para la población de Tres Amigos se tiene:

$$QPD_{ap}(l/s) = \frac{200 \left(\frac{1}{hab} - d \right) * 252}{86400} = 0,58\ l/s$$

$$QMD(l/s) = 0,58\ (l/s) * 1,2 = 0,70\ l/s$$

$$QMH(l/s) = 0,58\ (l/s) * 1,8 = 1,04\ l/s$$

Realizando el mismo procedimiento para cada comunidad se obtienen los resultados que se presentan a continuación.

Cuadro VI.33. Resultados de caudal teóricos para cada comunidad para el año 2045

Datos	Tres Amigos	Candelaria y Campos de Oro	San Rafael	La Cruz
Población (habitantes)	252	458	483	232
Caudal promedio diario (l/s)	0,58	1,06	1,11	0,54
Caudal máximo diario (l/s)	0,70	1,27	1,33	0,65
Caudal máximo horario (l/s)	1,04	1,91	1,99	0,97
Caudal actual, época seca (l/s)	4,7	6,2	5,8	5,6
Caudal actual, época lluviosa (l/s)	5,1	7,5	6,3	6,2
Cumple con las necesidades para el año 2045 (sí/no)	sí	sí	sí	sí

Como se aprecia en el cuadro anterior, si las condiciones de agua actuales permanecen para el año 2045, y la población llegara a tener una dotación menor a 200 l/p, tanto las nacientes como el consumo, en las cuatro comunidades podrían seguir abasteciendo a la población. No obstante, se debe tener un funcionamiento adecuado de toda la red de distribución y educar a la población para evitar el desperdicio. Además de evitar el desperdicio de agua, se deben cuidar las cuencas para que la cantidad de agua actual se mantenga en el tiempo. Además, se tiene la incertidumbre de los efectos por cambio climático, que se podrían dar en las nacientes. Ahora, con los datos de consumo reales, de acuerdo con la información obtenida de las comunidades se tiene como dotación aproximada lo siguiente:

- Tres Amigos: 307,8 l/p
- Candelaria y Campos de Oro: 330 l/p
- San Rafael: 430,4 l/p
- La Cruz: 244 l/p

Por lo que para la población de Tres Amigos se tiene:

$$QPD_{ap}(l/s) = \frac{307,8 \left(\frac{l}{hab} - d \right) * 252}{86400} = 0,89 l/s$$

$$QMD(l/s) = 0,86 (l/s) * 1,2 = 1,07 l/s$$

$$QMH \left(\frac{l}{s} \right) = 0,86 (l/s) * 1,8 = 1,55 l/s$$

Realizando el mismo procedimiento para cada comunidad se obtienen los resultados que se presentan a continuación.

Cuadro VI.34. Resultados de caudal reales para cada comunidad para el año 2045

Datos	Tres Amigos	Candelaria y Campos de Oro	San Rafael	La Cruz
Población (habitantes)	252	458	483	232
Caudal promedio diario (l/s)	0,89	1,75	2,41	0,66
Caudal máximo diario (l/s)	1,07	2,10	2,89	0,79
Caudal máximo horario (l/s)	1,60	3,15	4,34	1,19
Caudal actual, época seca (l/s)	4,7	6,2	5,8	5,6
Caudal actual, época lluviosa (l/s)	5,1	7,5	6,3	6,2
Cumple con las necesidades para el año 2045 (sí/no)	sí	sí	sí	sí

Si las condiciones de agua actuales permanecen para el año 2045, tanto las nacientes como el consumo real aproximado, en las cuatro comunidades se podrá seguir abasteciendo a la población. No obstante, se debe tener un funcionamiento adecuado de toda la red de distribución y educar a la población para evitar el desperdicio.

Cuadro VI.35. Volumen de agua requerida para el año 2045

Datos	Tres Amigos	Candelaria y Campos de Oro	San Rafael	La Cruz
Población actual (habitantes)	222	404	426	205
Población futura (habitantes)	252	458	483	232
Volumen de almacenamiento actual (m³)	19,5	44,8	70,06	42,9
Volumen de agua requerido actual (m³/día)	68,3	133,3	183,4	50,0
Volumen de agua requerido a futuro (m³/día)	74,5	145,2	199,7	54,4

Para la comunidad de Tres Amigos se necesitan actualmente 3,5 tanques de agua aproximadamente al día, mientras que en el futuro se requieren 4; para Candelaria y Campos de Oro se requieren 3 tanques diarios y a futuro 3,5. Para la población de San Rafael se necesitan 2,7 tanques al día y al futuro 3; en La Cruz se necesita 1,2 y a futuro 1,3. Se determina que para las cuatro comunidades se necesita un tanque más para dentro de 30 años aproximadamente. Para San Rafael y Tres Amigos se recomienda la implementación de otro tanque, ya que actualmente no dan abasto los que tienen en la época lluviosa, como se mencionará más adelante. Por último, para La Cruz se recomienda la compra de un tanque a futuro, ya que para estos cálculos se consideró el tanque de concreto de emergencia que actualmente no se usa, este se encuentra en malas condiciones, como se verá posteriormente.

CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS ACUEDUCTOS

El Ministerio de Salud cuenta con unas Guías de Inspección para los distintos puntos de las redes. En el Anexo A.7 se pueden observar las mismas utilizadas para cada uno de los acueductos.

7.1 Acueducto de Tres Amigos

Con ayuda de las Guías de Inspección mostradas en la sección de Anexos, se determinan que algunos puntos de la red se deben de mejorar. En el Anexo A.8 se muestran los cuadros completados para la determinación de riesgo para el Acueducto de Tres Amigos.

7.1.1 Recomendaciones de infraestructura

Captación

La captación de la comunidad de Tres Amigos se encuentra a aproximadamente cuatro kilómetros, desde el último camino con acceso en vehículo; el ingreso a la captación se debe realizar en época seca y con vehículo de doble tracción debido a la irregularidad del terreno y a las altas pendientes que hay a un lado de la calzada. Para la época lluviosa el acceso es muy complicado por lo que regularmente no suelen ir a las nacientes.

Se recomienda que la ASADA realice un relleno en la vía en las partes que sean necesarias y que se canalicen, por medio de cañerías, las aguas de escorrentía que pasan por el camino para llegar a la captación. Ésta se recomienda que vaya paralela a la conducción, así de esta forma, en caso de alguna reparación o mantenimiento se pueda llegar fácilmente. Además, en la época lluviosa se dificulta llegar a la captación. Por otro lado, se recomienda que se realice un cerramiento perimetral alrededor de la naciente, para evitar el ingreso de los animales y de las personas. Además, de identificar el sitio como propiedad privada y evitar el ingreso de particulares.

También es importante que se realice una limpieza general mensual alrededor de la captación, ya que esta tiene mucho material, como piedras, vegetación y tierra, encima de la misma.

Conducción

Para la tubería que se encuentra en altura, se recomienda que la ASADA construya dos pedestales en concreto y una estructura suspendida para que sirvan como puntos de apoyo. Esto, con el fin de evitar que la tubería se vea pandeada y se dañe.

Tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento en general se encuentran en buenas condiciones. Sin embargo, se recomienda el uso de un sistema de cierre automático en la entrada del agua, para que cuando éste se llene deje de recibir agua; esto, debido a que el agua se rebalsa en época lluviosa. O bien que el agua se lleve a otro tanque de almacenamiento, ya que actualmente se desperdicia o las personas que viven en los asentamientos informales la aprovechan. Actualmente la ASADA no les brinda el servicio a estas personas, ya que no tienen los recursos para pagar por el servicio. Por lo que al tener otro tanque se puede distribuir el agua de manera más equitativa y se podría ayudar a esta población de muy bajos recursos. En la zona de los tanques de plástico, se recomienda realizar un cerramiento alrededor de estos; éste puede ser en malla ciclón para evitar el ingreso de particulares.

Además, se recomienda construir una acera de acceso y alrededor de los tanques, ya que actualmente cuenta una superficie muy irregular y con vegetación, la cual dificulta el mantenimiento. Se recomienda la instalación de otro tanque de almacenamiento para que se cumpla con el volumen requerido a futuro.

Desinfección

Como se menciona en el Capítulo IV, el agua de la naciente presentaba coliformes fecales. Otro aspecto, es que en distintas ocasiones el clorador no estaba en funcionamiento, por lo que se determina que no se le está dando el uso adecuado al mismo. Por estos motivos se recomienda la revisión de la dosificación que se está aplicando actualmente y realizar pruebas de un laboratorio certificado dos veces al año, en la época seca y en la lluviosa. También se pueden realizar pruebas de cloro residual para verificar el buen funcionamiento del acueducto. Es importante contar con un fontanero profesional que conozca el funcionamiento del acueducto, ya que se observó que no tienen conocimientos de dosificación y no se le da un buen mantenimiento constante.

7.1.2 Recomendaciones de gestión

Gestión organizacional

Se recomienda que se realicen capacitaciones técnicas de la operación y mantenimiento de un acueducto a todos los miembros de la ASADA. Además, educar a la población del aprovechamiento adecuado del producto y de contaminación ambiental, para evitar que el agua se contamine y se disminuya. Además, se recomienda que cada una de las personas de la junta conozca su puesto y labores específicas, con el fin de realizar sus tareas de forma adecuada.

Gestión administrativa

Se recomienda contar con una persona capacitada en cuanto a la parte administrativa para que colabore con las tareas asociadas. Realizar un respaldo computarizado actualizado de los cobros de la prestación de este servicio. Además, tener estadísticas con información importante, tales como el consumo de agua por medidor, agua no contabilizada y los parámetros físico-químicos de cumplimiento obligatorio según el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

Gestión comercial

Como recomendaciones se tiene realizar los cobros actualizados según lo estipulado por el ARESEP. Además, se deben instalar hidrantes en distintos puntos de la red. Las ubicaciones de los mismos deben ser solicitadas por parte de la ASADA al Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, para asegurarse que estén en puntos estratégicos y que se cumpla la presión mínima de 1,41 kg/cm².

Gestión de operación y mantenimiento

Se recomienda realizar aforos de forma periódica para conocer el comportamiento del acueducto. Al tener más detalles del mismo se puede gestionar el riesgo de mejor manera. Además de las recomendaciones mencionadas previamente.

Gestión Ambiental-Riesgo

Como recomendación principal en este aspecto, se recomienda tener un plan de contingencia en la comunidad. Esta falla puede ser ocasionada por un desastre natural

como por un sismo, o bien por exceso de lluvia, ocasionando que las tuberías se cubran con suelos, plantas o se pueden romper y ocasionar una fuga.

Actividades de prevención:

- Nombrar a una persona encargada de las reparaciones del sistema
- Conocer los sitios de mayor inestabilidad del terreno
- Comunicar a la población qué hacer en caso de una falla en el sistema (ver actividades durante una falla del sistema)

Contar con material adicional en una bodega cerrada (tener tuberías con diámetros utilizados en la red, válvulas, codos, uniones y herramientas)

En caso de que la falla sea ocasionada antropológicamente, se tienen las siguientes actividades:

Actividades de prevención:

- Nombrar a una persona encargada de las reparaciones del sistema
- Revisar y mantener la red de distribución semanalmente
- Comunicar a la población qué hacer en caso de una falla en el sistema (ver actividades durante una falla del sistema)
- Contar con material adicional en una bodega cerrada (tener tuberías con diámetros utilizados en la red, válvulas, codos, uniones y herramientas)

Como actividades durante la falla y posteriores a la misma, ya sea ocasionada naturalmente o por un ser humano se tiene lo siguiente.

Actividades durante una falla en el sistema:

- Notificar a la persona encargada de las reparaciones del sistema, indicando el lugar y tipo de falla (fuga, falta de agua u otro posible daño)
- La persona encargada debe inspeccionar el punto en cuestión y llevar materiales para solucionar el problema
- En caso de que el servicio se vea afectado temporalmente, avisar a la ASADA para que ellos puedan comunicar a la población, ya sea por medio de un aviso visual, como con un anuncio pegado en puntos de reunión (escuelas, pulperías, etc.) o por medio telefónico a los abonados

Actividades posteriores a una falla en el sistema:

- Revisar qué pudo haber ocasionado el problema en el sistema
- Reestablecer la cantidad de materiales en la bodega

Inversión

A continuación se presenta un presupuesto base con las recomendaciones realizadas previamente. Cabe destacar que para la construcción de los puntos que se mencionan se requiere de un diseño, este no se consideró debido a que no se incluye en los alcances de este proyecto.

Cuadro VII.36. Presupuesto base para las mejoras del acueducto de Tres Amigos

Aspecto		Detalles	Cant.	Ud.	Total Global
Corto Plazo (Inmediato - 2 años)					1 571 900,00
Infr- Est	Cerramiento en malla ciclón (h=2,5m)	Malla galvanizada 10 de 3,15mm, con tubo galvanizado de 50x3,15mm cada 2m, empotrado en pedestales de concreto de 20cmx20cmx20cm	30,00	ml	419 250,00
Parámetros físico- químicos	Instrumentos de medición	Mediciones de cloro residual (HI 96701), incluye reactivos en polvo	1,00	ud	195 650,00
	Pruebas de laboratorio	De acuerdo con el Laboratorio de Calidad de Aguas	6,00	ud	357 000,00
	Horas de trabajo	Considerando un día de trabajo, dos veces al año	20,00	hra	200 000,00
	Transporte y viáticos	Considerando un día de trabajo, dos veces al año	2,00	ud	400 000,00
Mediano plazo (2 - 5 años)					6 192 719,39
Infraestructura	Barandas para el acceso captación	Postes de madera local cada 1,5m con mecate de cabuya de 19mm	100,00	ml	531 050,00
	Peldaños para acceso captación (a=1m)	Con troncos locales y piedra quinta con 5cm de espesor y 20cm de ancho	20,00	ud	27 950,00
	Pedestales de concreto (h=1,5m)	Para la tubería descubierta (40cmx40cmx1,5m)	2,00	ud	86 086,00
	Bodega	Prefabricada 7m x 4m x 2,4m, contrapiso de 210 kg/cm ² y espesor de 5cm, con puerta metálica, cerchas metálicas y cubierta de HG	1,00	ud	1 789 918,00
	Acera de concreto (ancho mín. de 1,2m)	Para el acceso a los tanques, de 5cm de espesor	15,00	ml	100 620,00
Otro	Computadora	Para el respaldo de facturación, reportes y otra documentación	1,00	ud	335 400,00
Salarios	Contador	Salario anual a cuarto tiempo (Diplomados de Educación Superior)***	1,00	ud	1 364 770,55
	Fontanero	Salario anual a medio tiempo (Calificado genérico)***	1,00	ud	1 956 924,84
Largo plazo (5 - 15 años)					5 620 130,10
Infra- estructura	Tanque de plástico de 10000 L	Para el aprovechamiento del agua de rebalse y capacidad de volumen a futuro (No incluye tuberías, accesorios, transporte, ni instalación)	1,00	ud	95 589,00
	Hidrantes	No incluye tuberías, ni accesorios	1,00	ud	2 795 000,00
Salarios	Administrador	Salario anual a medio tiempo (Diplomados de Educación Superior)***	1,00	ud	2 729 541,10

Q 13 384 749,49

*Para las obras de infraestructura se considera que la mano de obra, herramientas, transporte y equipo, son incluidos por la ASADA

**Al ser trabajos para la comunidad no se considera utilidad

***Fuente: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2016

7.2 Acueducto de Candelaria y Campos de Oro

De igual manera que para la comunidad de Tres Amigos, con ayuda de las Guías de Inspección, se determinan que algunos puntos de la red se deben de mejorar. En el Anexo A.9 se muestran los cuadros completados para la determinación de riesgo para el Acueducto de Tres Amigos. A continuación se muestran las recomendaciones para el acueducto de Candelaria y Campos de Oro.

7.2.1 Recomendaciones de infraestructura

Captación

La infraestructura de las captaciones de Candelaria y Campos de Oro es adecuada; sin embargo, se recomienda la construcción de un acceso o bien la confección de algunas barandas en el camino que llega a las nacientes. Esto, ya que en la época lluviosa es muy complicado el acceso a las mismas y al sitio donde se ubica la bomba, por lo que en caso de una emergencia podría ser riesgoso su acceso. Además, se recomienda una malla perimetral alrededor de la misma para evitar el ingreso de particulares.

Bombeo

Se recomienda la revisión del uso de la bomba, ya que esta no debe funcionar de forma continua. Además, se le debe dar un mantenimiento preventivo de forma periódica. También se recomienda tener una bomba adicional en caso de emergencia y que la principal deje de funcionar.

Conducción

Se recomienda la limpieza mensual alrededor de las cajas de registro y la colocación de candados de seguridad en las tapas de las mismas por parte del fontanero. También, se recomienda la construcción de una caja de registro, ya que como se observó en el Capítulo III. Infraestructura de los acueductos, una de las válvulas se encuentra entre escombros y rocas.

Tanques de almacenamiento

Se recomienda a la ASADA limpiar dos veces al año y pintar toda la superficie del tanque de almacenamiento de agua de Candelaria y Campos de Oro cada 3 años. Además, la construcción de una acera de 2,10 cm de ancho alrededor del mismo y en el acceso al

tanque, la cual debe ser limpiada semanalmente. Además, se recomienda la compra y funcionamiento de un nuevo tanque de almacenamiento a largo plazo, para que de abasto con el volumen requerido a futuro.

Desinfección

Se recomienda el uso periódico de pastillas de hipoclorito de calcio como método de desinfección. Sin embargo, la utilización de dos pastillas cada ocho días se determina como adecuada, ya que los rangos de cloro residual en esas ocasiones fue aceptable y el agua se determinó como potable.

7.2.2 Recomendaciones de gestión

Gestión organizacional

Se recomienda que se realicen capacitaciones técnicas a todos los miembros de la ASADA para que conozcan el funcionamiento de un acueducto. También es importante que las personas de la junta conozcan su puesto para que realicen las tareas correctamente, ya que algunos no sabían que cargo llevaban a cargo.

Por otro lado, se debe educar a la población del aprovechamiento adecuado del producto y de contaminación ambiental, para evitar que el agua se contamine y se disminuya el caudal. Esto se puede realizar por medio de programas en las escuelas de las comunidades de Candelaria y Campos de Oro, tanto para niños, como para adultos.

Gestión administrativa

Se recomienda contar con una persona capacitada en cuanto a la parte administrativa para que colabore con las tareas asociadas. Además, realizar un respaldo computarizado actualizado de los cobros de la prestación de este servicio y tener documentación con información importante, tales como el consumo de agua por medidor, agua no contabilizada, entre otros. Ya que actualmente sólo se lleva un registro por medio de facturas cobradas por el servicio del agua potable.

Gestión comercial

Se recomienda realizar los cobros que se observan en el Anexo A.6 con tarifas del ARESEP, ya que actualmente se cobra un mínimo de tres mil colones y un máximo de ocho mil colones. Es recomendable seguir realizando los cobros como se están

implementando actualmente, de esta forma el porcentaje de morosidad se va a mantener nulo. Se recomienda tener un catastro de todo el acueducto, donde se indiquen las coordenadas, diámetros y elevaciones de las tuberías, carretera, ubicación de los tanques de almacenamiento, accesorios de la red y número de abonados del acueducto.

Además, se deben instalar hidrantes en las ubicaciones que le notifiquen el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica a la ASADA, para asegurarse que estén en puntos estratégicos y que se cumpla la presión mínima de 1,41 kg/cm². Para esto, la ASADA debe solicitar la ayuda a los bomberos.

Gestión de operación y mantenimiento

Se recomienda realizar aforos periódicos y llevar un registro de los mismos para vigilar los caudales de las nacientes. Y hacer uso periódico de pastillas de cloro para asegurar la calidad del agua potable en todo momento. Por otra parte, se recomienda realizar pruebas de un laboratorio certificado dos veces al año, en la época seca y en la lluviosa.

También se recomienda la limpieza de las aceras y tanques de almacenamiento, como se menciona anteriormente, semanalmente y dos veces al año, respectivamente; y alrededor de las nacientes cada 15 días. Se recomienda que los tanques de almacenamiento sean pintados cada 3 años.

Gestión Ambiental-Riesgo

A continuación se muestra una recomendación de plan de contingencia en caso de que exista una falla en el sistema de distribución de agua potable de las comunidades de Candelaria y Campos de Oro. Esta falla puede ser ocasionada por un desastre natural como por un sismo, o bien por exceso de lluvia, ocasionando que las tuberías se cubran con suelos, plantas o se pueden romper y ocasionar una fuga.

Actividades de prevención:

- Nombrar a una persona encargada de las reparaciones del sistema
- Conocer los sitios de mayor inestabilidad del terreno
- Comunicar a la población qué hacer en caso de una falla en el sistema (ver actividades durante una falla del sistema)

Contar con material adicional en una bodega cerrada (tener tuberías con diámetros utilizados en la red, válvulas, codos, uniones y herramientas)

En caso de que la falla sea ocasionada antropológicamente, se tienen las siguientes actividades:

Actividades de prevención:

- Nombrar a una persona encargada de las reparaciones del sistema
- Revisar y mantener la red de distribución semanalmente
- Comunicar a la población qué hacer en caso de una falla en el sistema (ver actividades durante una falla del sistema)
- Contar con material adicional en una bodega cerrada (tener tuberías con diámetros utilizados en la red, válvulas, codos, uniones y herramientas)

Como actividades durante la falla y posteriores a la misma, ya sea ocasionada naturalmente o por un ser humano se tiene lo siguiente.

Actividades durante una falla en el sistema:

- Notificar a la persona encargada de las reparaciones del sistema, indicando el lugar y tipo de falla (fuga, falta de agua u otro posible daño)
- La persona encargada debe inspeccionar el punto en cuestión y llevar materiales para solucionar el problema
- En caso de que el servicio se vea afectado temporalmente, avisar a la ASADA para que ellos puedan comunicar a la población, ya sea por medio de un aviso visual, como con un anuncio pegado en puntos de reunión (escuelas, pulperías, etc.) o por medio telefónico a los abonados

Actividades posteriores a una falla en el sistema:

- Revisar qué pudo haber ocasionado el problema en el sistema
- Reestablecer la cantidad de materiales en la bodega

Inversión

A continuación se presenta un cuadro con las propuestas de inversión para la ASADA de las comunidades de Candelaria y Campos de Oro.

Cuadro VII.37. Presupuesto base para las mejoras del acueducto de Candelaria y Campos de Oro

Aspecto		Detalles	Cant.	Ud.	Total Global
Corto plazo (Inmediato - 2 años)					957 000,00
Parám. físico-químicos	Pruebas de laboratorio	De acuerdo con el Laboratorio de Calidad de Aguas	6,00	ud	357 000,00
	Horas de trabajo	Considerando un día de trabajo, dos veces al año	20,00	hra	200 000,00
	Transporte y viáticos	Considerando un día de trabajo, dos veces al año	2,00	ud	400 000,00
Infra Estr.	Cerramiento en malla ciclón (h=2,5m)	Malla galvanizada 10 de 3,15mm, con tubo galvanizado de 50x3,15mm cada 2m, empotrado en pedestales de concreto de 20cmx20cmx20cm	60,00	ml	771 420,00
Mediano plazo (2 - 5 años)					2 657 631,34
Infraestructura	Caja de registro	Prefabricada 50cmx50cm	1,00	ud	36 894,00
	Acera de concreto (ancho mínimo de 1,2m)	Para el acceso a los tanques, de 5cm de espesor	35,00	ml	234 780,00
	Barandas para el acceso captación	Postes de madera local cada 1,5m con mecate de cabuya de 19mm	15,00	ml	79 657,50
	Peldaños para el acceso captación (ancho mín. 1m)	Con troncos locales y piedra quinta con 5cm de espesor y 20cm de ancho	10,00	ud	13 975,00
Otro	Computadora	Para el respaldo de facturación, reportes y otra documentación	1,00	ud	335 400,00
Salarios	Fontanero	Salario anual a medio tiempo (Calificado genérico)***	1,00	ud	1 956 924,84
Largo plazo (5 - 15 años)					6 984 900,65
Infra-Estruct.	Tanque de plástico de 10000 L	Para cumplir con el volumen de agua a futuro (No incluye tuberías, accesorios, transporte, ni instalación)	1,00	ud	95 589,00
	Hidrantes	No incluye tuberías, ni accesorios	1,00	ud	2 795 000,00
Salarios	Contador	Salario anual a cuarto tiempo (Diplomados de Educación Sup.)***	1,00	ud	1 364 770,55
	Administrador	Salario anual a medio tiempo (Diplomados de Educación Sup.)***	1,00	ud	2 729 541,10

¢ 9 642 531,99

*Para las obras de infraestructura se considera que la mano de obra, herramientas, transporte y equipo, son incluidos por la ASADA

**Al ser trabajos para la comunidad no se considera utilidad

***Fuente: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2016

7.3 Acueducto de San Rafael

7.3.1 Recomendaciones de infraestructura

Captación

La infraestructura general de la captación es aceptable; no obstante, se recomienda que la ASADA cambie las tapas de concreto que tiene la captación ya que se encuentran en mal estado, por lo que el ingreso de materiales y animales se ve facilitado. Para esta tarea se pueden utilizar tapas metálicas con un candado de seguridad y el cerramiento con malla perimetral para evitar el ingreso de particulares.

Conducción

Para la tubería que se encuentra suspendida, se recomienda la construcción de dos pedestales en concreto y una estructura suspendida para que la tubería no se pandee y se dañe. Además, se recomienda la instalación de un tanque quiebra gradiente posterior al cambio de tubería de hierro por PVC, esto ya que en época lluviosa fallan las tuberías de PVC, se supone que se debe a las altas presiones que lleva el agua.

Tanques de almacenamiento

Los tres tanques de almacenamiento de San Rafael se encuentran en buen estado. No obstante, se recomienda la construcción de una acera de 2,1 cm alrededor de los mismos y un acceso ya sea en concreto o con barandas para la facilidad de mantenimiento de los mismos. Además, se recomienda la construcción de cerramientos en el tanque que se encuentra por la naciente y en el tanque de plástico, ya que en otras ocasiones personas ajenas a la ASADA han dañado otros tanques.

Desinfección

La desinfección se debe realizar de forma continua. La naciente tuvo registro de coliformes fecales, por lo que no se puede dejar de desinfectar el agua.

7.3.2 Recomendaciones de gestión

Gestión organizacional

Se recomienda que se realicen capacitaciones técnicas a todos los miembros de la ASADA, para que conozcan el funcionamiento de los acueductos y sus labores dentro de la organización.

Además, se debe educar a la población del aprovechamiento adecuado del producto y de contaminación ambiental, para evitar que el agua se contamine y se disminuya el caudal. Esto se puede realizar por medio de programas en la escuela de San Rafael o por medio de cursos gratuitos realizados en el Salón Multiuso Comunal, tanto para niños, como adultos.

Gestión administrativa

Se recomienda contar con una persona capacitada en cuanto a la parte administrativa para que colabore con la administración de la ASADA. Además, se recomienda llevar registros de información importante, tales como el consumo de agua por medidor, aforos, agua no contabilizada y estadísticas de los parámetros físico-químicos planteados en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable del año 2015.

Gestión comercial

Se deben instalar hidrantes en las ubicaciones adecuadas, establecidas por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica y la ASADA, para asegurarse que estén en puntos estratégicos y que se cumpla la presión mínima de 1,41 kg/cm².

Es importante que tengan un catastro de los servicios que tienen actualmente, donde también se indiquen las coordenadas, líneas de conducción, tanques de almacenamiento y otros puntos de interés. Además, se debe ser más exigente con los cobros de los recibos de agua, para así disminuir el porcentaje de morosidad, que actualmente está en aproximadamente 10%. Esto se puede realizar siguiendo la normativa respectiva de las ASADAS, donde se determina que si un abonado no cumple con el pago del servicio, se le deberá cortar el suministro del agua.

Gestión de operación y mantenimiento

Se recomienda realizar aforos periódicos y llevar un registro de los mismos para vigilar los caudales de las nacientes; así poder conocer el comportamiento del mismo y analizar si la naciente aporta la cantidad de agua necesaria para el abastecimiento de la población.

Además, como se mencionó con anterioridad, hacer uso periódico de pastillas de cloro para asegurar la calidad del agua potable en todo momento. También se deben realizar pruebas de un laboratorio certificado dos veces al año, en la época seca y en la lluviosa.

Se recomienda pintar los tanques de almacenamiento cada 3 años, limpiar los tres tanques dos veces al año y limpiar la acera semanalmente. Además, se recomienda limpiar la zona de la captación por lo menos cada 15 días.

Gestión Ambiental-Riesgo

Actualmente la persona que ha tomado el papel como fontanero del acueducto es el señor Aparicio Picado, el cual es un integrante de la administración de la ASADA. Se recomienda tener otra persona que realice estas labores o bien tener a un fontanero conocido como adicional en caso de una emergencia y que el señor Picado no se encuentre en la zona y pagarle lo requerido por ley por estas labores.

Como plan de contingencia para una falla ocasionada por un desastre natural se tiene:

Actividades de prevención:

- Nombrar a una persona encargada de las reparaciones del sistema
- Conocer los sitios de mayor inestabilidad del terreno
- Comunicar a la población qué hacer en caso de una falla en el sistema (ver actividades durante una falla del sistema)

Contar con material adicional en una bodega cerrada (tener tuberías con diámetros utilizados en la red, válvulas, codos, uniones y herramientas)

En caso de que la falla sea ocasionada antropológicamente, se tienen las siguientes actividades:

Actividades de prevención:

- Nombrar a una persona encargada de las reparaciones del sistema
- Revisar y mantener la red de distribución semanalmente
- Comunicar a la población qué hacer en caso de una falla en el sistema (ver actividades durante una falla del sistema)
- Contar con material adicional en una bodega cerrada (tener tuberías con diámetros utilizados en la red, válvulas, codos, uniones y herramientas)

Como actividades durante la falla y posteriores a la misma, ya sea ocasionada naturalmente o por un ser humano se tiene lo siguiente.

Actividades durante una falla en el sistema:

- Notificar a la persona encargada de las reparaciones del sistema, indicando el lugar y tipo de falla (fuga, falta de agua u otro posible daño)
- La persona encargada debe inspeccionar el punto en cuestión y llevar materiales para solucionar el problema

- En caso de que el servicio se vea afectado temporalmente, avisar a la ASADA para que ellos puedan comunicar a la población, ya sea por medio de un aviso visual, como con un anuncio pegado en puntos de reunión (escuelas, pulperías, etc.) o por medio telefónico a los abonados

Actividades posteriores a una falla en el sistema:

- Revisar qué pudo haber ocasionado el problema en el sistema
- Reestablecer la cantidad de materiales en la bodega

Inversión

En el siguiente cuadro se presenta el presupuesto base con las mejoras para la ASADA de San Rafael.

Cuadro VII.38. Presupuesto base para las mejoras del acueducto de San Rafael

Aspecto		Detalles	Cant.	Ud.	Total Global
Corto plazo (Inmediato - 2 años)					2 130 900,00
Parámetros físico-químicos	Instrumentos de medición	Mediciones de cloro residual, incluye reactivos en polvo (HI 96701)	1,00	ud	195 650,00
	Pruebas de laboratorio	De acuerdo con el Laboratorio de Calidad de Aguas	6,00	ud	357 000,00
	Horas de trabajo	Considerando un día de trabajo, dos veces al año	20,00	hra	200 000,00
	Transporte y viáticos	Considerando un día de trabajo, dos veces al año	2,00	ud	400 000,00
Infra-Estruct.	Cerramiento en malla ciclón (h=2,5m)	Malla galvanizada 10 de 3,15mm, con tubo galvanizado de 50x3,15mm cada 2m, empotrado en pedestales de concreto de 20cmx20cmx20cm	70,00	ml	978 250,00
Mediano plazo (2 - 5 años)					4 433 015,34
Infraestructura	Barandas para el acceso captación	Postes de madera local cada 1,5m con mecate de cabuya de 19mm	45,00	ml	238 972,50
	Pedestales de concreto (h=1,5m)	Para la tubería descubierta (40cmx40cmx1,5m)	2,00	ud	86 086,00
	Acera de concreto (a= 1,2m)	Para el acceso a los tanques, de 5cm de espesor	310,00	ml	2 079 480,00
	Tanque de plástico de 750 L	Tanque de plástico quiebra gradientes	1,00	ud	71 552,00
Sala.	Fontanero	Salario anual a medio tiempo (Calificado genérico)	1,00	ud	1 956 924,84
Largo plazo (5 - 15 años)					6 984 900,65
Infra-estruct.	Tanque de plástico de 10000 L	Para cumplir con el volumen de agua a futuro (No incluye tuberías, accesorios, transporte, ni instalación)	1,00	ud	95 589,00
	Hidrantes	No incluye tuberías, ni accesorios	1,00	ud	2 795 000,00
Salarios	Contador	Salario anual a cuarto tiempo (Diplomados de Educación Superior)	1,00	ud	1 364 770,55
	Administrador	Salario anual a medio tiempo (Diplomados de Educación Superior)	1,00	ud	2 729 541,10

₡ 13 548 815,99

*Para las obras de infraestructura se considera que la mano de obra, herramientas, transporte y equipo, son incluidos por la ASADA

**Al ser trabajos para la comunidad no se considera utilidad

***Fuente: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2016

7.4 Acueducto de La Cruz

7.4.1 Recomendaciones de infraestructura

Captación

Se recomienda realizar un cerramiento alrededor de las nacientes para evitar el acceso de animales y personas particulares a éstas. Además, se recomienda la instalación de barandas y pasos seguros en el acceso a las nacientes, ya que en época lluviosa, es muy complicado el acceso y en caso de una emergencia o mantenimiento de las captaciones se dificulta llegar a los puntos deseados. También se recomienda realizar una limpieza general a las captaciones, actualmente cuentan con desechos de plantas, sedimentos y otros, los cuales pueden contaminar el agua y obstaculizar posteriormente las tuberías.

Bombeo

Se recomienda la revisión del uso de la bomba, ya que esta no debe funcionar de forma continua. Además, se le debe dar un mantenimiento preventivo de forma periódica. También se recomienda tener una bomba adicional en caso de emergencia y que la principal deje de funcionar.

Conducción

Se recomienda enterrar las secciones de la tubería que se encuentran descubiertas, para evitar que se dañen con el tránsito de la zona u otro.

Tanques de almacenamiento

Dos de los tres tanques de la comunidad de La Cruz, cuentan con una acera de aproximadamente 2,10 m. Se recomienda la construcción de una similar a estar en el tanque de concreto que se utiliza para el almacenamiento de agua de emergencia. Además, se recomienda la limpieza, pintura e impermeabilización de los dos tanques de concreto. Se recomienda la construcción de un cerramiento en el terreno donde se encuentran los tanques, ya que actualmente solo tienen una separación con alambres de púas, lo cual permite el fácil acceso a los mismos.

Desinfección

Actualmente se desinfecta el agua por medio de cloración salina a un lado del tanque. Ésta se debe realizar de forma continua, ya que en algunas ocasiones se obtuvieron valores superiores

a los admisibles de coliformes. Por otra parte, la desinfección que se realiza actualmente no es la suficiente; ya que en las pruebas realizadas de Cloro residual, se obtuvieron valores más bajos a los recomendados en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable. Por lo que se recomienda la verificación de la dosis de sal y realizar más pruebas de coliformes fecales.

7.4.2 Recomendaciones de gestión

Gestión organizacional

Se recomienda que se realicen capacitaciones técnicas a todos los miembros de la ASADA para que conozcan el funcionamiento del acueducto y sus tareas en la organización. Además, educar a la población del aprovechamiento adecuado del producto y de contaminación ambiental, para evitar que el agua se contamine y se disminuya el caudal. Esto se puede realizar por medio de programas de aprendizaje para niños y adultos durante y después de las lecciones.

Gestión administrativa

Se recomienda contar con un administrador, o una persona capacitada, para que colabore en las acciones necesarias en cuanto a la administración de la ASADA. Además, se recomienda llevar registros de información importante, tales como el consumo de agua por medidor, agua no contabilizada y estadísticas de los parámetros físico-químicos mencionados en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

Gestión comercial

Se deben instalar hidrantes en las ubicaciones adecuadas, establecidas por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica y la ASADA, se cumpla la presión mínima de 1,41 kg/cm² y que estén en lugares estratégicos. Por otra parte, es importante que tengan un catastro de los servicios que tienen actualmente, para cumplir con el Reglamento de ASADAS.

Gestión de operación y mantenimiento

Se recomienda realizar aforos periódicos y llevar un registro de los mismos para vigilar los caudales de las nacientes; esto, con el fin de conocer el comportamiento de las nacientes en las distintas épocas del año y determinar si hay alguna variación importante.

Además, como se mencionó con anterioridad, dosificar de manera adecuada la sal para la desinfección del agua. También se deben realizar pruebas de un laboratorio certificado dos veces al año, en la época seca y en la lluviosa, para cumplir con el Reglamento para la Calidad

del Agua Potable. Es importante que se dé una limpieza a las aceras semanalmente, al terreno alrededor de las nacientes cada quince días y dos veces al año a los tanques. Se recomienda pintar el tanque de concreto cada tres años aproximadamente.

Gestión Ambiental-Riesgo

Se recomienda tener un plan de contingencia en la comunidad; a continuación se presenta un posible plan en caso de una falla en el sistema. La falla puede ser ocasionada por un desastre natural como por un sismo, o bien por exceso de lluvia, ocasionando que las tuberías se cubran con suelos, plantas o se pueden romper y ocasionar una fuga.

Actividades de prevención:

- Nombrar a una persona encargada de las reparaciones del sistema
- Conocer los sitios de mayor inestabilidad del terreno
- Comunicar a la población qué hacer en caso de una falla en el sistema (ver actividades durante una falla del sistema)

Contar con material adicional en una bodega cerrada (tener tuberías con diámetros utilizados en la red, válvulas, codos, uniones y herramientas)

En caso de que la falla sea ocasionada antropológicamente, se tienen las siguientes actividades:

Actividades de prevención:

- Nombrar a una persona encargada de las reparaciones del sistema
- Revisar y mantener la red de distribución semanalmente
- Comunicar a la población qué hacer en caso de una falla en el sistema (ver actividades durante una falla del sistema)
- Contar con material adicional en una bodega cerrada (tener tuberías con diámetros utilizados en la red, válvulas, codos, uniones y herramientas)

Como actividades durante la falla y posteriores a la misma, ya sea ocasionada naturalmente o por un ser humano se tiene lo siguiente.

Actividades durante una falla en el sistema:

- Notificar a la persona encargada de las reparaciones del sistema, indicando el lugar y tipo de falla (fuga, falta de agua u otro posible daño)

- La persona encargada debe inspeccionar el punto en cuestión y llevar materiales para solucionar el problema
- En caso de que el servicio se vea afectado temporalmente, avisar a la ASADA para que ellos puedan comunicar a la población, ya sea por medio de un aviso visual, como con un anuncio pegado en puntos de reunión (escuelas, pulperías, etc.) o por medio telefónico a los abonados

Actividades posteriores a una falla en el sistema:

- Revisar qué pudo haber ocasionado el problema en el sistema
- Reestablecer la cantidad de materiales en la bodega

Inversión

A continuación, se presenta el presupuesto base con las recomendaciones para la mejora de la ASADA de La Cruz.

Cuadro VII.39. Presupuesto base para las mejoras del acueducto de La Cruz

Aspecto		Detalles	Cant.	Ud.	Total Global
Corto plazo (Inmediato - 2 años)					1 641 775,00
Parámetros físico-químicos	Instrumentos de medición	Mediciones de cloro residual, incluye reactivos en polvo (HI 96701)	1,00	ud	195 650,00
	Pruebas de laboratorio	De acuerdo con el Laboratorio de Calidad de Aguas	6,00	ud	357 000,00
	Horas de trabajo	Considerando un día de trabajo, dos veces al año	20,00	hra	200 000,00
	Transporte y viáticos	Considerando un día de trabajo, dos veces al año	2,00	ud	400 000,00
Infra-Estruct.	Cerramiento en malla ciclón (h=2,5m)	Malla galvanizada 10 de 3,15mm, con tubo galvanizado de 50x3,15mm cada 2m, empotrado en pedestales de concreto de 20cmx20cmx20cm	35,00	ml	489 125,00
Mediano plazo (2 - 5 años)					2 507 539,84
Infra-estructura	Acera de concreto (ancho de 1,2m)	Para el acceso a los tanques, de 5cm de espesor	15,00	ml	100 620,00
	Barandas para el acceso captación	Postes de madera local cada 1,5m con mecate de cabuya de 19mm	30,00	ml	159 315,00
	Pintura	Para los tanques de almacenamiento de concreto	65,00	m2	290 680,00
Sala.	Fontanero	Salario anual a medio tiempo (Calificado genérico)***	1,00	ud	1 956 924,84
Largo plazo (5 - 15 años)					6 984 900,65
Infra-estructura	Tanque de plástico de 10000 L	Para cumplir con el volumen de agua a futuro (No incluye tuberías, accesorios, transporte, ni instalación)	1,00	ud	95 589,00
	Hidrantes	No incluye tuberías, ni accesorios	1,00	ud	2 795 000,00
Salarios	Contador	Salario anual a cuarto tiempo (Diplomados de Educación Superior)***	1,00	ud	1 364 770,55
	Administrador	Salario anual a medio tiempo (Diplomados de Educación Superior)***	1,00	ud	2 729 541,10

¢ 9 492 440,49

*Para las obras de infraestructura se considera que la mano de obra, herramientas, transporte y equipo, son incluidos por la ASADA

**Al ser trabajos para la comunidad no se considera utilidad

***Fuente: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2016

Como resumen general para las comunidades, se plantean las siguientes recomendaciones:

Cuadro VII.40. Mejoras por realizar en los acueductos

Aspecto	Corto plazo (Inmediato – 2 años)	Mediano plazo (2 – 5 años)	Largo plazo (5 – 15 años)
Infraestructura	-Realizar un presupuesto detallado y buscar financiamiento -Construcción de malla perimetral en los tanques de almacenamiento -Labores de mantenimiento	-Mejoras generales de infraestructura: aceras, accesos, barandas, bodegas, tapas de registro, hidrantes, etc. -Labores de mantenimiento	-Construcciones mayores pendientes -Labores de mantenimiento
Desinfección	-Pruebas de laboratorio: coliformes, fósforo y nitrógeno amoniacal -Revisar la dosificación adecuada	-Pruebas de laboratorio -Mantener una dosificación adecuada	-Pruebas de laboratorio -Mantener una dosificación adecuada
Organizacional	-Capacitaciones al personal de las ASADAS	-Educación a las comunidades	-Programas y planes de educación para el mantenimiento adecuado del agua y del ambiente
Administrativa	-Contar con una computadora para llevar registros	-Contar con personal capacitado para la administración de la ASADA	-Contratar a un administrador para la ASADA
Comercial	-Realizar un presupuesto detallado y buscar financiamiento -Cobrar lo estipulado por el ARESEP	-Solicitar ayuda al Departamento de Ingeniería de Bomberos para determinar la ubicación y cantidad de los hidrantes	-Instalación de hidrantes y sus respectivas tuberías -Confección de planos y catastro de usuarios
Operación y mantenimiento	-Realizar aforos periódicos -Realizar pruebas de calidad de agua	-Realizar aforos y pruebas de calidad de agua dos veces al año (mínimo)	-Realizar aforos y pruebas de calidad de agua de forma periódica
Ambiental-Riesgo	-Nombrar a una persona encargada para labores de mantenimiento y operación	-Contratar a un fontanero fijo	-Mantener el puesto de fontanero para mantenimiento y operación

Es importante que el uso de la computadora sea para el registro de datos. Estos son principalmente los aforos y valores de micromedición de forma mensual y las pruebas de laboratorio de forma semestral. En el Anexo A.12 se muestra un formato de cómo se puede llevar esta información.

Tal y como se mencionó previamente, de acuerdo con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, y como las poblaciones en estudio son menores a 5 000 habitantes se deben realizar las siguientes pruebas:

- Cada 6 meses: 1 Análisis físico-químico del N1 en la fuente de abastecimiento (Color aparente, turbiedad, olor, sabor, temperatura, pH, conductividad, cloro residual libre y cloro residual combinado)
- Cada 6 meses: 1 Análisis microbiológico del N1 en la fuente de abastecimiento, tanque de almacenamiento y en la red de distribución (Coliforme fecal y E. Coli)
- Cada 3 años: 1 Análisis químico del N2 y el N3 en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución (N2: aluminio, calcio, cloruro, cobre, dureza total, fluoruro, hierro, magnesio, manganeso, nitrato, plomo, potasio, sodio, sulfato y zinc, N3: amonio, antimonio, arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, nitrito y selenio)

Además, como las poblaciones en estudio son menores a 2 000 habitantes se deben realizar:

- Cada mes: 1 Análisis físico-químico del CO en la fuente o en las mezclas de las fuentes que ingresa a la red de distribución (Turbiedad, olor, sabor y cloro residual)

De forma general, también se recomienda realizar los siguientes estudios:

-Hidráulicos: luego de la confección de los planos de la red de distribución de agua potable, se recomienda realizar este estudio, para así poder determinar si está diseñada de tal forma, que se esté aprovechando al máximo el recurso y que se garantice que no vaya a fallar por funcionamiento.

-Hidrogeológicos: con este estudio, se puede determinar dónde son las zonas de recarga de la fuente y la existencia de microcuencas, para así no afecta las zonas de protección y determinar otras posibles nacientes, que podrían llegar a necesitarse en el futuro.

CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Se realizó el diagnóstico del estado actual de los acueductos de Tres Amigos, Candelaria y Campos de Oro, San Rafael y La Cruz, ubicados en la parte alta de Abangares. Además, se evaluó la calidad del agua de acuerdo con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable en las fuentes, sistemas de almacenamiento y en la red de distribución. Se determina:

- Tres Amigos: las nacientes presentan valores mayores a los admisibles en coliformes fecales, Nitrógeno amoniacal y Fósforo, el tanque principal no cumplía con el parámetro de Nitrógeno amoniacal. Además, en algunas ocasiones el clorador no estaba en funcionamiento, lo cual debe funcionar de forma periódica.

- Candelaria y Campos de Oro: las nacientes y los tanques de almacenamiento no cumplían con el parámetro de Nitrógeno amoniacal y el de Fósforo, estas pruebas se deben de realizar de nuevo ya que los valores son muy altos. Por otro lado, no presentaban coliformes fecales, lo que se puede deber a la buena infraestructura de las mismas. De manera similar que en la comunidad de Tres Amigos, el clorador no funcionaba de manera adecuada en algunas ocasiones, por lo que se debe corregir este problema.

- San Rafael: el problema del Nitrógeno amoniacal y el Fósforo también se observó esta comunidad, de igual forma que para las otras comunidades, se deben realizar de nuevo estas pruebas ya que no son concluyentes. Por otro lado, en algunos puntos de la red la cantidad de Cloro era menor a la recomendada o nula, por lo que se debe utilizar una dosis adecuada en la red de forma periódica, ya que además de estos problemas, la naciente presentó coliformes fecales.

- La Cruz: la naciente principal también registró altos valores de coliformes fecales, Nitrógeno amoniacal y Fósforo, lo que se determina que se deben revisar estos parámetros principalmente.

Como se observa, en tres de las cuatro comunidades en estudio presentaron coliformes fecales en las nacientes. Además, hay valores superiores a los recomendados de Fósforo y Nitrógeno amoniacal por lo que se debe realizar las pruebas de laboratorio de nuevo y realizarlas periódicamente para evaluar estos parámetros. En todas las comunidades presentaron

deficiencias en el sistema de desinfección, por lo que se debe implementar tabletas de hipoclorito de calcio o sal, dependiendo del funcionamiento elegido por cada ASADA, para poder potabilizar el agua correctamente. En cuanto al pH, es importante verificar que los resultados son los adecuados, por medio de otras pruebas de laboratorio. De obtener valores similares a los actuales se debe neutralizar; esto se puede realizar por medio de un neutralizador como con carbonato de calcio o bien revisando la alcalinidad del agua.

Se determina, que la cantidad de agua actual puede abastecer a las comunidades por 30 años, pero es importante que se dé un control por medio de aforos en las nacientes y vigilancia para evitar fallas en el sistema de distribución. Además, es importante educar a niños y adultos para evitar el desperdicio de este recurso. Por otra parte, el cambio climático puede ocasionar largas sequías o disminución de la cantidad de agua de las nacientes, por lo que las estadísticas mensuales de los aforos son importantes.

De acuerdo con algunas entrevistas a los encargados de las ASADAs, mencionaron que muchas personas desperdician el agua, especialmente en la época seca, regando los jardines y las calles para evitar que entre el polvo a las viviendas, por lo que se necesita de una mejor comunicación y educación a las comunidades para corregir este aspecto.

Se determina que se deben realizar mejoras en la infraestructura de los acueductos, tomando en cuenta la construcción de aceras, cerramientos en los terrenos de las nacientes y de los tanques de abastecimiento, entre otros.

Cabe destacar que se realizó el levantamiento de la red de distribución principal para cada comunidad, donde se determinó la ubicación de puntos de interés con ayuda de coordenadas geográficas, como las nacientes, bombas, válvulas, tanques, cloradores, entre otros.

Es importante mencionar, que debido a que las comunidades en estudio se encuentran en zona boscosa y presentan altas pendientes, el levantamiento se realizó por medio de GPS y puede tener un error de cinco metros aproximadamente. También se revisó la organización administrativa de los acueductos, en cuanto a la planificación y mantenimiento, y de los recursos con que cuentan los acueductos.

Se determina que la parte alta de la cuenca sobre el río Abangares tiene un comportamiento muy distinto a la parte baja, ya que esta última no tiene déficit de agua en las nacientes. No obstante es importante que no se desaproveche este recurso, de manera similar a como se realiza en la parte baja.

8.2 Recomendaciones

Tal y como se menciona en el Capítulo VII. Recomendaciones para el mejoramiento de los acueductos, se requiere mantener y corregir algunos aspectos de infraestructura en todas las comunidades.

Inicialmente, se recomienda que haya un camino adecuado con barandales y escalones en las zonas con altas pendientes para llegar a las nacientes y tanques.

En las partes de la conducción que la tubería se encuentra de modo aéreo, se deben instalar pedestales y una estructura de soporte para evitar el pandeo de las tuberías.

Se recomienda el uso de válvulas de purga en distintos puntos de las redes para que en caso de una obstrucción o limpieza, no se contamine toda la red.

Es importante el uso de cajas de registro para la protección de las válvulas de cierre, éstas pueden ser de concreto con una tapa de metal y un candado para evitar que personas particulares las lleguen a dañar.

Se recomienda que las nacientes y tanques de almacenamiento de agua, estén cercadas en su perímetro para evitar el ingreso de animales y personas ajenas a la ASADA de cada comunidad.

Se debe hacer uso del sistema de desinfección de manera correcta, para asegurar que el agua sea potable en todo momento. Se recomienda que las ASADAs compren medidores de cloro libre y cloro residual portátiles, para así determinar que en toda la red se distribuya el agua con la cantidad de cloro adecuada.

Se recomienda la instalación de hidrantes en todas las comunidades. Para esto se debe coordinar con el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, para determinar los hidrantes a utilizar, cantidad y ubicación de los mismos.

Se les recomienda a las ASADAS de Tres Amigos y La Cruz, la construcción de bodegas para el almacenamiento de materiales adicionales. Esto para que en caso de un accidente o alguna reparación de emergencia no se desperdicie el agua y se pueda corregir a la mayor brevedad.

Como se mencionó con anterioridad, se recomienda contratar un fontanero, por lo menos cuarto tiempo, para que el mantenimiento, reparaciones y modificaciones de las redes se realicen de manera adecuada; principalmente para las que no cuentan con uno formal, como Tres Amigos, San Rafael y La Cruz. Una buena opción es que las comunidades tengan una

mejor comunicación entre ellas para tener al mismo profesional, así los gastos podrían ser reducidos.

También es necesario de una persona con conocimiento de administración y contaduría para poder llevar los registros de aforos, facturas, trámites por realizar, entre otros. Para esto es importante que cuenten con las capacitaciones adecuadas; por lo que se les recomienda solicitar ayuda al AyA y a la Municipalidad de Abangares.

Se debe cobrar lo recomendado por el ARESEP e implementar las multas y sanciones, en caso de que no paguen a tiempo por el servicio del agua.

Las reuniones de la Junta Directiva de las ASADAs, se realizan con la frecuencia adecuada; no obstante, se recomienda que haya una mejor retroalimentación con la población para que conozcan sobre las labores que se realicen. Además, en caso de que una persona necesite una audiencia, lo puede solicitar con algún integrante de la junta.

Se debe contratar a un laboratorio certificado, para que realice las pruebas pertinentes de acuerdo con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, por lo menos dos veces al año. Principalmente las que resultaron negativas, como nitrógeno amoniacal, fósforo y pH.

Es importante que las ASADAs contraten a un topógrafo o persona encargada, para la confección de planos detallados; esto, con el fin de tener más información de la topografía y ubicación de puntos importantes de la red, de esta manera, al querer realizar una mejora en la infraestructura, se conoce el comportamiento de la red. Además, se recomienda realizar un estudio hidrológico, para el cual se requiere saber las elevaciones, pendientes y diámetros de las tuberías, ubicación de las nacientes, tanques y accesorios.

Como se menciona anteriormente, se recomienda realizar estudios hidráulicos e hidrogeológicos, para determinar que las redes de distribución del agua estén trabajando de manera eficiente.

Las ASADAs pueden solicitar ayuda a la Municipalidad o al AyA para que les den asesorías o capacitaciones para una mejor administración y operación de las ASADAs y de las redes de distribución.

Se recomienda implementar cursos y educar a la población para evitar el desaprovechamiento del agua. Además, se pueden realizar programas de reciclaje para enseñarle a la población a no

contaminar. Es importante que se concientice a la población del cambio climático, ya que este puede ocasionar largas sequías y disminución del caudal.

Dentro de las observaciones realizadas se determina que para todas las comunidades se debe contratar a un fontanero formal para asegurarse que la red de distribución funcione de manera adecuada y darle mantenimiento a la misma.

Se deben realizar aforos periódicos para así tener información valiosa en cuanto al caudal de la naciente en distintas épocas del año. También se recomienda el uso de la micromedición para controlar la demanda de agua de la población de manera más precisa.

Se recomienda que se cobre lo estipulado por el ARESEP, de esta manera se podría tener los fondos necesarios para el mantenimiento adecuado de las redes de distribución y mejoras de las mismas. Como por ejemplo la instalación de hidrantes, de acuerdo con la Ley de Hidrantes.

Se evaluó el estado, protección y conservación de las fuentes de abastecimiento utilizadas; se determina que únicamente las nacientes de Candelaria y Campos de Oro cuentan con una infraestructura adecuada. Es importante tener una cerca de protección alrededor de las mismas para evitar el ingreso de animales o de personas ajenas a las ASADAS.

También se determinó que las vías de acceso a las nacientes no se encuentran en buenas condiciones, en la época lluviosa se dificulta llegar a las nacientes, por lo que se debe mejorar la infraestructura.

Como otra recomendación se tiene realizar los planos detallados de la red, donde también se contemplen las líneas de conducción secundarias. Esto, con el fin de realizar el estudio hidráulico y determinar si las redes de distribución funcionan eficientemente. Además, como seguimiento a este estudio se recomienda darle seguimiento a los parámetros según el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, especialmente al pH, nitrógeno amoniacal y al fósforo.

CAPÍTULO IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9.1 Textos

- Asamblea Legislativa. (2008). *Declaratoria del Servicio de Hidrantes como Servicio Público y Reforma de Leyes Conexas*. San José, Costa Rica: Expediente No. 16.471.
- AyA. (1994). *Reglamento de Cobro Administrativo y Judicial del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados*. La Gaceta, San José, Costa Rica.
- AyA. (2007). *Reglamentación Técnica para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos*. La Gaceta, San José, Costa Rica.
- Castillo, R. (2013). *Diagnóstico de los acueductos rurales Coyolar, Matapalo, Santa Lucía y Arizona del cantón de Abangares, Guanacaste y propuestas para su Mejoramiento*. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José.
- CCSS. (2015). *Datos Básicos y Balances para el Área de Salud de Abangares*. San Rafael de Abangares: Sección de Enfermería del Ebais de San Rafael.
- Cerdas, J. (2011). *Análisis del marco legal para la administración del agua de consumo humano por parte de las asociaciones administradoras de sistemas de acueductos y alcantarillados comunales*. Proyecto para optar por el grado de Licenciatura en Derecho, Facultad de Derecho, Universidad de Costa Rica, San José.
- Decreto No.32529-S. (2005). *Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales*. La Gaceta, San José, Costa Rica.
- Decreto No.38924-S. (2015). *Reglamento para la calidad del agua potable*. La Gaceta, San José, Costa Rica.
- Decreto No.39370-MTSS. (2016). *Salarios Mínimos 2016*. La Gaceta, San José, Costa Rica
- Decreto No.32529-S. (2005). *Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales*. La Gaceta, San José, Costa Rica.

- Gaceta (2001). Normas de diseño de agua potable y no autorización para el uso de tuberías de PVC-SDR-41. La Gaceta, San José, Costa Rica*
- Ley No.2726. (2006). *Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. La Gaceta, San José, Costa Rica.*
- Ley No.276. (1942). *Ley de Aguas. La Gaceta, San José, Costa Rica.*
- Ley No.7575. (1996). *Ley Forestal. La Gaceta, San José, Costa Rica.*
- Ley No1634. (1942). *Ley General de Agua Potable. La Gaceta, San José, Costa Rica.*
- Ley No2726. (1961). *Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. La Gaceta, San José, Costa Rica.*
- Ley No.276. (1942). *Ley de Aguas. La Gaceta, San José, Costa Rica.*
- Ley No.5395. (1973). *Ley General de Salud. La Gaceta, San José, Costa Rica.*
- 33903-MINAE-S. (2007). *Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. La Gaceta, San José, Costa Rica.*
- López, R. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.*
- Quesada, J. (2013). *Análisis y proyecciones de los sistemas de abastecimiento de agua potable de las comunidades del distrito de Santiago del cantón de Paraíso de Cartago. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José.*
- Rojas. (2011). *Cuencas Hidrográficas de Costa Rica. Departamento de Desarrollo, Instituto Meteorológico Nacional: Costa Rica.*
- Torres, N. (2013). *Diagnóstico del estado actual de los acueductos La Palma, San Joaquín, Pueblo Nuevo y San Buenaventura en la parte baja de la cuenca del río Abangares. Proyecto de graduación para el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José.*

Trabado, A. (2014). *Elaboración de un perfil de la calidad del agua del río Abangares desde la confluencia del río Aguas Claras y quebrada Gongolona, hasta el puente de la Ruta Nacional 1*. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José.

9.2 Sitios de internet

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2000). *La toxicidad del arsénico*. Disponible en: www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/

Barahona, A. (2010). *Gestión Organizativa y Administrativa para la Operación de Acueductos*. Disponible en: www.cmsdata.iucn.org

Castillo, A. (2006). *Industria minera y coligallerismo en Abangares*. Revista Herencia. Disponible en: www.revistas.ucr.ac.cr

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2000). *Escherichia coli y bacterias coliformes termotolerantes*. Disponible en: www.bvsde.paho.org/cd-gdwq/docs_microbiologicos/

El Sistema Universitario Texas A&M. (2000). *Problemas del agua potable: El cobre*. Disponible en: www.texaswater.tamu.edu/resources/

New Jersey State. (2015). *Plomo en el agua potable*. Disponible en: www.state.nj.us/health/

Organización Mundial de la Salud. (2015). *Agua, saneamiento y salud (ASS)*. Disponible en: www.who.int/water_sanitation_health/diseases/diseasefact/es/

Organización Mundial de la Salud. (2008). *Guías para la calidad del agua potable*. Tercera Edición. Disponible en: www.who.int/water_sanitation_health/dwq/

Rojas. (2002). *Celdas electrolíticas para la producción in situ de Hipoclorito de Sodio*. Disponible en: www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnologia/documentos/agua/

Sigler, W. (2015). *Nitrato y Nitrito*. Disponible en: www.region8water.colostate.edu/

ANEXOS

Anexo 1. Calidad del agua

A continuación se presentan los parámetros de los distintos niveles del Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

Cuadro A.41. Parámetros del Primer Nivel

PARAMETRO	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
Color aparente	U-Pt-Co	< 5	15 ^(c)
Conductividad	μS/cm	400	-
	UFC/100 ml		
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml o UFC/100 ml	No detectable ^(c)	No detectable ^(c)
Cloro residual libre ^(a)	mg/L	0,3	0,6 ^(d,e)
Cloro residual combinado ^{(a)(b)}	mg/L	1,0	1,8

Fuente: La Gaceta, 2015

Cuadro A.42. Parámetros del Segundo Nivel

PARAMETRO	Valor de Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
Aluminio (Al ³⁺)	---	0,2
Calcio (Ca ²⁺)	---	100
Cloruro (Cl ⁻)	25	250
Cobre (Cu)	1,0	2,0
Dureza Total (CaCO ₃)	300	400
Fluoruro (F)	---	0,7 a 1,5 ^(a)
Hierro (Fe)	---	0,3 ^(b)
Magnesio (Mg ⁺²)	30	50
Manganeso (Mn)	0,1	0,5 ^(b)
Potasio (K ⁺)	---	10
Sodio (Na ⁺)	25	200
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	25	250
Zinc (Zn)	---	3,0

^(a) 1,5 mg/L para temperaturas de 8 a 12 °C y 0,7 mg/L para temperaturas de 25 a 30 °C.

^(b) En aguas subterráneas, donde se encuentran estos dos metales, el VMA (Fe + Mn) es 0,3 mg/L.

Fuente: La Gaceta, 2015

Cuadro A.43. Parámetros del Tercer Nivel

PARAMETRO	Valor de Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
Amonio (NH ₄ ⁺)	0,05	0,5
Antimonio (Sb)	---	0,005
Arsénico (As)	---	0,01
Cadmio (Cd)	---	0,003
Cianuro (CN)	---	0,07
Cromo (Cr)	---	0,05
Mercurio (Hg)	---	0,001
Níquel (Ni)	---	0,02
Nitrato (NO ₃ ⁻)	25	50
Nitrito (NO ₂ ⁻)	---	0,1
Plomo (Pb)	---	0,01
Selenio (Se)	---	0,01

Fuente: La Gaceta, 2015

Cuadro A.4. Parámetros del Control Operativo

Parámetros de aceptabilidad	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	-	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Sabor	-	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
pH ^(a)	Valor pH	6,0	8,0
Cloro residual libre ^(a)	mg/L	0,3	0,6 ^{(b)(c)}

^(a) Para los parámetros de pH y cloro residual libre, se establece rangos permisibles y no VA ni VMA.

^(b) Se permitirá valor máximo de cloro residual libre de 0,8 mg / L en no más del 20 % de las muestras medidas.

^(c) En situaciones de emergencia calificadas como tal por el Ministerio de Salud se permitirá una concentración de cloro residual libre de 0,8 mg/L en los puntos de muestreo medidos en la red de distribución.

Fuente: La Gaceta, 2015

Cuadro A.5. Reporte Semestral de la Calidad del Agua Potable

1. DATOS GENERALES DEL ENTE OPERADOR:

Nombre del Sistema de Suministro de Agua:					CIU:	3600
Permiso Sanitario de Funcionamiento (PSF):		N°. PSF		Fecha de vencimiento		
Ente operador del Sistema de suministro del agua:		<input type="checkbox"/> AyA <input type="checkbox"/> ASADA <input type="checkbox"/> Comité <input type="checkbox"/> Municipalidad <input type="checkbox"/> Privado				
		Nombre del ente operador				
		Cédula jurídica:				
Cobertura geográfica abastecida	Provincia(s)	Cantón(es)	Distrito(s)	Poblados y caseríos	# de abonados	POBLACION ABASTECIDA
REPRESENTANTE LEGAL DEL ENTE OPERADOR:						
Nombre		N°.cédula	Teléfono	Correo electrónico		
Ubicación:	Provincia		Cantón		Distrito	
	Dirección exacta:					
DATOS DE LA OFICINA ADMINISTRATIVA (cuando proceda)						
Nombre del encargado(a)		N°.cédula	Teléfono	Fax	Correo electrónico	
Ubicación:	Provincia		Cantón		Distrito	
	Dirección exacta:					
N°. REPORTE:		PERIODO REPORTADO:	del:		al:	
RESPONSABLE DEL REPORTE:						

2. DATOS TECNICOS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA:

I. FUENTES DE ABASTECIMIENTO:			
() Naciente o manantial () Río o quebrada () Pozo () OTRO: _____			
NACIENTES O MANANTIALES			
Número de nacientes o manantiales: _____			
NACIENTES O MANANTIALES	#1	#2	#3
Nombre			
Ubicación			
N° Registro MINAE			
Captación	() caseta () a nivel () semi-enterrada () enterrada	() caseta () a nivel () semi-enterrada () enterrada	() caseta () a nivel () semi-enterrada () enterrada
RIOS O QUEBRADAS			
Número de ríos o quebradas: _____			
RIOS O QUEBRADAS	#1	#2	#3
Nombre			
Ubicación			
N° Registro MINAE			
POZOS			
Número de pozos: _____			
	#1	#2	#3
Ubicación			
N° Registro MINAE			
Profundidad (m)			
Tipo de pozo	() excavado () perforado	() excavado () perforado	() excavado () perforado
II. TANQUES DE ALMACENAMIENTO:			
Número de tanques de almacenamiento: _____			
TANQUES	#1	#2	#3
Ubicación			
Tipo de tanque	() elevado () enterrado () a nivel () semienterrado	() elevado () enterrado () a nivel () semienterrado	() elevado () enterrado () a nivel () semienterrado
III. RED DISTRIBUCION (tuberías):			
Material actual de la tubería de distribución: () pvc () hierro galvanizado () mixto () otro			

3. RESULTADOS DEL CONTROL OPERATIVO (mediciones realizadas por el Ente operador.

TABLA A. MONITOREO DEL CONTROL OPERATIVO (CO)

PARAMETROS	Fuente abastecimiento		Red de distribución		Valor de Alerta (VA)	Valor máximo admisible (VMA)
	Nº veces	Valor Promedio	Nº veces	Valor Promedio		
Turbiedad					<1	5
Olor					Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Sabor					Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
pH					6,0	8,0
Cloro residual					0,3	0,6 ^{(b)(c)}

libre (mg/L) ^(a)						
-----------------------------	--	--	--	--	--	--

^(a) El cloro residual libre se mide únicamente en la red de distribución.

^(b) Se permitirá valor máximo de cloro residual libre de 0,8 mg / L en no más del 20 % de las muestras medidas.

^(c) En situaciones de emergencia calificadas como tal por el Ministerio de Salud se permitirá una concentración de cloro residual libre de 0,8 mg/L en los puntos de muestreo medidos en la red de distribución.

NOTA: cuando se cuente con más de una (1) fuente de abastecimiento, esta tabla se tiene que repetir para cada una de ellas.

4. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS MEDIDOS POR EL LABORATORIO.

TABLA B. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL NIVEL PRIMERO (N1)

PARAMETROS	Fuente abastecimiento		Fuente abastecimiento		Fuente abastecimiento		Valor de Alerta (VA)	Valor máximo admisible (VMA)
	Nº veces	Valor Promedio	Nº veces	Valor Promedio	Nº veces	Valor Promedio		
Color aparente(U-Pt-Co)							< 5	15 ^(a)
Turbiedad (UNT)							< 1	5
Olor							Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Sabor							Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Temperatura (°C)							18	30
pH							6,0	8,0
Conductividad (µS/cm)							400	---

NOTA: cuando se cuente con más de una (1) fuente de abastecimiento, esta tabla se tiene que repetir para cada uno de ellas.

Nombre del laboratorio: _____

Permiso Sanitario de Funcionamiento: _____ Fecha Vencimiento: _____

Nº de análisis físico-químico: _____

Fecha del análisis: _____

***Adjuntar los originales de los análisis de laboratorio con el respectivo refrendo del Colegio Federado de Químicos e Ingenieros Químicos de Costa Rica.

TABLA C. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y MEDICIÓN DE CLORO RESIDUAL DEL NIVEL PRIMERO (N1)

PARAMETROS	Fuente abastecimiento		Tanque almacenamiento		Red distribución			Valor de Alerta	Valor máximo admisible
	Nº veces	Valor Promedio	Nº veces	Valor Promedio	Nº veces	Valor Promedio	% Cumplimiento		
Coliforme fecal (NMP/100 ml o UFC/100 ml)								No detectable	No ^(b) detectable
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 ml o UFC/100 ml)								No detectable	No ^(b) detectable
Cloro residual libre (mg/L) *								0,3	0,6 ^{(c)(d)}
Cloro residual combinado (mg/L) * ^(a)								1,0	1,8

*El cloro residual libre y el cloro residual combinado se mide únicamente en la red de distribución.

^(a) Sólo en caso de que el residual del cloro se encuentre en forma combinada o se esté dosificando cloro en la forma de cloramina (cloro-amoniaco).

^(b) No detectable (N.D.): de acuerdo al límite de detección del Método.

^(c) Se permitirá valor máximo de cloro residual libre de 0,8 mg / L en no más del 20.% de las muestras medidas.

^(d) En situaciones de emergencia calificadas como tal por el Ministerio de Salud se permitirá una concentración de cloro residual libre de 0,8 mg/L en los puntos de muestreo medidos en la red de distribución

NOTA: cuando se cuente con más de una (1) fuente de abastecimiento, tanques de almacenamiento, esta tabla se tiene que repetir para cada una de ellas.

Nombre del laboratorio: _____

Permiso Sanitario de Funcionamiento: _____ Fecha Vencimiento: _____

Nº de análisis microbiológico: _____

Fecha del análisis: _____

**TABLA D. ANÁLISIS QUÍMICO
NIVEL SEGUNDO (N2) Y NIVEL TERCERO (N3)**

PARAMETROS (mg/L)	N.A.	Fuente	Red	Valor	
		abastecimiento Valor (mg/L)	distribución Valor (mg/L)	Valor de Alerta (mg/L)	máximo admisible (mg/L)
NIVEL SEGUNDO (N2)					
Aluminio (Al ⁺³)				-----	0,2
Calcio (Ca ⁺²)				-----	100
Cloruro (Cl ⁻)				25	250
Cobre (Cu)				1,0	2,0
Dureza Total (CaCO ₃)				300	400
Fluoruro (F)				-----	0,7 a 1,5 ^(a)
Hierro (Fe)				---	0,3 ^(b)
Magnesio (Mg ⁺²)				30	50
Manganeso (Mn)				0,1	0,5 ^(b)
Potasio (K ⁺)				----	10
Sodio (Na ⁺)				25	200
Sulfato (SO ₄ ⁺²)				25	250
Zinc (Zn)				---	3,0
NIVEL TERCERO (N3)					
Amonio (NH ₄ ⁺)				0,05	0,5
Antimonio (Sb)				---	0,005
Arsénico (As)				---	0,01
Cadmio (Cd)				---	0,003
Cianuro (CN)				---	0,07
Cromo (Cr)				---	0,05
Mercurio (Hg)				---	0,001
Níquel (Ni)				---	0,02
Nitrato (NO ₃ ⁻)				25	50
Nitrito (NO ₂ ⁻)				---	0,1
Plomo (Pb)				---	0,01
Selenio (Se)				---	0,01

N.A. (no aplica, esto es por cuanto no corresponde hacer estos análisis)

^(a) 1.5 mg/L para temperaturas de 8 a 12 °C y 0,7 mg/L para temperaturas de 25 a 30 °C.

^(b) En aguas subterráneas, donde se encuentran estos dos metales, el VMA (Fe + Mn) es 0,3 mg/L.

Nº de análisis físico-químico: _____
Fecha análisis: _____

***Adjuntar los originales de los análisis de laboratorio con su respectivo refrendo del Colegio Federado de Químicos e Ingenieros Químicos de Costa Rica.

5. EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DEL AGUA.

6. REGISTRO DE DAÑOS Y CONTINGENCIAS EN EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA.

7. CRONOGRAMA DEL PLAN DE ACCIONES CORRECTIVAS.

8. PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA U OTRO PROGRAMA DE CALIDAD VOLUNTARIO QUE SE ESTÉ LLEVANDO A CABO.

NOMBRE
Representante Legal Ente Operador

FIRMA
Representante Legal Ente Operador

NOMBRE
Responsable del reporte del agua

FIRMA
Responsable del reporte del agua

Para más información, revisar el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, 2015.

Cuadro A.6. Tarifas mensuales aprobadas por el ARESEP a partir del 26 de junio de 2014, cifras en colones

TARIFAS MÁXIMAS PARA EL SERVICIO DE ACUEDUCTO												
Rango de abonados	DOMIPRE (abonados domiciliarios y preferenciales)						EMPREGO (abonados empresariales y gobierno)					
	Tarifa Base	Consumo en metros cúbicos				Tarifa Fija	Tarifa Base	Consumo en metros cúbicos				Tarifa Fija
		1 a 10	11 a 30	31 a 60	Más de 60			1 a 10	11 a 30	31 a 60	Más de 60	
Acueducto por Gravedad												
1 a 50	2 625	150	160	170	180	6 845	2 625	225	240	255	270	18 945
51 a 100	3 170	185	195	205	215	8 335	3 170	275	290	305	320	22 790
101 a 150	2 390	130	145	155	165	6 170	2 390	195	220	235	250	16 915
151 a 300	2 735	160	170	185	195	7 225	2 735	240	255	275	290	20 225
301 a 500	2 580	130	140	150	160	6 260	2 580	200	215	230	245	17 250
501 a 1000	2 335	115	125	135	145	5 610	2 335	180	195	210	225	15 685
Más de 1000	1 830	85	95	105	115	4 295	1 830	130	140	150	175	11 480
Acueductos por Bombeo y Mixto												
1 a 50	3 725	200	215	230	245	9 380	3 725	300	320	345	365	25 665
51 a 100	3 180	185	195	210	225	8 345	3 180	280	295	320	340	23 520
101 a 150	3 085	190	200	215	230	8 385	3 085	280	295	320	340	23 425
151 a 300	3 495	200	215	230	245	9 150	3 495	305	325	350	370	25 765
301 a 500	3 415	160	170	180	195	7 905	3 415	235	250	265	290	20 455
501 a 1000	3 195	150	165	175	185	7 500	3 195	225	245	260	275	19 795
Más de 1000	2 625	120	135	145	155	6 120	2 625	180	205	220	235	16 535

CATEGORÍA	Tarifa máxima				
	Tarifa Base	Rango de consumo (m3/mes)			
		1 a 10	11 a 30	31 a 60	Más de 60
DOMIPRE	3 805	180	200	220	245
EMPREGO	3 805	270	300	335	370

Fuente: ARESEP, 2014

Cuadro A.7. Formularios y Guías del Proceso de Vigilancia de la Calidad del Agua. Registro del Sistema de Abastecimiento de Agua (SERSA)

Número de registro: _____

Fecha de registro en Dirección de Área Rectora de Salud: _____

-Nombre del sistema de abastecimiento: _____

-Funcionario del Ministerio de Salud: _____

-Funcionario del ente operador del acueducto: _____ Teléfono: _____

-Cédula de identidad: _____

-Responsable legal del acueducto: _____

-Teléfono de contacto: _____

-Cédula jurídica: _____

1) INFORMACION GENERAL:

1.1 Región: _____ Dirección de Área Rectora de Salud: _____

1.2 Provincia: _____ Cantón: _____ Distrito: _____

1.3 Localidad: _____

1.4 Coordenadas geográficas: Longitud: _____ Latitud: _____

1.5 Ente administrador: A y A () Municipal () ASADA () Privado ()

Otros: _____

1.6 Programa de Control de Calidad del Agua conforme al Reglamento Calidad del Agua Potable: Sí () No ()

2) CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA

2.1 Número de abonados: _____

2.2 Población total abastecida por el sistema: _____ habitantes.

2.3 Nombre de comunidades abastecidas por el sistema:

- 2.4 Número de fuentes de abastecimiento: _____
- 2.4.1 N^o, nacientes: _____
- | | | |
|------------------|----------------|---------------|
| 1.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 2.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 3.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 4.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
- 2.4.2 N^o, captaciones superficiales: _____
- | | | |
|------------------|----------------|---------------|
| 1.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 2.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 3.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 4.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
- 2.4.3 N^o, pozos _____
- | | | |
|------------------|----------------|---------------|
| 1.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 2.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 3.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 4.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
- 2.4.5 N^o, Tanques de almacenamiento y distribución: _____
- | | | |
|------------------|----------------|---------------|
| 1.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 2.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 3.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 4.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 5.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
| 6.- Nombre _____ | Longitud _____ | Latitud _____ |
- 2.5 Mecanismo de abastecimiento
Gravedad () Bombeo () otro: () _____
- 2.6 Sistema de desinfección: Si () Describa (cloro-gas, pastillas u otro)
Sin desinfección ()
- 2.7 Elementos de tratamiento () No Si () Marque los existentes:
- a) Desarenador ()
 - b) Floculación ()
 - c) Sedimentación ()
 - d) Filtración ()
 - e) Desinfección ()
- 2.8 Fecha de construcción del acueducto: _____
- 2.9 Permiso de funcionamiento (PF): Si () No ()

Inspección Sanitaria – Ficha de Campo: FUENTES

Dirección Regional Rectora de Salud: _____
Dirección de Área Rectora de Salud: _____

Nombre del acueducto: _____

Ente administrador: _____

Fecha de inspección: _____ Hora : _____

Nombre del funcionario del Ministerio de Salud: _____

Motivo de inspección: Vigilancia () Seguimiento () Denuncia () Brote epidémico ()

Otro () _____

Tipo de captación (según el tipo de captación debe aplicar la ficha correspondiente y una ficha por cada captación):

() Captación de agua superficial mediante represas o diques (Aplicar ficha 1)

() Captación de manantiales o nacientes (aplicar ficha 2)

() Captación de aguas subterráneas mediante pozos (Aplicar ficha 3)

Cumplimiento de Requisitos:

1. Naciente o captación de agua registrada en MINAET: Si () No ()

2. ¿Programa de control de calidad del agua vigente? Si () No ()

3. Permiso de funcionamiento vigente? Si () Fecha de vencimiento: _____ ,

No () Proceder a emitir orden sanitaria para el otorgamiento o renovación del permiso de funcionamiento.

4. ¿Se lleva registro de resultados de análisis de calidad del agua? Si () (revisar evidencia del cumplimiento), No () .

Luego de revisar el cumplimiento de requisitos, se procede a llenar la ficha de campo que corresponda según la fuente para detectar los factores de riesgo.

FICHA DE CAMPO 1

TOMA DE AGUA SUPERFICIAL (Río, Quebrada, otro)

I-) INFORMACION GENERAL

Fecha: _____ Hora: _____

Nombre acueducto: _____

Nombre de la captación: _____

Número de registro en MINAET: _____

Funcionario del acueducto: _____

Teléfono: _____

Nombre del funcionario del Ministerio de Salud: _____

Frecuencia de limpieza:

Diario () Semanal () Mensual () Nunca ()

Otro () Especificar: _____

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

FICHA DE CAMPO 2

CAPTACIÓN DE NACIENTES O MANANTIALES

I-) INFORMACION GENERAL

Fecha: _____ Hora _____
 Nombre Acueducto: _____
 Nombre de Naciente o Manantial: _____
 Número de registro en MINAET: _____
 Funcionario del Acueducto: _____
 Teléfono: _____

Nombre del Funcionario Ministerio de Salud: _____

Captación: Caseta () A nivel ()
 Enterrada () Semi-enterrada ()

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo en la Naciente o Manantial	Si	No
1. ¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación?		
2. ¿Está la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin caseta o sin tanque de captación).		
3. ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias y con cierre seguro (candado, tornillo u otro) ?		
4. ¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas?		
5. ¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?		
6. ¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		
7. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?		
8. ¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de captación?		
9. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura).		
10. ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?		
TOTAL FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Si")		

FICHA DE CAMPO 3
POZO

I-) INFORMACION GENERAL

Fecha: _____ Hora: _____
 Nombre Acueducto: _____
 Nombre del Pozo: _____
 Número de Registro en MINAET: _____
 Funcionario del acueducto: _____
 Teléfono: _____
 Nombre del Funcionario Ministerio de Salud: _____

Tipo Pozo: Excavado () Perforado ()
 Profundidad: _____mts.

Tipo de Extracción:

Manual () Bomba Manual () Bomba Eléctrica ()

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo del Pozo.	SI	NO
1. ¿Carece el pozo de un canal de desagüe?		
2. ¿Carece el pozo de una malla de protección?		
3. ¿Carece el pozo de un piso de concreto que lo rodee?		
4. ¿Existen letrinas o tanque séptico a menos de 30 m. de distancia del pozo?		
5. ¿Está la letrina o tanque séptico más cercanos en un nivel más alto que el pozo?		
6. ¿Existen otras fuentes de contaminación alrededor o arriba del pozo (excretas de animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)?		
7. ¿Hay estancamientos de aguas sobre la losa o en los alrededores del pozo?		
8. ¿Está el pozo excavado expuesto a la contaminación ambiental?		
9. ¿Están los alrededores del pozo enmontados?		
10. Si existe bomba, ¿está floja en la unión a su base?		
TOTAL FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Si")		

**CLASIFICACIÓN DEL RIESGO
DE LA FUENTE (POZO, NACIENTE, AGUA SUPERFICIAL)**

Por cada respuesta "SI" en cualquiera de las fichas, por favor determine la clasificación del riesgo y proceda con las acciones según se indique.

Número de Respuestas "SI"	Clasificación de Riesgo	Código de Colores
0	Riesgo Nulo	AZUL
1 - 2	Riesgo Bajo	CELESTE
3 - 4	Riesgo Intermedio	VERDE
5 - 7	Riesgo Alto	AMARILLO
8 - 10	Riesgo Muy Alto	ROJO

Acciones para Disminuir los Factores de Riesgo:

Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso de las fuentes de abastecimiento las acciones deben coordinarse con el Nivel Regional y Nivel Central además del AyA, en caso necesario. Las acciones sugeridas son:

- **Riesgo Bajo (Celeste):** Solicitar plan de acción correctiva por medio de orden sanitaria al operador para corregir situación en un plazo de 1 mes.-**Riesgo Intermedio (Verde):** Solicitar plan de acción correctiva por medio de orden sanitaria al operador para corregir situación en un plazo de 1 mes.
- **Riesgo Alto (Amarillo):** Elaborar plan de emergencia y sensibilizar a la comunidad sobre los riesgos. Girar orden sanitaria con un Plazo de 1 mes para obtener evidencia de mejoras.
- **Riesgo 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.

Ficha 4: Inspección Sanitaria – Tanques de Almacenamiento

I-) INFORMACIÓN GENERAL

Dirección Regional Rectora de Salud: _____

Fecha: _____

Nombre Acueducto: _____

Nombre Tanque: _____

Dirección: _____

Funcionario del Acueducto: _____

Teléfono: _____

1. **Nombre del Funcionario Ministerio de Salud:** _____

2. **Tipo Tanques:**

Elevado () A nivel () Enterrado () Semi-enterrado ()

3. **Material del Tanque:** Concreto () Plástico () Metálico ()

4. **Frecuencia de Limpieza:**

Annual () Semestral () Trimestral ()

Mensual () Otra () _____ No se Sabe / Nunca ()

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo del Tanque de Almacenamiento

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

**CLASIFICACIÓN DEL RIESGO
DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO (LOS SI SON FACTORES DE RIESGO).**

Número de respuestas "SI"	Clasificación de Riesgo	Código de Colores
0	Riesgo Nulo	AZUL
1 - 2	Riesgo Bajo	CELESTE
3 - 4	Riesgo Intermedio	VERDE
5 - 7	Riesgo Alto	AMARILLO
8 - 10	Riesgo Muy Alto	ROJO

Acciones para Disminuir los Factores de Riesgo:

Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso del tanque de almacenamiento, las acciones deben coordinarse con el Nivel Central y Regional, además del AyA, en caso necesario:

- **Riesgo Bajo (Celeste):** Notificar al representante legal del ente operador del acueducto, para que realice las mejoras correspondientes, en un plazo de 1 mes.
- **Riesgo Intermedio (Verde):** Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso del tanque de almacenamiento, las acciones deben coordinarse con el Nivel Central y Regional, además del AyA, en caso necesario.
- **Riesgo Alto (Amarillo):** Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso del tanque de almacenamiento, las acciones deben coordinarse con el Nivel Central y Regional, además del AyA, en caso necesario.
- **Riesgo 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.

Ficha 5 : LINEA DE CONDUCCIÓN Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN		
1-) INFORMACION GENERAL		
Dirección	Área	Rectora de Salud:
Fecha: _____		
Nombre	Acueducto:	
Funcionario del acueducto: _____		
Teléfono: _____		
Número de reparaciones por fugas durante cada mes: _____		
Nombre del funcionario	Ministerio	de Salud:
Material de líneas de conducción: PVC (<input type="checkbox"/>), Hierro galvanizado (<input type="checkbox"/>), Asbesto (<input type="checkbox"/>) Otros: _____		
Material de la tubería de distribución: PVC (<input type="checkbox"/>) <input type="checkbox"/> Hierro Galvanizado (<input type="checkbox"/>) Mixto (<input type="checkbox"/>) <input type="checkbox"/> Otro (<input type="checkbox"/>) _____		
DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Factores de Riesgo de la Línea de Conducción y Sistema de Distribución		SI NO
1. ¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?		
2. ¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?		
3. En los tanques quiebra gradientes ¿se observan rajaduras, grietas, fugas o raíces?		
4. ¿Se observan fugas visibles en alguna parte de la red de distribución?		
5. ¿Existen variaciones significativas de presión en la red de distribución?		
6. ¿Carece de cloro residual alguna zona en la red principal de distribución?		
7. Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?		
8. ¿Carecen de sistema para purgar la tubería de distribución?		
9. ¿Carecen de un fontanero o encargado del mantenimiento de la red?		
10. ¿Carecen de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?		
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO (Total de "SI")		

**CLASIFICACIÓN DEL RIESGO
DE LA LINEA DE CONDUCCIÓN Y LA RED DE DISTRIBUCIÓN
(cada "SI" en la Ficha es un Factor de Riesgo).**

Número de respuestas "SI"	Clasificación de Riesgo	Código de Colores
0	Riesgo Nulo	AZUL
1 - 2	Riesgo Bajo	CELESTE
3 - 4	Riesgo Intermedio	VERDE
5 - 7	Riesgo Alto	AMARILLO
8 - 10	Riesgo Muy Alto	ROJO

Acciones para Disminuir los Factores de Riesgo: Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso de la línea de conducción y red de distribución, las acciones deben coordinarse con el Nivel Central y Regional, además del AyA, en caso necesario:

- **Riesgo Bajo (Celeste):** Solicitar plan de acción al operador para corregir situación con urgencia. Plazo 5 días hábiles.
- **Riesgo Intermedio (Verde):** Emitir orden sanitaria al operador para corregir los factores de riesgo detectados en un plazo de 5 días hábiles.
- **Riesgo 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.
- **Riesgo 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.

Cuadro A.8. Formularios y Guías del Proceso de Vigilancia de la Calidad del Agua para la comunidad de Tres Amigos

Naciente:

11-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo en la Naciente o Manantial	Si	No
1. ¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación?	X	
2. ¿Está la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin caseta o sin tanque de captación).		X
3. ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias y con cierre seguro (candado, tornillo u otro) ?		X
4. ¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas?		X
5. ¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de esorrentia?	X	
6. ¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		X
7. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?		X
8. ¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de captación?	X	
9. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura).	X	
10. ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?		X
TOTAL FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Si")	4	

La naciente se encuentra en un riesgo intermedio, por lo que se debe solicitar una plan de acción correctiva por medio de una orden sanitaria, para que la ASADA corrija la situación en un plazo de un mes, de acuerdo con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable

Tanque de concreto:

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo del Tanque de Almacenamiento		
Factores de Riesgo	Si	No
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?		X
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?		X
3. ¿Carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		X
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?		X
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?		X
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		X
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?		X
8. ¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?		X
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		X
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)?		X
TOTAL de Factores de Riesgo (Total de "SI")	0	

Se determina que el tanque de concreto se encuentra en buenas condiciones y no tiene ningún riesgo.

Tanques de plástico:

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo del Tanque de Almacenamiento		
Factores de Riesgo	Si	No
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbadas (metálico)?		×
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?		×
3. ¿Carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, raras, otros)		×
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?		×
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbadas?		×
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		×
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?	×	
8. ¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?		×
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		×
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)		×
TOTAL de Factores de Riesgo (Total de "SI")	1	

Los tanques se encuentran en buen estado, no obstante presentan un riesgo bajo al no tener una malla de protección alrededor de los mismos.

Sistema de distribución:

DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Factores de Riesgo de la Línea de Conducción y Sistema de Distribución	SI	NO
1. ¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?		X
2. ¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?		X
3. En los tanques quiebra gradientes ¿se observan rajaduras, grietas, fugas o raíces?		X
4. ¿Se observan fugas visibles en alguna parte de la red de distribución?		X
5. ¿Existen variaciones significativas de presión en la red de distribución?		X
6. ¿Carece de cloro residual alguna zona en la red principal de distribución	X	
7. Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?		X
8. ¿Carecen de sistema para purgar la tubería de distribución?		X
9. ¿Carecen de un fontanero o encargado del mantenimiento de la red?		X
10. ¿Carecen de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?	X	
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO (Total de "SI")	2	

La red de distribución presenta un riesgo bajo por lo que se debe corregir la dosificación del cloro y contar con un esquema del sistema de distribución en un plazo de cinco días hábiles.

Cuadro A.9. Formularios y Guías del Proceso de Vigilancia de la Calidad del Agua para la comunidad de Candelaria y Campos de Oro

Naciente:

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo en la Naciente o Manantial	Si	No
1. ¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación?		X
2. ¿Está la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin caseta o sin tanque de captación).		X
3. ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias y con cierre seguro (candado, tornillo u otro) ?		X
4. ¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas?		X
5. ¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?	X	
6. ¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		X
7. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?		X
8. ¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de captación?		X
9. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura).	X	
10. ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?		X
TOTAL FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Si")	2	

Se determina que el nivel de riesgo es bajo, por lo que se debería corregir estos problemas en un plazo de un mes.

Tanque de almacenamiento:

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo del Tanque de Almacenamiento		
Factores de Riesgo	Si	No
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?		X
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?		X
3. ¿Carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		X
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?		X
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?		X
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		X
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?		X
8. ¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?		X
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		X
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)		X
TOTAL de Factores de Riesgo (Total de "SI")	0	

Se determina que el tanque de almacenamiento de Candelaria y Campos de Oro se encuentra en buen estado y no presenta ningún riesgo.

Sistema de distribución:

DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Factores de Riesgo de la Línea de Conducción y Sistema de Distribución	SI	NO
1. ¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?		X
2. ¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?		X
3. En los tanques quiebra gradientes ¿se observan rajaduras, grietas, fugas o raíces?		X
4. ¿Se observan fugas visibles en alguna parte de la red de distribución?		X
5. ¿Existen variaciones significativas de presión en la red de distribución?		X
6. ¿Carece de cloro residual alguna zona en la red principal de distribución	X	
7. Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?		X
8. ¿Carecen de sistema para purgar la tubería de distribución?		X
9. ¿Carecen de un fontanero o encargado del mantenimiento de la red?		X
10. ¿Carecen de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?	X	
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO (Total de "SI")	2	

La red de distribución de Candelaria y Campos de Oro presenta un riesgo bajo, por lo que se debe corregir la dosificación del cloro para que toda la red reciba por lo menos el mínimo aceptable; además, debe contar con un esquema del sistema de distribución en un plazo de cinco días hábiles, de acuerdo con la Guía.

Cuadro A.10. Formularios y Guías del Proceso de Vigilancia de la Calidad del Agua para la comunidad de San Rafael

Naciente:

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo en la Naciente o Manantial	Si	No
1. ¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación?	X	
2. ¿Está la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin caseta o sin tanque de captación).		X
3. ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias y con cierre seguro (candado, tornillo u otro) ?	X	
4. ¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas?		X
5. ¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentia?	X	
6. ¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		X
7. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?		X
8. ¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de captación?	X	
9. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura).	X	
10. ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?'		X
TOTAL FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Si")	5	

Se determina que la naciente de la comunidad de San Rafael se encuentra en alto riesgo, por lo que se debe corregir el problema de la malla de protección, tapa de captación, y aguas estancadas cercanas a la naciente en un plazo de un mes.

Tanque de almacenamiento cercano a la naciente:

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

El nivel de riesgo del tanque ubicado cerca de la naciente de San Rafael es bajo, por lo que se recomienda construir una malla perimetral alrededor del mismo en un plazo de un mes.

Tanque de almacenamiento de concreto:

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo del Tanque de Almacenamiento		
Factores de Riesgo	Si	No
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?		X
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?		X
3. ¿Carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		X
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?		X
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?		X
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		X
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?		X
8. ¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?		X
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		X
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)		X
TOTAL de Factores de Riesgo (Total de "SI")	0	

El riesgo de es nulo para el tanque de concreto de la comunidad de San Rafael, este se encuentra en muy buenas condiciones.

Tanque de almacenamiento de plástico:

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo del Tanque de Almacenamiento		
Factores de Riesgo	Sí	No
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?		×
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?		×
3. ¿Carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		×
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?		×
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?		×
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		×
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?	×	
8. ¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?		×
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		×
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)?		×
TOTAL de Factores de Riesgo (Total de "SI")	0	

Se determina que el nivel de riesgo del tanque de plástico de San Rafael es bajo, por lo que se recomienda construir una malla perimetral alrededor del mismo en un plazo de un mes. Además, la base del tanque se está erosionando, por lo que se recomienda una mejora de la misma.

Sistema de distribución:

DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Factores de Riesgo de la Línea de Conducción y Sistema de Distribución	SI	NO
1. ¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?		X
2. ¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?		X
3. En los tanques quiebra gradientes ¿se observan rajaduras, grietas, fugas o raíces?		X
4. ¿Se observan fugas visibles en alguna parte de la red de distribución?		X
5. ¿Existen variaciones significativas de presión en la red de distribución?	X	
6. ¿Carece de cloro residual alguna zona en la red principal de distribución?	X	
7. Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?		X
8. ¿Carecen de sistema para purgar la tubería de distribución?		X
9. ¿Carecen de un fontanero o encargado del mantenimiento de la red?		X
10. ¿Carecen de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?	X	
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO (Total de "SI")	3	

El riesgo es intermedio para el sistema de distribución, por lo que se recomienda la instalación de un tanque quiebra gradiente, mejorar el uso de pastillas de hipoclorito de calcio y verificar el cloro residual en la red constantemente. Además, se recomienda tener un esquema del sistema de distribución.

Cuadro A.11. Formularios y Guías del Proceso de Vigilancia de la Calidad del Agua para la comunidad de La Cruz

Nacientes:

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo en la Naciente o Manantial	Si	No
1. ¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación?		X
2. ¿Está la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin caseta o sin tanque de captación).		X
3. ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias y con cierre seguro (candado, tornillo u otro) ?	X	
4. ¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas?		X
5. ¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?	X	
6. ¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		X
7. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?		X
8. ¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de captación?	X	
9. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura).	X	
10. ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?		X
TOTAL FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Si")	4	

Las nacientes se encuentran en riesgo intermedio, por lo que se debe corregir el problema de la tapa de captación, y aguas estancadas cercanas a la naciente en un plazo de un mes.

Tanque de almacenamiento de plástico:

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo del Tanque de Almacenamiento		
Factores de Riesgo	Si	No
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?		X
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?		X
3. ¿Carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		X
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?		X
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?		X
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		X
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?		X
8. ¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?		X
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		X
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)		X
TOTAL de Factores de Riesgo (Total de "SI")	0	

El nivel de riesgo del tanque es nulo, no obstante se recomienda una limpieza general para evitar el crecimiento de hongos y musgo.

Tanque de almacenamiento de concreto:

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Identificación de Factores de Riesgo del Tanque de Almacenamiento		
Factores de Riesgo	Si	No
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?		X
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?		X
3. ¿Carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)	X	
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?		X
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?		X
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		X
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?		X
8. ¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?		X
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		X
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)		X
TOTAL de Factores de Riesgo (Total de "SI")	0	

El riesgo del tanque de almacenamiento de concreto es bajo, se recomienda limpiar adecuadamente el tanque por fuera y pintarlo, ya que actualmente presenta musgo y suciedad.

Sistema de distribución:

DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA: Factores de Riesgo de la Línea de Conducción y Sistema de Distribución	SI	NO
1. ¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?		X
2. ¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?		X
3. En los tanques quiebra gradientes ¿se observan rajaduras, grietas, fugas o raíces?		X
4. ¿Se observan fugas visibles en alguna parte de la red de distribución?		X
5. ¿Existen variaciones significativas de presión en la red de distribución?		X
6. ¿Carece de cloro residual alguna zona en la red principal de distribución	X	
7. Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?		X
8. ¿Carecen de sistema para purgar la tubería de distribución?		X
9. ¿Carecen de un fontanero o encargado del mantenimiento de la red?		X
10. ¿Carecen de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?	X	
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO (Total de "SI")	2	

La red de distribución del agua tiene un riesgo bajo, no obstante se debe verificar que el sistema de desinfección funcione en todo momento y tener un esquema del mismo actualizado.

Cuadro A.12. Registro de información mensual de la ASADA

Nombre de ASADA: _____

Encargado del informe: _____

Fecha del informe: _____

Información de aforos:

Lugar de aforo	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
Promedio caudal (L/s)			

Información de micromedición:

Lugar de micromedición	Fecha	Valor obtenido
Promedio (L/s)		

Parámetros físico-químicos del agua:

Nivel	Parámetro	Valor de Alerta	Valor Máximo Admisible	Valor obtenido
Control Operativo	Turbiedad (UNT)	1	5	
	Olor	acceptable	acceptable	
	Sabor	acceptable	acceptable	
	pH	6,0	8,0	
	Cloro residual (mg/L)	0,3	0,6	
Primer	Color aparente (U-Pt-Co)	Menor a 5	15	
	Conductividad (µS/cm)	400	-	
	Escherichia coli (UFC/100mL)	0	0	
	Cloro residual (mg/L)	0,3	0,6	
Segundo	Aluminio (mg/L)	-	0,2	
	Calcio (mg/L)	-	100	
	Cloruro (mg/L)	25	250	
	Cobre (mg/L)	1,0	2,0	
	Dureza Total (mg/L)	300	400	
	Fluoruro (mg/L)	-	0,7 a 1,5	
	Hierro (mg/L)	-	0,3	
	Magnesio (mg/L)	30	50	
	Manganeso (mg/L)	0,1	0,5	
	Potasio (mg/L)	-	10	
	Sodio (mg/L)	25	200	
	Sulfato (mg/L)	25	250	
	Zinc (mg/L)	-	3,0	

Nivel	Parámetro	Valor de Alerta	Valor Máximo Admisible	Valor obtenido
Tercero	Amonio (mg/L)	0,5	0,5	
	Antimonio (mg/L)	-	0,005	
	Arsénico (mg/L)	-	0,01	
	Cadmio (mg/L)	-	0,003	
	Cianuro (mg/L)	-	0,07	
	Cromo (mg/L)	-	0,05	
	Mercurio (mg/L)	-	0,001	
	Níquel (mg/L)	-	0,02	
	Nitrato (mg/L)	25	50	
	Nitrito (mg/L)	-	0,1	
	Plomo (mg/L)	-	0,01	
	Selenio (mg/L)	-	0,01	