



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ingeniería

## Carrera de Ingeniería Civil

Evaluación de la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua del sector rural del cantón Cuenca

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil.

Modalidad: proyecto técnico

Autores:

Jonnathan Mauricio Barrera Cajas

CI: 010563455-4

Erick Damián Vicuña Chacón

CI: 010499230-0

Director:

Ing. Diego Benjamín Idrovo Murillo

CI: 010150038-7

**Cuenca - Ecuador**

Abril, 2019



## Resumen

En la región no se presta la atención suficiente a las labores de operación y mantenimiento de un sistema de abastecimiento de agua potable (sobre todo en las zonas rurales); generalmente, estas actividades se las responsabilizan a la persona que realiza las labores de operación. Cuando no se aplica correctamente estas prácticas, disminuye la vida útil de las infraestructuras, genera un mayor gasto a largo plazo y consecuentemente se brinda un servicio ineficiente. Es por ello, que se ha elaborado una guía básica que sirve para evaluar y tener registros de las actividades de operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable. Se han seleccionado seis sistemas ubicados en el sector rural del cantón Cuenca con el objetivo de evaluar sus prácticas de operación y mantenimiento, para ello, se han recorrido los sistemas desde la captación hasta la planta de tratamiento, se ha obtenido información de la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca (ETAPA EP) y se ha entablado conversaciones con los operadores. Finalmente, se ha constatado que la mayoría de éstos solo actúan en base a mantenimientos correctivos y rehabilitaciones.

### Palabras claves:

Sistema. Abastecimiento de agua potable. Operación y Mantenimiento. Sector rural del cantón Cuenca. ETAPA EP. Atuc-Loma. Tutupali Chico. Chiquintad. Chulco Soroche. Pillachiquir. Santa Ana.



## Abstract

In the region, insufficient attention is paid to the operation and maintenance of a potable water supply system (especially in rural areas); Generally, these activities are held responsible to the person who performs the operation tasks. When these practices are not applied correctly, the useful life of the infrastructures decreases, generates a greater expense in the long term and consequently an inefficient service is provided. For this reason, a basic guide has been prepared that serves to evaluate and keep records of the operation and maintenance activities of the drinking water supply systems. Six systems have been selected located in the rural sector of the Cuenca canton with the objective of evaluating their operation and maintenance practices, for this, the systems have been traversed from the collection to the treatment plant, information has been obtained from the Public Company Municipal Telecommunications, Drinking Water and Sewerage of Cuenca (ETAPA EP) and with them has entered into conversations with operators. Finally, it has been found that most of these only act on the basis of corrective maintenance and rehabilitation.

### Keywords:

System. Potable water supply. Operation and Maintenance. Rural sector of the canton Cuenca. ETAPA EP. Atuc-Loma. Tutupali Chico. Chiquintad. Chulco Soroche. Pillachiquir. Santa Ana.



## Índice de contenido

Resumen.....	1
Abstract .....	2
Cláusulas de responsabilidad .....	12
Dedicatoria .....	16
Agradecimiento.....	17
1 Introducción .....	18
1.1 Antecedentes. ....	18
1.2 Problema. ....	19
1.3 Justificación. ....	20
1.4 Objetivos. ....	20
1.4.1 Objetivo general. ....	20
1.4.2 Objetivos específicos. ....	20
1.5 Alcance. ....	21
2 Marco teórico.....	21
2.1 Abastecimiento de agua potable. ....	21
2.1.1 Importancia del abastecimiento de agua potable. ....	21
2.1.1.1 Control de la calidad del agua. ....	21
2.1.1.2 Continuidad. ....	22
2.1.1.3 Normativa del abastecimiento del agua potable. ....	22
2.1.2 Abastecimiento de agua potable en el cantón Cuenca.....	23
2.2 Operación y mantenimiento. ....	24
2.2.1 Operación. ....	24
2.2.1.1 Operación normal. ....	24
2.2.1.2 Operación especial o eventual. ....	24
2.2.1.3 Operaciones de emergencia.....	25
2.2.2 Mantenimiento .....	26
2.2.2.1 Mantenimiento preventivo. ....	26
2.2.2.2 Mantenimiento correctivo. ....	26
2.2.2.3 Estrategias de mantenimiento. ....	26
2.2.3 Costos y vida útil.....	27
2.3 Sistemas de abastecimiento de agua potable.....	28
2.3.1 Componentes, elementos y accesorios del sistema. ....	29
2.3.1.1 Captación.....	29
2.3.1.1.1 Rejillas .....	30
2.3.1.1.2 Desarenador.....	30
2.3.1.2 Conducción.....	31



2.3.1.2.1	Línea de conducción.....	31
2.3.1.2.2	Tanque rompe presión.....	32
2.3.1.3	Planta de tratamiento.....	32
2.3.1.3.1	Coagulación - floculación.....	33
2.3.1.3.2	Filtración.....	33
2.3.1.3.3	Desinfección.....	35
2.3.1.4	Sistema de distribución.....	36
2.3.1.4.1	Tanque de almacenamiento.....	37
2.3.1.4.2	Red de distribución.....	38
2.3.1.4.3	Tomas domiciliarias:.....	38
2.3.1.5	Accesorios.....	39
2.3.1.5.1	Compuertas.....	39
2.3.1.5.2	Válvulas.....	40
2.3.1.5.3	Bombas.....	43
3	Descripción de los sistemas de abastecimiento de agua potable evaluados.....	44
3.1	Atuc-Loma.....	44
3.1.1	Antecedentes y generalidades.....	44
3.1.2	Ubicación.....	44
3.1.3	Captación.....	45
3.1.3.1	Evaluación física de la captación.....	46
3.1.4	Conducción.....	48
3.1.4.1	Inspección física de la conducción.....	49
3.1.5	Planta de tratamiento de agua potable.....	52
3.1.5.1	Esquema de la planta de tratamiento de agua potable.....	53
3.1.5.2	Inspección física de la planta de tratamiento.....	54
3.1.6	Sistema de distribución.....	57
3.1.6.1	Tanque de almacenamiento.....	57
3.1.6.2	Red de distribución.....	59
3.2	Tutupali Chico.....	60
3.2.1	Antecedentes y generalidades.....	60
3.2.2	Ubicación.....	61
3.2.3	Captación.....	62
3.2.3.1	Evaluación física de la captación.....	62
3.2.4	Conducción.....	64
3.2.4.1	Inspección física de la conducción.....	65
3.2.5	Planta de tratamiento de agua.....	66



3.2.5.1	Esquema de la planta de tratamiento de agua potable.....	67
3.2.5.2	Evaluación física de la planta de tratamiento. ....	67
3.2.6	Sistema de distribución. ....	73
3.2.6.1	Tanque de almacenamiento.....	73
3.2.6.2	Red de distribución. ....	74
3.3	Santa Teresita de Chiquintad. ....	75
3.3.1	Antecedentes y generalidades. ....	75
3.3.2	Ubicación.....	75
3.3.3	Captación.....	76
3.3.3.1	Evaluación física de la captación. ....	77
3.3.4	Conducción.....	79
3.3.4.1	Evaluación física de la conducción. ....	80
3.3.5	Planta de tratamiento de agua.....	81
3.3.5.1	Esquema de la planta de tratamiento de agua potable.....	82
3.3.5.2	Evaluación física de la planta de tratamiento. ....	82
3.3.6	Sistema de distribución. ....	85
3.3.6.1	Tanque de almacenamiento.....	85
3.3.6.2	Red de distribución. ....	86
3.4	Chulco Soroche.....	88
3.4.1	Antecedentes y generalidades. ....	88
3.4.2	Ubicación.....	88
3.4.3	Captación.....	89
3.4.3.1	Evaluación física de la captación. ....	90
3.4.4	Conducción.....	92
3.4.4.1	Evaluación física de la conducción. ....	92
3.4.5	Planta de tratamiento de agua.....	93
3.4.5.1	Esquema de la planta de tratamiento de agua potable.....	94
3.4.5.2	Evaluación física de la planta de tratamiento. ....	95
3.4.6	Sistema de distribución. ....	96
3.4.6.1	Tanques de almacenamiento. ....	96
3.4.6.2	Red de distribución. ....	96
3.5	Pillachiquir.....	97
3.5.1	Antecedentes y generalidades. ....	97
3.5.2	Ubicación.....	97
3.5.3	Captación.....	99
3.5.3.1	Evaluación física de la captación. ....	100



3.5.4	Conducción.....	102
3.5.4.1	Evaluación física de la conducción. ....	102
3.5.5	Planta de tratamiento de agua.....	104
3.5.5.1	Esquema de la planta de tratamiento de agua potable.....	105
3.5.5.2	Evaluación física de la planta de tratamiento. ....	106
3.5.6	Sistema de distribución.....	107
3.5.6.1	Tanques de almacenamiento. ....	107
3.5.6.2	Red de distribución. ....	107
3.6	Santa Ana. ....	108
3.6.1	Antecedentes y generalidades.....	108
3.6.2	Ubicación.....	109
3.6.3	Captación.....	110
3.6.3.1	Evaluación física de la captación. ....	111
3.6.4	Conducción.....	112
3.6.4.1	Evaluación física de la conducción. ....	113
3.6.5	Planta de tratamiento de agua.....	115
3.6.5.1	Esquema de la planta de tratamiento de agua potable.....	116
3.6.5.2	Evaluación física de la planta de tratamiento. ....	117
3.6.6	Sistema de distribución.....	118
3.6.6.1	Tanque de almacenamiento.....	118
3.6.6.2	Red de distribución .....	119
4	Guía de operación y mantenimiento de un sistema de abastecimiento de agua potable	120
4.1	Captación.....	122
4.1.1	Limpieza de la rejilla (1.1–Op.).....	123
4.1.2	Revisión y ajuste de válvulas, compuertas y elementos de seguridad (1.2-Op.). 123	
4.1.3	Medición de caudal y turbiedad (1.3-Op.).....	125
4.1.4	Limpieza y lavado del desarenador (1.4-Op.).....	125
4.1.5	Revisión y limpieza del canal de derivación y canal de lavado (1.5-Mt).....	126
4.1.6	Revisión y limpieza del tanque(s) recolector(es) (1.6-Mt).....	127
4.1.7	Revisión y limpieza general de la unidad (1.7-Mt).....	128
4.1.8	Estado del metal y pintura (1.8-Mt.).....	128
4.2	Conducción.....	129
4.2.1	Revisión general de la tubería (2.1–Op.).....	129
4.2.2	Revisión y limpieza de las válvulas de aire o ventosas (2.2-Op.).....	130
4.2.3	Acción y revisión de las válvulas de purga (2.3-Op.).....	131



4.2.4	Revisión de equipo de bombeo (2.4-Op.)	132
4.2.5	Revisión y ajuste de válvulas, tapas y mecanismos de seguridad (2.5-Op.)	133
4.2.6	Revisión y limpieza de los tanques reunidores de caudales (2.6- Mt.)	134
4.2.7	Revisión y limpieza de los tanques rompe presión (2.7-Mt.)	135
4.2.8	Estado del metal y pintura (2.8-Mt.)	136
4.3	Planta de tratamiento	136
	Plantas tipo filtración de múltiples etapas (Filtros gruesos y filtración lenta)	137
4.3.1	Limpieza del prefiltro de grava (3.1-Op.)	137
4.3.2	Limpieza de filtro gruesos dinámicos (3.2-Op.)	139
4.3.3	Limpieza de los filtros lentos (3.3-Op.)	140
4.3.4	Lavado de la grava de los filtros gruesos dinámicos (3.4-Mt.)	141
4.3.5	Lavado completo de los filtros lentos & lavado de la arena (3.5-Mt.)	141
	Plantas tipo convencional	142
4.3.6	Limpieza de filtros rápidos por gravedad (3.6-Op.)	142
4.3.7	Limpieza del floculador (3.7-Op.)	144
4.3.8	Limpieza de canales y vertederos (3.8-Op.)	144
4.3.9	Operaciones de la cámara de cloración (3.9-Op.)	145
4.3.10	Medición de caudal, turbiedad, color y nivel de reserva (3.10-Op.)	147
4.3.11	Revisión y ajuste de válvulas y compuertas (3.11-Op.)	148
4.3.12	Revisión y limpieza general de la planta (3.12-Mt.)	149
4.3.13	Estado del metal y pintura (3.13-Mt.)	149
4.4	Sistema de distribución	150
4.4.1	Revisión y limpieza del tanque de almacenamiento (4.1-Op.)	150
4.4.2	Desinfección del tanque de almacenamiento (4.2-Op.)	152
4.4.3	Revisión de los medidores de agua (4.3-Op.)	152
4.4.4	Revisión general de la tubería (4.4-Op.)	153
4.4.5	Revisión y limpieza de los tanques distribuidores (reserva) de caudales (4.5-Op.)	153
4.4.6	Revisión de las válvulas de aire o ventosas (4.6-Op.)	153
4.4.7	Revisión y ajuste de válvulas, tapas y mecanismos de seguridad (4.7-Op.)	154
4.4.8	Revisión y limpieza de las cajas rompe presión con válvulas de flote (4.8-Mt.)	154
4.4.9	Revisión de las válvulas de compuerta de control (4.9-Mt.)	155
4.4.10	Desinfección de los tanques distribuidores (reserva) de caudales (4.10-Mt.)	156
4.4.11	Estado del metal y pintura (4.11-Mt.)	156
5	Resultados	158



6	Conclusiones y recomendaciones .....	175
7	Bibliografía y referencias.....	177
8	Anexos.....	179
	Anexo A. Fotografías de las inspecciones realizadas a los sistemas de abastecimiento de agua potable y equipos utilizados.....	179
	Anexo B. Tablas de registro de la guía de operación y manteniendo de un sistema de abastecimiento de agua potable.....	182
	Anexo B. 1 Tablas de registro del componente: captación.....	182
	Anexo B. 2 Tablas de registro del componente: conducción.....	182
	Anexo B. 3 Tablas de registro del componente: planta de tratamiento de agua potable.....	182
	Anexo B. 4 Tablas de registro del componente: sistema de distribución.....	182
	Anexo C. Planos de la red de distribución de los sistemas de abastecimiento estudiados. .	210
	Anexo C. 1 Red de distribución de Atuc-Loma.....	210
	Anexo C. 2 Red de distribución de Tutupali Chico. ....	210
	Anexo C. 3 Red de distribución de Chiquintad.....	210
	Anexo C. 4 Red de distribución de Chulco Soroche. ....	210
	Anexo C. 5 Red de distribución de Pillachiquir.....	210
	Anexo C. 6 Red de distribución de Santa Ana. ....	210



## Índice de tablas

Tabla 1. Características físicas, sustancia inorgánicas y radioactivas. ....	23
Tabla 2. Información de los Sistemas TAP más importantes del cantón Cuenca (sector rural). 24	
Tabla 3. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen el sistema de abastecimiento de Atuc-Loma. ....	44
Tabla 4. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen la red de distribución de Atuc-Loma. ....	60
Tabla 5. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen el sistema de abastecimiento de Tutupali Chico.....	61
Tabla 6. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen la red de distribución de Tutupali Chico.....	74
Tabla 7. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen el sistema de abastecimiento de Chiquintad. ....	76
Tabla 8. Descripción de las partes en el esquema de la PTAP de Chiquintad.....	82
Tabla 9. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen la red de distribución de Chiquintad. ....	86
Tabla 10. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen el sistema de abastecimiento de Chulco Soroche.....	88
Tabla 11. Tuberías en la red de distribución de Chulco Soroche según material y diámetro nominal. ....	96
Tabla 12. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen el sistema de abastecimiento de Pillachiquir. ....	98
Tabla 13. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen la red de distribución de Pillachiquir.....	108
Tabla 14. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen el sistema de abastecimiento de Santa Ana.....	109
Tabla 15. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen la red de distribución de Santa Ana. ....	119
Tabla 16. Características físicas, sustancia inorgánicas y radioactivas. ....	148
Tabla 17. Cuadro de resumen comparativo - Parte 1. ....	172
Tabla 18. Cuadro de resumen comparativo - Parte 2. ....	173
Tabla 19. Cuadro de resumen comparativo - Parte 3. ....	174



## Índice de figuras

Figura 1. Esquema de un desarenador de lavado intermitente.....	30
Figura 2. Esquema un tanque rompe presión.....	32
Figura 3. Esquema de un filtro lento de arena.....	34
Figura 4. Esquema de un filtro rápido de arena.....	35
Figura 5. Cilindro de cloro; partes y porciones de cloro líquido y gas comprimido.....	36
Figura 6. Configuración de la red de distribución: a). Cerrada y b). Abierta.....	37
Figura 7. Esquema de una toma domiciliaria.....	39
Figura 8. Esquema de una compuerta tipo deslizante.....	40
Figura 9. Válvulas de retención (check): a). Doble puerta; b). Disco inclinante; c). Tipo Tobera y d). De esfera.....	41
Figura 10. Válvula de compuerta.....	41
Figura 11. Válvula de mariposa.....	42
Figura 12. Válvula de globo común.....	42
Figura 13. Válvulas de admisión y expulsión de aire.....	43
Figura 14. Esquema de la captación de agua cruda.....	46
Figura 15. Perfil de flujo al interior de la captación.....	46
Figura 16. Esquema de componentes de planta de tratamiento.....	54
Figura 17. Esquema de la captación de agua cruda.....	62
Figura 18. Esquema de la PTAP de Tutupali Chico.....	67
Figura 19. Esquema de la captación.....	77
Figura 20. Vista en planta del desarenador.....	77
Figura 21. Esquema de la planta de tratamiento Chiquintad.....	82
Figura 22. Esquema de la captación (vista en planta).....	90
Figura 23. Perfil del flujo al interior de la captación.....	90
Figura 24. Esquema de la PTAP de Chulco - Soroche.....	94
Figura 25. Esquema de la captación (vista en planta).....	100
Figura 26. Esquema de la PTAP de Pillachiquir.....	105
Figura 27. Corte longitudinal del filtro dinámico.....	105
Figura 28. Esquema de la captación (vista en planta).....	111
Figura 29. Esquema de la PTAP de Santa Ana.....	116
Figura 30. Sección transversal de los filtros lentos de arena.....	117
Figura 31. Esquema de una compuerta.....	124
Figura 32. Esquema de una válvula de compuerta.....	124
Figura 33. Limpieza de un desarenador.....	126



Figura 34. Esquema de un tanque recolector..... 127

Figura 35. Revisión del cerramiento..... 128

Figura 36. Esquema de una válvula eliminadora de aire. .... 131

Figura 37. Corte transversal de una purga..... 131

Figura 38. Piezas principales que se encuentran en una bomba..... 133

Figura 39. Esquema de un tanque reunidor de caudal..... 134

Figura 40. Corte longitudinal de un tanque rompe presión..... 135

Figura 41. Esquema de lavado de arena para filtros con paredes de separación (tabiques). .. 138

Figura 42. Lavado de la cámara de entrada (filtro dinámico). .... 139

Figura 43. Limpieza de la capa superficial del lecho filtrante. .... 139

Figura 44. Esquema conceptual de un sistema de lavado manual de arena. .... 142

Figura 45. Esquema de un filtro rápido por gravedad. .... 143

Figura 46. Clorador de control automático..... 146

Figura 47. Esquema de tanques de almacenamiento..... 151

Figura 48. Esquema de una caja rompe presión con flote..... 155

### Índice de gráficos

Gráfico 1. Manejo del abastecimiento de agua potable implementado por los GAD Municipales ..... 19

Gráfico 2. GAD Municipales que cumplen con la Norma INEN 1108..... 23

Gráfico 3. Nivel de influencia de costos de un proyecto..... 27

Gráfico 4. Curva de deterioro de un proyecto..... 28

Gráfico 5. Mapa de ubicación de los principales componentes del sistema Atuc-Loma..... 45

Gráfico 6. Perfil de conducción principal Atuc-Loma..... 49

Gráfico 7. Mapa de ubicación de los principales componentes del sistema Tutupali Chico..... 61

Gráfico 8. Perfil de la conducción principal Tutupali Chico..... 64

Gráfico 9. Mapa de ubicación de los principales componentes del sistema Chiquintad..... 76

Gráfico 10. Perfil de la conducción del Sistema de Abastecimiento "Chiquintad"..... 79

Gráfico 11. Mapa de ubicación de los principales componentes del sistema Chulco Soroche. . 89

Gráfico 12. Perfil de conducción Chulco-Soroche..... 92

Gráfico 13. Mapa de ubicación de los principales componentes del sistema Pillachiquir. .... 98

Gráfico 14. Perfil de conducción Pillachiquir. .... 102

Gráfico 15. Mapa de ubicación de los principales componentes del sistema Santa Ana..... 110

Gráfico 16. Perfil de conducción del sistema Santa Ana..... 113



## Cláusulas de responsabilidad

### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Jonnathan Mauricio Barrera Cajas, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua del sector rural del cantón Cuenca", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 24 de abril de 2019

---

Jonnathan Mauricio Barrera Cajas

C.I: 010563455-4



## Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Jonnathan Mauricio Barrera Cajas, autor del trabajo de titulación "Evaluación de la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua del sector rural del cantón Cuenca", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 24 de abril de 2019

---

Jonnathan Mauricio Barrera Cajas

C.I: 010563455-4



## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Erick Damián Vicuña Chacón, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua del sector rural del cantón Cuenca", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 24 de abril de 2019

---

Erick Damián Vicuña Chacón

C.I: 010499230-0



## Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Erick Damián Vicuña Chacón, autor del trabajo de titulación "Evaluación de la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua del sector rural del cantón Cuenca", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 24 de abril de 2019

Erick Damián Vicuña Chacón

C.I: 010499230-0



## **Dedicatoria**

El presente trabajo de titulación lo dedico:

A mis padres, Mauricio y Lorena, quienes han sido los pilares fundamentales en esta etapa de mi vida, y que me han inculcado a valorar el conocimiento y estudio como la mejor oportunidad que he podido tener, además de que siempre me han ayudado a tener presente que sin sacrificio no se alcanzan los objetivos; gracias a ustedes puedo obtener una meta más en mi vida, de las muchas que tengo; es un orgullo ser su hijo.

A mi hermana, Giselle, quien, con su compañía, cariño, apoyo incondicional y confianza a lo largo de estos años, ha hecho que recobre fuerzas en momentos difíciles, eres la mejor.

**Jonnathan Mauricio**

A Dios, quién me orienta y me ayuda a cumplir mis metas, a toda mi familia, principalmente a mi madre Gloria, mi padre Pablo y mi hermana Lizbeth quienes gracias a sus consejos y apoyo incondicional han sido un pilar fundamental para lograr un objetivo más en mi vida.

A mis amigos quienes siempre estuvieron prestos a brindarme su ayuda.

**Erick Damián**



## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por las personas que me ha permitido conocer durante esta etapa; y por supuesto, también por los problemas que he tenido durante este tiempo, que han servido para fortalecer mi carácter al momento de enfrentar las dificultades.

Gracias a mis padres, Mauricio y Lorena; y a mi hermana, Giselle, por impulsarme a conseguir mis sueños, por el apoyo, los consejos, y por creer y confiar en mí.

Agradezco al Ingeniero Diego Idrovo Murillo, tutor de este trabajo de titulación, que ha compartido su conocimiento, y ha guiado con paciencia cada progreso. Gracias a mi colega de trabajo Damián, por las horas de sacrificio empeñadas en conseguir un buen resultado en este estudio; y a mis compañeros Renato, Robinson, Marco y Alex, que han hecho posible el desarrollo de este trabajo con su valiosa ayuda, además que han hecho mucho más amena cada visita realizada.

**Jonnathan Mauricio**

Quiero principalmente agradecer a Dios por guiarme por el buen camino y cumplir una de mis metas personales.

A la Universidad de Cuenca por todos los años de formación académica.

A mi director Ing. Diego Idrovo M., por su ayuda, orientación para la realización y culminación de este trabajo de titulación.

Mi agradecimiento a mi familia, mis amigos que de una y otra manera me brindaron su colaboración.

**Erick Damián**



## 1 Introducción

Un sistema de abastecimiento de agua es un conjunto de estructuras como: la toma de agua, desarenador, línea de conducción, tanques rompe presión, válvulas de aire, válvulas de purga, filtros, floculadores, sedimentadores, sistemas de cloración y tanques de almacenamiento, que presentan características diferentes según las particularidades de cada proyecto, como su ubicación, su uso y el tipo de sistema implementado. Por lo que, cada elemento es afectado y expuesto a deterioros distintos según el funcionamiento que cumple dentro del sistema.

En el cantón Cuenca se encuentran implementados varios tipos de sistemas de abastecimiento de agua que tienen diferentes tratamientos; desde filtraciones en múltiples etapas conformadas por prefiltros, filtros gruesos de grava y filtros lentos de arena; hasta sistemas de tipo convencional conformados por floculadores, sedimentadores y filtros rápidos (ETAPA, 2019).

El acceso al consumo de agua potable en las zonas rurales es un gran desafío que debe ser enfrentado por aquellas instituciones que se encuentran comprometidas con el mejoramiento continuo de la gestión de los sistemas (Pittman, 1997).

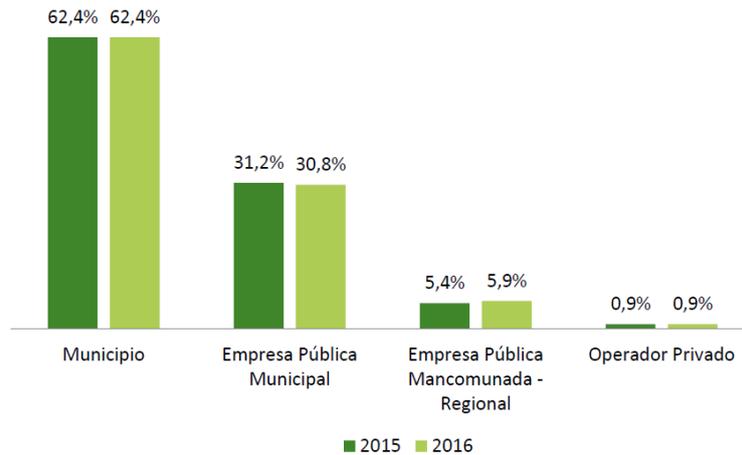
El mantenimiento en los sistemas de agua consiste en el conjunto de actividades necesarias a desarrollar para corregir oportunamente las fallas que lleguen a presentarse en las estructuras y equipos, y así mismo conseguir que éstos se encuentren continuamente en condiciones de poderse operar (Consortio Saneamiento Lima Sur, 2015).

La operación y mantenimiento es un pilar importante para el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento; por ello, la labor de los operadores es de suma importancia, ya que están obligados a conocer y realizar de forma correcta las acciones rutinarias en cada componente (CARE Internacional & Avina, 2012).

El contar e implementar sistemas de abastecimiento de agua potable seguros y adecuados, conjuntamente con un manejo correcto que contemple la evaluación del sistema, monitoreo, gestión y comunicación (OMS, 2006), permitirá alargar la vida útil del sistema y disminuirá los gastos generados por rehabilitaciones y reparaciones.

### 1.1 Antecedentes.

El manejo del abastecimiento de agua en el país, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en el año 2016 el 62.4% de los GAD Municipales, gestionan la prestación de servicio de agua potable y alcantarillado a través del Municipio, un 30.8% se lo realiza mediante Empresa Pública Municipal y el resto lo gestiona la Empresa Pública Mancomunada y mediante operación privada.



Fuente: (AME & INEC, 2016).

Gráfico 1. Manejo del abastecimiento de agua potable implementado por los GAD Municipales

Los servicios de abastecimiento de agua en el país enfrentan una crisis, por deficiencias en la operación y mantenimiento, además de una muy mala administración de los sistemas, que como consecuencias se generan elevados índices de pérdidas de agua y baja recuperación de los costos por la prestación de los servicios (Lloret, 2005).

La falta de mantenimiento preventivo ha ocasionado la presencia de altas filtraciones. Existen serios problemas en la medición de la entrega del agua (únicamente entre el 50% y 60% de los medidores instalados están funcionando). El porcentaje de aguas no contabilizada llega a ciertos casos al 60% (Lloret, 2005).

En el año 2012, a nivel local, CARE Internacional en el Ecuador bajo la colaboración del Programa Regional de Fortalecimiento de Capacidades, ha publicado un módulo de actividades de operación y mantenimiento de los componentes de un sistema de agua potable.

## 1.2 Problema.

A nivel local no se da la atención necesaria a la operación y mantenimiento en los sistemas de agua, o esta fase es delegada a la persona responsable de la operación, desvinculando al resto de la organización de estas labores. Eso trae consigo una disminución de la vida útil de la infraestructura, lo cual significa un mayor gasto para el organismo y no permite prestar un servicio eficiente.

Los gobiernos de los países en vías de desarrollo como Ecuador, no disponen de los recursos suficientes para implementar, administrar, operar y mantener sistemas de agua potable y saneamiento para sus habitantes, especialmente para las poblaciones del área rural. En el sector rural de nuestro país, se han construido muchos sistemas de agua. De todos estos, los que han tenido relativo éxito han sido aquellos que han contado con la participación y respaldo de organizaciones comunitarias para la construcción y posterior manejo de estos servicios (Cajas Ávila & CARE, 1999).

El proceso administrativo de un sistema de abastecimiento de agua potable rural, no comienza al finalizar la construcción, sino desde su planificación. En el momento en el que se define y se selecciona la tecnología apropiada a ser utilizada en el sistema, su nivel de servicio, las tarifas



básicas, etc., se está implícitamente definiendo su posterior administración, operación y mantenimiento (Cajas, 2000).

El principal problema, asociado con el abastecimiento de agua potable en las zonas rurales, se relaciona con la operación y mantenimiento de los sistemas. Es difícil encontrar comunidades en las cuales, los sistemas estén trabajando conforme fueron diseñados, y es común hallar sistemas relativamente nuevos que no funcionan. La tarea de mejorar o crear abastecimientos de agua es agradable y alentadora, pero constituye sólo la mitad del proyecto. Por estas razones, es necesario que se tomen medidas para asegurar un mantenimiento eficaz y sostenible (Idrovo, y otros, 1999).

### 1.3 Justificación.

La operación y mantenimiento son acciones fundamentales para el funcionamiento y durabilidad de los sistemas de tratamiento de agua, su adecuada planificación y ejecución, así como una activa participación y vinculación de la organización comunitaria es un paso firme hacia el empoderamiento y sostenibilidad tanto de la organización como de la infraestructura (CARE Internacional & Avina, 2012).

Por lo tanto, es necesario inspeccionar y evaluar, tanto las condiciones actuales de los elementos que componen el sistema de abastecimiento y las actividades o prácticas de operación y mantenimiento, con el fin de garantizar un correcto funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable; todo esto en base a una guía que pueda ser desarrollada según condiciones locales. Los resultados serán de importancia para la empresa pública local y así poder tomar las decisiones pertinentes respecto a posibles intervenciones futuras.

### 1.4 Objetivos.

#### 1.4.1 Objetivo general.

Valorar las prácticas de operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable del sector rural del cantón Cuenca, el caso de los sistemas de Atuc-loma, Chiquintad, Chulco-Soroche, Pillachiquir, Santa Ana, Tutupali Chico.

#### 1.4.2 Objetivos específicos.

- Realizar una recopilación de información y de bibliografía de tipo general.
- Caracterización de los sistemas de abastecimiento de agua potable.
- Elaborar una guía básica de las técnicas de operación y mantenimiento.
- Evaluar las prácticas de operación y mantenimiento de las infraestructuras de captación, conducción, planta de tratamiento y red de distribución.
- Elaborar cuadros comparativos que reflejen la realidad del manejo y prácticas de operación y mantenimiento.



## 1.5 Alcance.

El presente estudio, tiene como finalidad realizar la evaluación de las fases de operación y mantenimiento en varios sistemas de abastecimiento de agua del sector rural del cantón Cuenca. Es decir, se llevará a cabo una revisión de los procedimientos de operación, planes de mantenimiento (frecuencia, herramientas y materiales utilizados) al igual que se efectuarán entrevistas y encuestas al personal de trabajo.

Para este efecto, se desarrollarán visitas, recorridos e inspecciones a los sistemas de abastecimiento. En base a estas inspecciones y por medio de información proporcionada por la Empresa Pública (ETAPA EP), se realizarán descripciones de todos los sistemas estudiados, que comprende: captación, conducción y planta de tratamiento de agua potable (PTAP), sin incluir la red de distribución. Estas descripciones comprenden una evaluación física básica.

Además, en base a la recopilación de información de manuales de operación y mantenimiento, guías y otra información relacionada con el manejo de sistemas de abastecimiento de agua potable se desarrollará una guía básica de operación y mantenimiento. La misma podrá ser adaptada para un sistema de abastecimiento determinado. Esta guía comprende una serie de actividades a cumplir por cada componente del sistema; así mismo contará con tablas de reporte de campo, que servirán para llevar un registro de las actividades realizadas.

Finalmente, según la guía de mantenimiento desarrollada, se evaluarán las actividades de operación y mantenimiento a todos los sistemas de abastecimiento estudiados; y se realizarán cuadros que reflejen la realidad del manejo de las prácticas de operación y mantenimiento de los sistemas del sector rural del cantón Cuenca.

## 2 Marco teórico

### 2.1 Abastecimiento de agua potable.

#### 2.1.1 Importancia del abastecimiento de agua potable.

Para entender la importancia del abastecimiento de agua potable es necesario antes definir el agua como potable, a aquella que puede ser ingerida por el humano sin causar daños a la salud ni problemas de carácter organoléptico (sabor, olor, color, temperatura). Así como aquella que puede ser destinada para la preparación de alimentos (Idrovo, y otros, 1999). El abastecimiento de agua potable en relación con las actividades de operación y mantenimiento está ligado a características como calidad y continuidad; las misma que definen si un sistema de abastecimiento tiene un funcionamiento eficiente, en busca de cumplir las necesidades para la cual fue construido.

##### 2.1.1.1 Control de la calidad del agua.

La generación de métodos para identificar variaciones en la calidad del agua, son importantes para tener un control del sistema (Mays, Larry W., 2002). Por ejemplo, tener conocimiento de la calidad del agua que es captada y llevada a la planta de tratamiento por medio de la conducción, ayudará a definir los procesos de tratamientos necesarios. De la misma manera, realizar monitoreos de calidad del agua tratada, servirá para garantizar que, en los puntos de



consumo, se tenga un abastecimiento de agua de calidad. Así, la base de datos que se obtenga de las monitorizaciones del control de calidad de agua, servirá como indicador de las transformaciones que se estén dando en el sistema (Mays, Larry W., 2002).

Los mecanismos de monitorización de la calidad del agua, según (Mays, Larry W., 2002) pueden clasificarse como muestreos rutinarios y de estudios especiales.

Los muestreos rutinarios, son aquellos realizados para asegurar el cumplimiento, como mínimo, de los límites establecidos por la normativa reguladora de los requisitos del agua potable; además, de servir como herramienta para el control constante de calidad y generación de una base de datos. Mientras que los estudios especiales, son técnicas más desarrolladas que tienen como objetivo encontrar respuestas específicas respecto a la calidad del agua dentro de un sistema de abastecimiento; por ejemplo, la medición del desinfectante residual para identificar la pérdida del mismo en la red de distribución (Mays, Larry W., 2002).

Ahora bien, se debe tener presente que el control de calidad del agua es una de las principales labores que sirven para garantizar la salud de la población. Pero no debe limitarse a verificar sólo el cumplimiento de la calidad del agua, el control debe ir más allá, es decir ligado a aspectos de construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento.

#### 2.1.1.2 Continuidad.

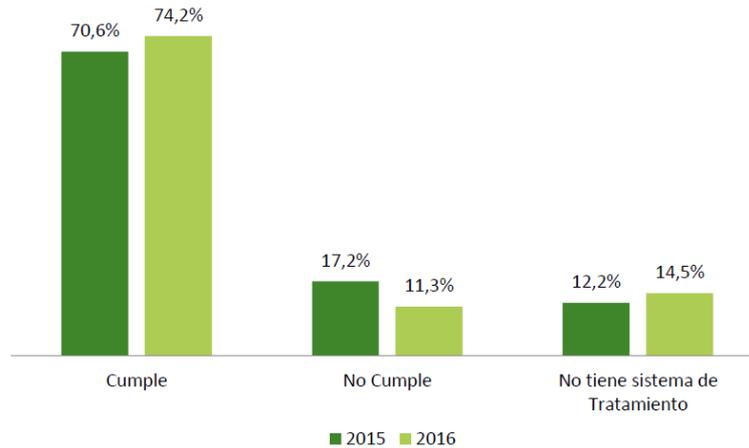
La continuidad del abastecimiento de agua potable se define como aquel servicio durante todo el año de una fuente fiable, que no tiene interrupciones de caudal, ni en los puntos de consumo, ni en la fuente.

Cuando no se tiene una continuidad o se sufre de interrupciones del servicio, se debe principalmente a restricciones de los regímenes de bombeo, fugas ya sea en la conducción o en el sistema de distribución, variación natural del volumen de la fuente a lo largo del año, exceso de turbidez en algunos periodos de tiempo, etc. Cuando las interrupciones son frecuentes, se ocasiona una reducción de la presión del suministro y, por lo tanto, aumenta el riesgo de contaminación en la red de distribución (OMS, 2006).

La continuidad de un sistema de abastecimiento de agua potable se ve afectada directamente por las actividades de operación y mantenimiento, ya que, en caso de no tener una planificación que atienda estas prácticas se producirán los problemas anteriormente mencionados, además de los gastos que estos implican.

#### 2.1.1.3 Normativa del abastecimiento del agua potable.

La Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) tiene la responsabilidad de preparar, revisar y actualizar las normas para estudios y diseño de sistemas de agua potable. Mientras que, la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1108 - "Agua Potable. Requisitos"), es la encargada de establecer a nivel nacional límites máximos permitidos de las características físicas, químicas y biológicas, que deben ser tratadas para considerar el agua como apta para el consumo humano. Lamentablemente, en el país no todos los organismos encargados de la administración de los sistemas de abastecimiento de agua potable se rigen al cumplimiento de las normativas antes mencionadas como se puede observar en el *Gráfico 2*.



Fuente: (AME & INEC, 2016).

Gráfico 2. GAD Municipales que cumplen con la Norma INEN 1108.

En la *Tabla 1* se observa los límites máximos permitidos por la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN, 2014), referentes a las características físicas, sustancias inorgánicas y radioactivas.

Fuente: (INEN, 2014).

Tabla 1. Características físicas, sustancia inorgánicas y radioactivas.

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b>Inorgánicos</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos  
\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup>Po, <sup>224</sup>Ra, <sup>228</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>234</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>239</sup>Pu  
\*\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup>Co, <sup>89</sup>Sr, <sup>90</sup>Sr, <sup>129</sup>I, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb, <sup>226</sup>Ra

### 2.1.2 Abastecimiento de agua potable en el cantón Cuenca.

Actualmente en el cantón Cuenca, los sistemas de abastecimiento de agua son de diferentes tipos, desde filtraciones en múltiples etapas conformadas por prefiltros, filtros rápidos de grava y filtros lentos de arena; hasta sistemas de tipo convencional; estos sistemas son gestionados y administrados por la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ETAPA EP).



El cantón tiene registrado 174 proyectos de abastecimiento de agua distribuidos en las 21 parroquias rurales de las cuales dos sistemas tienen más de 250.000 usuarios, un sistema tiene más de 35.000 usuarios, un sistema más de 25.000 usuarios, nueve sistemas tienen más de 500 usuarios; nueve entre 250 y 500 usuarios, ochenta y tres entre 50 y 250 usuarios; y sesenta y tres sistemas abastecen a menos de 50 usuarios (ETAPA, 2019).

En la *Tabla 2* que se muestra a continuación se resumen las características principales de los sistemas de tratamiento más importantes con las que cuenta el sector rural del cantón.

*Fuente: (ETAPA, 2018).*

**Tabla 2. Información de los Sistemas TAP más importantes del cantón Cuenca (sector rural).**

<b>NOMBRE DEL SISTEMA</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>TIPO DE PLANTA</b>	<b>CAPACIDAD DE TRATAMIENTO (l/s)</b>
Irquis	Victoria del Portete	Convencional (filtración rápida, tratamiento de lodos)	35
Cumbe	Cumbe (Nascario)	Filtración de múltiples etapas (FIME)	14
Pillachiquir	Cumbe	Convencional	7
Sinincay	Sinincay	Convencional	30
Zhizho	-	FIME	3
Tutupali grande	Tutupali Grande	Convencional	7
Tutupali Chico	Tutupali Chico	FIME	3
Farez	-	FIME (Filtros gruesos, y filtración lenta)	3
Santa Ana	Santa Ana	Convencional	5
Syausi	Syausi	Convencional	15
Maluay	Maluay	FIME	2
Checa	Checa	Convencional	22
Chiquintad	Santa Teresita de Chiquintad	Convencional	7
Atuc-loma	Atuc-loma	FIME	5
Patucay	-	Convencional	15

## 2.2 Operación y mantenimiento.

### 2.2.1 Operación.

#### 2.2.1.1 Operación normal.

La operación normal de las unidades que componen un sistema de abastecimiento de agua son aquellas actividades que se efectúan rutinariamente con el fin de que el sistema trabaje normalmente, es decir aquellas actividades para que garanticen al final del proceso, un agua que sea apta para el consumo humano (CEPIS; OPS, 2005).

#### 2.2.1.2 Operación especial o eventual.

Este tipo de operaciones se efectúan cuando se produce una falla imprevista, daños menores, falta de energía u otras causas que impliquen una parada total o parcial de la unidad (estructura, equipo, etc.) (CEPIS; OPS, 2005).



Las paradas normalmente se programan en horas de bajo consumo, días festivos, u horas de la noche. El encargado del manejo del sistema (supervisor) debe programar la serie de actividades a ejecutarse en dichas paradas y el tiempo en realizar cada una de ellas. Así mismo, se debe enlistar los materiales a utilizar y el personal que intervendrá. Cabe recalcar, que el personal encargado de ejecutar las reparaciones debe ser diferente al personal encargado de la operación normal del sistema.

### 2.2.1.3 Operaciones de emergencia.

Las operaciones de emergencia ocurren con mayor fuerza y se presenta en forma imprevista a causa de fallas graves o desastres (CEPIS; OPS, 2005).

Por ejemplo, en el caso de que se produzca una falla de energía de larga duración, y si el funcionamiento de la planta depende totalmente de energía eléctrica, la consecuencia directa a esta adversidad será la suspensión del tratamiento de agua, a no ser que se cuente con generadores de energía, tales que permitan poner en marcha el sistema.

Cuando las unidades (equipos, estructuras) presentan fisuraciones o rupturas generadas por un suceso imprevisto; en donde su impacto en el funcionamiento del sistema, demande realizar una reparación inmediata de los elementos, el personal deberá estar capacitado de manera técnica y poseer los materiales necesarios para reanudar el suministro de agua lo más breve posible.

En lugares de peligro sísmico, como es el caso local, las estructuras del sistema deben ser antisísmicas. En caso de presentarse este fenómeno natural y de acuerdo con la intensidad del mismo, pueden producirse fallas de energía o afecciones en los componentes del sistema; los mismos que deberán ser evaluados de manera inmediata con el fin de efectuar intervenciones para la solución de anomalías que pueden comprometer la integridad y seguridad del sistema.

Además, los motores, arrancadores y demás equipos eléctricos que compone el sistema pueden ser susceptibles a sufrir incendios. Es por ello, que es necesario tener disponibles extintores de CO<sub>2</sub> debidamente cargados y personal capacitado para usarlos (CEPIS; OPS, 2005).

Por otra parte, cuando se produzcan inundaciones, lo cual es frecuente por rotura de tuberías, rebose de tanques o desborde de ríos, es importante realizar las correcciones lo más breve posible ya que puede generar desestabilización del suelo y posibles fallas en la estructura de las unidades afectadas. En el caso de inundaciones mayores (desborde de ríos), es importante evaluar los daños mediante una inspección sanitaria y tomar las medidas del caso.

Otras anomalías o situaciones consideradas como de emergencia son la presencia de una fuente de contaminación que afecte directamente al sistema, y el aumento de turbiedad, caso típico en temporada invernal (CEPIS; OPS, 2005). En el caso que la variación de turbiedad sea tan brusca, de manera que la calidad del agua supere los límites de tratabilidad, será fundamental una suspensión de la operación del sistema, hasta que la fuente retome niveles que permitan la potabilización.

En seguimiento con el razonamiento de los argumentos presentados anteriormente, el almacenamiento de cloro representa un peligro potencial para la instalación y sus alrededores



ya que, al presentarse una fuga de cloro, por su naturaleza tóxica puede causar daños inmediatos a la salud humana (CEPIS; OPS, 2005). El organismo a cargo del sistema de abastecimiento debe proveer de conocimiento y capacitación a los operadores para saber actuar en tales casos, además de que es fundamental contar con instrumentos y equipo de protección para efectuar las reparaciones. El contar con especialistas en el manejo de sustancias peligrosas va a ser importante en caso de presentarse tal situación.

### 2.2.2 Mantenimiento

El mantenimiento tiene como objetivo principal reducir en lo posible el costo final de la fase de operación de un sistema de abastecimiento (CEPIS; OPS, 2005). Para ello, el mantenimiento debe brindar condiciones seguras y eficientes de funcionamiento tanto del equipo, maquinaria, accesorios y estructuras del sistema.

El personal encargado de realizar las funciones de mantenimiento, debe estar capacitado tanto en el aspecto humano como técnico (CEPIS; OPS, 2005). Es decir, que, desde el punto de vista social, se debe evitar accidentes que puedan traer grandes responsabilidades o peor aún pérdidas humanas; mientras que, desde la perspectiva técnica, se debe garantizar un adecuado mantenimiento de las unidades, accesorios, instalaciones, equipos y maquinaria que no conlleven a pérdidas económicas y por el contrario faciliten una producción continua y eficiente del sistema de abastecimiento.

El mantenimiento en sí puede subdividirse en dos clases, preventivo y correctivo, las cuales se diferencian porque la primera contempla realizar actividades de manera periódica, con el objetivo de evitar afecciones mayores; y la segunda actúa en función de reparar un desperfecto o daño que compromete el funcionamiento de la unidad (CEPIS; OPS, 2005). A continuación, se detalla de una manera más clara cada uno de estos conceptos.

#### 2.2.2.1 Mantenimiento preventivo.

Se refiere a un conjunto de actividades que se llevan a cabo en una unidad, equipo, instrumento o estructura, con el fin de que operen de una forma eficiente, y así evitar una parada forzada o imprevista en su funcionamiento. Para ello se requiere un plan de manejo con el fin de corregir deficiencias que posteriormente puedan causar daños graves (CEPIS; OPS, 2005).

#### 2.2.2.2 Mantenimiento correctivo.

Hace referencia al conjunto de actividades que se realizan con el fin de reparar un problema que se presenta en una unidad en específico y que ha sufrido una parada forzada o imprevista (CEPIS; OPS, 2005).

#### 2.2.2.3 Estrategias de mantenimiento.

Para llevar a cabo cualquiera de los mantenimientos antes descritos, es posible realizar estrategias, las cuales nos pueden garantizar una conservación y mantenimiento óptimo de un sistema de tratamiento de agua. Para ello se consideran cinco tipos de estrategias (CEPIS; OPS, 2005), las cuales se describen a continuación:



Mantenimiento programado: es aquel que se realiza de forma alternada cuando se tiene por lo menos un par de equipos, unidades o estructuras; dejando a uno de ellos fuera de operación.

Mantenimiento predictivo: cuando la falla se detecta mediante monitoreo de las condiciones de operación. No se requiere la parada de los equipos (unidad, estructura) y se lleva a cabo de forma planificada de acuerdo a un calendario.

Operar hasta la falla: esta estrategia es la menos deseable, ya que sólo se efectúa cuando la falla es detectable, y para lo cual se debe tener la herramienta, equipo y personal listo para efectuar las reparaciones necesarias en el menor tiempo posible.

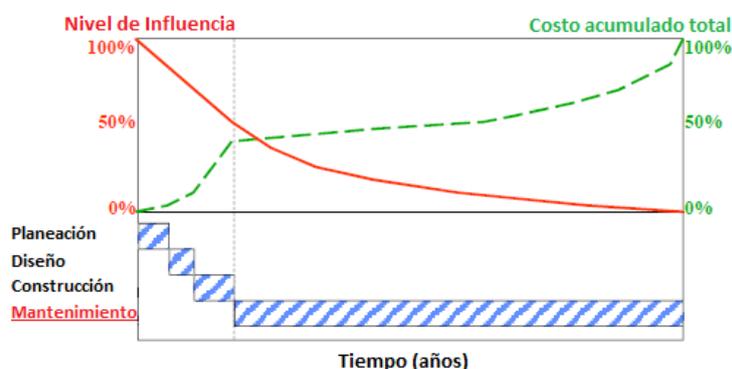
Mantenimiento de oportunidad: es la manera más efectiva de realizar el mantenimiento, ya que éste se programa en los tiempos muertos, por lo cual resulta efectivo desde el punto de vista económico. Por ejemplo, cuando existe una reparación en la línea de conducción que requiera necesariamente el corte del tratamiento del agua, se puede aprovechar para ejecutar las actividades de mantenimiento en las unidades de la PTAP.

Rediseño por obsolescencia: cuando las fallas son muy frecuentes o los repuestos son costosos es posible realizar un plan, con el fin de reparar estas fallas una primera vez para luego considerarse una actividad repetitiva.

### 2.2.3 Costos y vida útil

En cuanto a los términos económicos, el reducir los costos de la fase final de la operación de un sistema de abastecimiento sólo se logra con mantenimientos planificados y adecuados. Es decir, cumpliendo con lo citado en el ítem 2.2.2 de este trabajo.

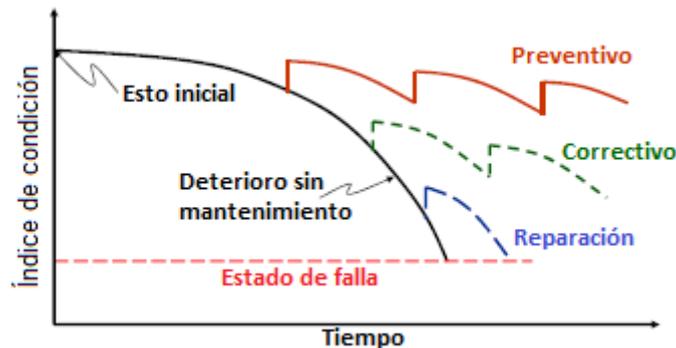
El *Gráfico 3* muestra el nivel de influencia de costos en un proyecto a lo largo de tiempo. Como se puede observar el nivel de influencia al inicio del proyecto (planeación) es el 100% y este valor disminuye con una pendiente “fuerte” hasta el fin de la construcción e inicio de la etapa de operación. En esta última etapa dados por los mantenimientos efectuados al sistema, el nivel de influencia tiende a ser asintótico hasta llegar a ser nulo al final del proyecto. Así mismo el gráfico muestra que los costos acumulados del proyecto son bastante grandes en sus tres primeras etapas, mientras que a lo largo de la operación estos costos acumulados van teniendo menos influencia, dado por el período de tiempo que es grande con respecto a las anteriores etapas.



Fuente: (Flintsch & Bryce, 2014).

Gráfico 3. Nivel de influencia de costos de un proyecto.

Por otra parte, el deterioro de un sistema se asemeja a lo ilustrado en el *Gráfico 4*. Como se puede observar, la curva de color negro representa el deterioro sin la realización de mantenimientos al sistema, hasta que la misma llega a un punto conocido como “estado de falla”, en donde el sistema queda obsoleto. Pero con la realización de mantenimientos el estado de falla puede alargarse en el tiempo, siendo más efectivo la realización frecuente de mantenimientos preventivos, así mismo un mantenimiento correctivo puede alargar la vida útil del proyecto, pero es menos eficaz que el preventivo. Por último, la realización de una reparación antes de que ocurra el estado de falla es favorable, pero es menos eficaz que los mantenimientos mencionados anteriormente.



Fuente: (Flintsch & Bryce, 2014).

Gráfico 4. Curva de deterioro de un proyecto.

Entonces, la ejecución de mantenimientos planificados y adecuados en un sistema de tratamiento de agua potable es de suma importancia ya que alarga la vida del proyecto y, además de ello conlleva a la mejora del servicio. De igual manera, hay que mencionar que los costos de un mantenimiento por reparación van a ser mayores que si se hubiese programado mantenimientos preventivos, por lo que siempre resulta favorable la ejecución de estos mantenimientos planificados.

### 2.3 Sistemas de abastecimiento de agua potable.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable son bastante fiables, si se los compara con cualquier otro tipo de infraestructura, lo cual se puede corroborar mediante lo mencionado por (Mays, Larry W., 2002, pág. 17.1) que señala: “No es extraño que las tuberías funcionen más de 100 años sin una rotura o fuga. Numerosas bombas han funcionado durante más de 40 años con sólo una mínima rutina de mantenimiento.”. Sin embargo, no se debe caer en la desacertada idea, de que los sistemas de abastecimiento de agua potable no necesitan rutinas de mantenimiento; es más, se debe tener claro, que el tener una buena planificación de las prácticas de mantenimiento de la infraestructura, ayudarán para la prolongación de su periodo de vida útil (Mays, Larry W., 2002).

En cuanto a la capacidad técnica en Ecuador, varía significativamente según las distintas entidades encargadas de los sistemas, sólo muy pocos organismos mantienen los niveles apropiados de una gestión. Lo que demuestra una condición de debilitamiento institucional en la mayoría de los organismos operadores del sector.



Es necesario aprovechar la experiencia y capacidad técnica instalada de los organismos más sólidos, para propiciar y generar a nivel nacional la realización de los programas específicos que mejoren la calidad de los servicios como por ejemplo: capacidad técnica, programas de rehabilitación y optimización de sistemas existentes, programas de control de pérdidas y uso eficiente del agua, procedimientos de operación y mantenimiento, programas de control de calidad, proyectos de desarrollo de tecnologías apropiadas. (Galárraga & Sánchez, 2000, pág. 20)

Los organismos que se encargan tanto de operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable, tienen la responsabilidad de planificar de manera integral y técnica. También, deben evaluar en el corto, mediano y largo plazo las soluciones sobre la base del aprovechamiento máximo de las instalaciones existentes. Además, tienen el compromiso de desarrollar programas técnicos y económicos de manera que se optimicen los recursos, para lograr superar los déficits actuales y atender oportunamente las demandas futuras de la población.

Las actividades de mantenimiento para cada uno de los elementos y accesorios de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable, deben ser planificadas de manera detallada, con frecuencias y técnicas bien establecidas.

Así mismo, se deberán llenar y archivar registros de cada intervención de mantenimiento que se realice en cualquier elemento y accesorio; con la finalidad de generar una base de datos que incluya materiales, herramientas, personal utilizado, etc.; que permitirá la generación de estadísticas que ayudarán como referencias para la toma de decisiones en posteriores trabajos. Al igual que, ayudará para realizar aproximaciones de costos e inversiones que se han hecho en busca de la conservación del sistema de abastecimiento.

### 2.3.1 Componentes, elementos y accesorios del sistema.

#### 2.3.1.1 Captación.

Es una estructura construida directamente en la fuente de agua, con el fin de captar el caudal que permita cubrir la demanda máxima diaria según el periodo de diseño, y llevarlo hasta el inicio de la conducción.

El diseño, las técnicas de construcción y las planificaciones de mantenimiento deberán considerar las acciones del río, erosión, deslizamientos y actividades antrópicas que pudiesen tener efectos destructivos sobre las obras que conforman la captación. Además, las captaciones deberán tener una estructura de cerramiento para evitar el ingreso a personas no autorizadas; cuando no se cuenta con este elemento, el riesgo de contaminación de la fuente (ej. por pastoreo) es mayor, así como el deterioro de las estructuras.

El mantenimiento en la obra de captación va enfocado para impedir acumulación de sedimentos, que desencadena en cortes innecesarios del servicio de abastecimiento, y en el incremento de los costos empleados para el tratamiento de agua.

### 2.3.1.1.1 Rejillas

Las rejillas de entrada pueden ser de diferentes tipos, como barras de acero, láminas con orificios y mallas. Se emplean especialmente en ríos de montaña, los cuales están sujetos a grandes variaciones de caudal, para limitar la entrada del material flotante hacia las estructuras (Trujillo, 2007).

Las rejillas que se colocan con mayor frecuencia en las estructuras de captación son aquellas formadas por barrotes verticales de acero, los cuales son susceptibles a sufrir desgaste y deformaciones, debido al impacto con los materiales arrastrados por la corriente, por lo que deben ser los suficientemente resistentes (Krochin, 1986) y a su vez revisados continuamente.

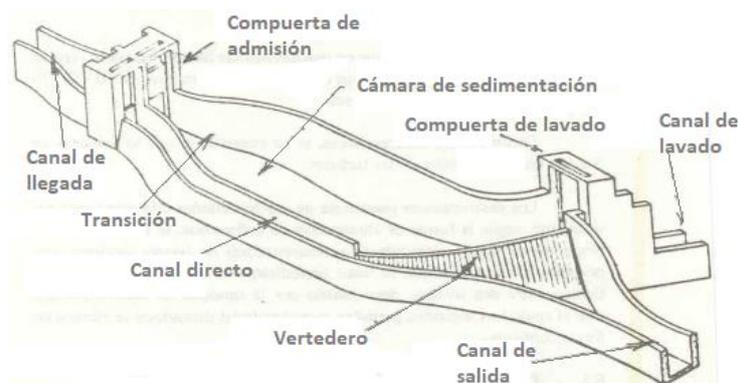
Debido a su función, las rejillas de entrada son susceptibles a sufrir corrosión y oxidación, por su contacto con el agua y el material transportado por el cauce. Además, en las rejillas generalmente se producen taponamientos debido a la acumulación de materiales, los cuales deben ser retirados para evitar disminuciones de caudal de ingreso. Esta remoción de los materiales retenidos en la rejilla de entrada, puede ser manual o con herramientas.

Una ventaja de realizar las actividades de mantenimiento preventivo en la rejilla es que no se requiere una paralización del servicio, a diferencia de una reparación o rehabilitación.

### 2.3.1.1.2 Desarenador

En las épocas de invierno la cantidad de sólidos en las fuentes de agua aumenta considerablemente. Por ello, el funcionamiento de un desarenador es de suma importancia en los proyectos de abastecimiento, por lo que su implementación se considera indispensable, salvo en situaciones que el agua no tenga presencia de sólidos (Krochin, 1986).

El fondo de un desarenador siempre presentará acumulación de sedimentos, afectando el funcionamiento y capacidad del mismo; además de erosionar el hormigón y corroer los accesorios metálicos con los que entran en contacto. El diseño de un desarenador debe contemplar la manera de realizar la remoción del material depositado. Así, según la forma de eliminación de sedimentos, se puede clasificar a los desarenadores como de lavado intermitente (*Figura 1*) y de lavado continuo. En donde, los primeros se caracterizan por tener un intervalo de tiempo entre los lavados que se ejecuten; y los segundos permiten que el material depositado se lave de forma continua (Krochin, 1986).



Fuente: (Krochin, 1986).

Figura 1. Esquema de un desarenador de lavado intermitente.



Sobre las actividades de mantenimiento del desarenador, es importante destacar que la limpieza de este elemento es fundamental, para evitar que el material depositado en el fondo se acumule de manera que disminuya la capacidad de la sección, provocando que el agua se desborde (Krochin, 1986). Desencadenando en problemas de obstrucciones o taponamientos en las tuberías de la conducción, además de pérdidas de caudal.

#### 2.3.1.2 Conducción.

Una conducción es el conjunto de estructuras, elementos y accesorios, que se encargan de llevar el agua desde la obra de captación hacia la planta de tratamiento.

Para la toma de decisiones dentro de un proyecto, con respecto al tipo de línea de conducción (gravedad o bombeo) que se deberá construir, es necesario realizar un análisis económico y funcional (operación y mantenimiento) de cada una de estas alternativas a largo plazo, en caso de que puedan presentarse ambas (Arocha, 1980).

Es sustancial realizar inspecciones periódicas para controlar daños en la tubería y conexiones clandestinas, al igual que las revisiones del funcionamiento y condiciones de los dispositivos (válvulas de aire, purgas) y estructuras (tanques rompe presión, tanques distribuidores de caudal) de la conducción. Ya que, en caso de presentarse problemas con cualquiera de estos componentes, se generarán pérdidas en el sistema.

##### 2.3.1.2.1 Línea de conducción.

Comúnmente, para el transporte del agua se emplean tuberías a presión gracias a los beneficios que prestan, que generalmente deben seguir el perfil del terreno y deben colocarse de manera favorable en términos económicos, de facilidad de construcción y mantenimiento (Steel, 1958). No obstante, en las tuberías se pueden presentar taponamientos, debido principalmente a depósitos de sedimentos y a acumulación de aire dentro de la tubería. Por otra parte, las tuberías son susceptibles a sufrir fisuraciones, roturas y desuniones en sus juntas; por lo que la elección del material a utilizarse debe hacerse teniendo suficiente conocimiento de las características propias de la zona donde se construirá la línea de conducción.

Con respecto a los inconvenientes que se tienen en las líneas de conducción, resulta oportuno mencionar, que durante la realización de este trabajo de titulación se ha podido evidenciar que en varias líneas de conducción de los sistemas de abastecimiento del sector rural del cantón Cuenca, existen conexiones ilícitas o clandestinas; que tienen la finalidad de llevar el agua cruda hacia los domicilios o haciendas, para utilizarla en las actividades agrícolas, ganaderas, industriales, y en un menor porcentaje para el consumo humano. Es así, que este problema social y económico también tiene gran incidencia sobre las decisiones respecto a la forma de construcción y al material empleado en las tuberías para las líneas de conducción.

Los materiales más empleados en la línea de conducción son las tuberías de cloruro de polivinilo (PVC) y la de polietileno de alta densidad (HDPE).

Las tuberías de PVC son las más utilizadas en los sistemas de abastecimiento de agua, debido a la resistencia a la corrosión, peso ligero (lo cual reduce los costos de transporte e instalación), facilidad de instalación, resistencia contra ácidos. Pero una de las desventajas a tomar en

cuenta es que este material no debe estar expuesto a la luz solar directa por largo períodos de tiempo ya que su resistencia al impacto disminuye, además tiene poca resistencia a esfuerzos externos y aplastamiento, por lo cual su utilización más conveniente es enterarla en zanjas (Arocha, 1980).

Las tuberías de HDPE presentan propiedades importantes como la resistencia a la corrosión, peso ligero y flexibilidad, por lo que son muy usados en zonas de deslizamientos; sin embargo, su colocación es superficial sin enterrarse en zanjas, por lo que, la probabilidad de que se realicen conexiones ilícitas aumenta, así como su exposición al deterioro.

#### 2.3.1.2.2 Tanque rompe presión.

Está conformado por una tubería de entrada localizada en la parte superior y una tubería para la salida en la parte inferior, ya que, al caer el agua en el tanque, ésta pierde su presión (CARE Internacional & Avina, 2012).

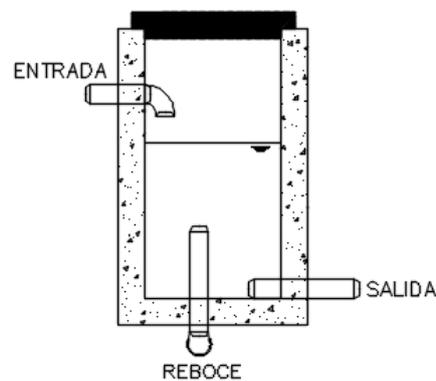


Figura 2. Esquema un tanque rompe presión.

En el caso de que el agua que llega por la tubería de entrada tenga presencia de sedimentos, ocasionará que el material se deposite en el fondo del tanque rompe presión, pudiendo provocar el taponamiento de la tubería de salida, haciendo que el agua se acumule y rebose de las paredes de la cámara de llegada.

#### 2.3.1.3 Planta de tratamiento.

La planta de tratamiento es el conjunto de estructuras o unidades, en las que se llevan a cabo procesos que pueden ser de tipo físico, físico-químico y/o biológico, los cuales tienen como objetivo tratar el agua cruda, de tal manera que pueda ser considerada potable o apta para el consumo humano. Es el componente del sistema de abastecimiento de agua potable, en donde se realizan el mayor número de actividades para la potabilización; por lo que su mantenimiento alargará la vida útil de sus unidades.

Hay que tener cuidado con la pérdida de carga de los filtros, ya que, si éstos no se lavan de una forma eficiente, puede producirse compactación del material removido y almacenado en el interior de la unidad, aumento en la pérdida de carga, incremento en las actividades de operación y mantenimiento, y disminución en la eficiencia del proceso (CEPIS; OPS, 2005).

Las plantas de tratamiento trabajan en etapas, lo que significa que el mal estado de cualquiera de las unidades generará que el componente siguiente realice una actividad para la cual no



está acondicionado. Por ejemplo, la falta de mantenimiento en los floculadores dificultará la formación de flocs, por lo que no serán lo suficientemente pesados como para que se asienten en el proceso de sedimentación, llegando hasta los filtros provocando que se colmaten rápidamente; obteniendo que sus frecuencias de limpieza sean mayores e implicando mayor consumo de recursos.

#### 2.3.1.3.1 Coagulación - floculación.

La coagulación es un fenómeno de desestabilización de partículas electronegativas que puede conseguirse especialmente por medio de neutralización de sus cargas eléctricas. Consiste en introducir en el agua un producto, el cual se conoce como coagulante, que es capaz de neutralizar la carga de los coloides, generalmente electronegativos presentes en el agua, para formar un precipitado (Trujillo, 2007).

Los principales coagulantes utilizados son las sales de hierro y de aluminio (Trujillo, 2007). Hay muchas aguas que requieren además de la adición de un coagulante la ayuda de otra sustancia (auxiliares de coagulación), que, no siendo coagulante efectivo, ayude al agente coagulante en su función.

Los principales factores que influyen en la coagulación de aguas turbias y coloreadas son tipo de coagulante, dosis de coagulante, cantidad y carácter del color y turbiedad, caracteres químicos del agua entre otros.

La floculación es la segunda fase del proceso de clarificación en el cual los flóculos no visibles se convierten en flóculos más grandes que adquieren el peso y el tamaño para asentarse más rápidamente. El aumento del tamaño depende de dos factores: la colisión que a su vez depende de alguna acción física, especialmente la agitación del agua; y la adhesión, que se controla por fuerzas químicas o electrónicas.

Las condiciones de mantenimiento de un floculador de pantallas impactan en las características del flóculo y en la eficiencia total del sistema. En una unidad tan elemental como esta se puede obtener un movimiento ordenado del agua y una eficiencia muy buena, sin embargo, por falta de mantenimiento se pierden estas ventajas.

#### 2.3.1.3.2 Filtración

##### *Filtración lenta por arena:*

Los filtros lentos de arena se basan en un tanque de hormigón, de unos 1.9 a 2.5 metros de profundidad que está compuesto de una capa sobrenadante de agua, un lecho filtrante de arena y de grava, drenajes y válvulas de regulación y control. Según (Galvis Castaño, Latorre Montero, & Teun Visscher, 1999), estas unidades operan con velocidades filtración entre 0.1 a 0.3 m/h.

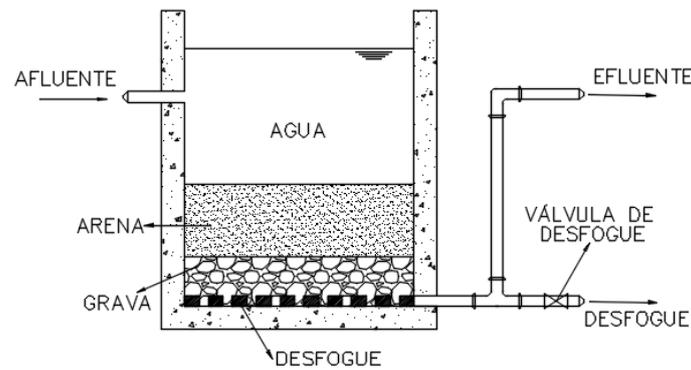


Figura 3. Esquema de un filtro lento de arena.

Según el departamento de sanidad de Nueva York, el tamaño efectivo de la arena debe estar entre 0.25 y 0.35 milímetros y debe tener un coeficiente de uniformidad entre 2.5 y 3.5. Es importante que el tamaño efectivo de la arena no sea más fino de lo necesario, ya que una arena demasiado fina incrementará la pérdida inicial de carga hidrostática, aunque la calidad del efluente sea mejor (Visscher, Paramasivam, Raman, & Heijnen, 1992).

Como recomiendan los autores (Visscher, Paramasivam, Raman, & Heijnen, 1992) y (Galvis Castaño, Latorre Montero, & Teun Visscher, 1999) el espesor mínimo del lecho filtrante de arena debe ser de 50 centímetros. Ya que la limpieza periódica del filtro se realiza mediante una extracción de entre 1 a 2.5 centímetros de la capa superior de la arena, generalmente se incrementa 30 centímetros para elevar a 80 centímetros su espesor inicial (Visscher, Paramasivam, Raman, & Heijnen, 1992). Entonces, las limpiezas sucesivas del filtro reducirán paulatinamente el espesor del lecho filtrante, de modo que, para el segundo o tercer año, éste alcanzará el espesor mínimo. Entonces, se deberá reponer la arena (CEPIS; OPS, 2005).

Respondiendo al mantenimiento programado descrito en la sección 2.2.2.3, se deben ejecutar las limpiezas de los filtros lentos de arena, de tal manera de que se evite la colmatación de todos los filtros a la vez, dado que si esto sucede será necesario suspender el tratamiento del agua.

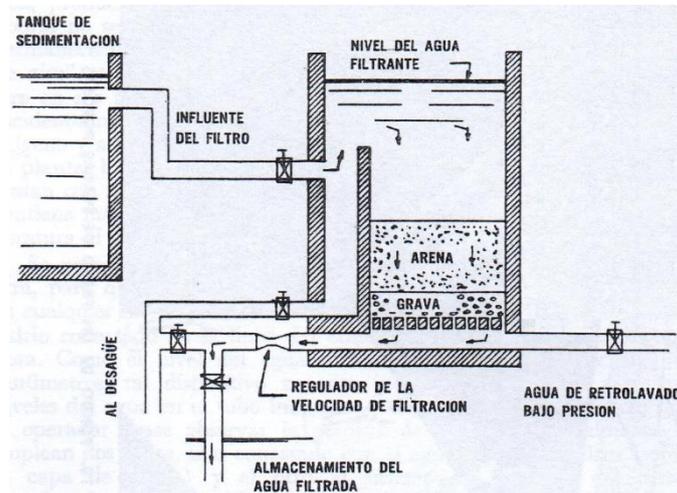
Especialmente en épocas de verano las algas se desarrollan en la capa sobrenadante del agua, como resultado de la presencia de nutrientes, como nitratos, fosfatos y la luz solar son beneficiosas para el tratamiento en cantidades moderadas; sin embargo, el crecimiento excesivo de algas, crea problemas en muchos filtros lentos, en algunos casos puede bloquear los filtros, lo que puede dar lugar a períodos de filtración muy cortos; en otros casos, el consumo de oxígeno de las algas por la noche, puede crear condiciones anaeróbicas en los filtros, produciendo efluentes desagradables para el paladar (Visscher, Paramasivam, Raman, & Heijnen, 1992). Por ello, el control del crecimiento de algas es importante con el fin de evitar se presenten los problemas descritos, las técnicas para lograr este fin incluyen el sombreado de filtros, tratamiento químico, métodos biológicos y extracción manual.

#### *Filtración rápida por arena:*

Los filtros rápidos de arena se basan en un tanque de hormigón compuesto de una capa sobrenadante de agua, un lecho filtrante de arena gruesa, drenajes y válvulas de regulación y control. Elimina los sólidos que lograron pasar las anteriores unidades, por lo que su

efectividad depende de la eficacia de la coagulación, floculación y sedimentación, además de las características de la arena (Albany & otros, 1962).

Según el departamento de sanidad de Nueva York, el tamaño efectivo de la arena debe estar entre 0.35 y 0.55 milímetros; el espesor de la capa de arena generalmente va de 60 a 75 centímetros, la cual reposa sobre un lecho de grava graduada de 25 a 50 centímetros de espesor.



Fuente: adaptado de (Albany & otros, 1962).

Figura 4. Esquema de un filtro rápido de arena.

Los filtros rápidos se clasifican en (Trujillo, 2007):

- Filtros rápidos de flujo descendente*: el agua pasa de manera gravitatoria a través de la capa de medio filtrante, para luego ser conectado mediante un drenaje hacia el efluente.
- Filtros rápidos de flujo ascendente*: el agua cruda entra por debajo del lecho filtrante y luego asciende por el mismo para luego descargar en un sistema efluente.

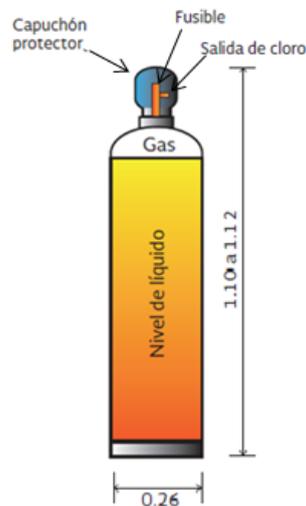
### 2.3.1.3.3 Desinfección

La desinfección consiste en un conjunto de actividades que son desarrolladas con el fin de eliminar los organismos patógenos del agua, para prevenir enfermedades en el ser humano (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).

El método de tratamiento más utilizado para la desinfección es la aplicación de cloro, la forma más común de aplicación es mediante hipoclorito de calcio, el cual se aplica directamente en los tanques de almacenamiento.

El uso mayoritario del cloro se debe a que es un componente de bajo costo, confiable, eficiente y tiene un efecto residual que permite seguir desinfectando en el caso de que el agua tratada sufra alteraciones hasta los puntos de consumo (CONAGUA; SEMARNAT, s.f). Actualmente, se dispone de nuevos y eficientes sistemas que son utilizados para el manejo, análisis y control de la cloración, y por ello es el método más utilizado a nivel mundial (87% de los tratamientos) (Huebner, 1996) y en Ecuador.

El cloro se encuentra principalmente en dos presentaciones que son utilizadas para la desinfección, estos son de forma sólida (Hipoclorito de Calcio) y en forma líquida (Hipoclorito de Sodio, Cloro líquido- Gas comprimido). Este último se encuentra presente en cilindros en dos estados, 85% de cloro líquido y 15% de gas (el cual se encuentra comprimido), en la siguiente figura se ilustra las partes compuestas de un cilindro de cloro.



Fuente: (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).

Figura 5. Cilindro de cloro; partes y porciones de cloro líquido y gas comprimido.

Cuando la aplicación (mezclado) del cloro se realiza de forma incorrecta, de tal manera que no solo influye en la dosis establecida, sino que también se perciba en el ambiente; por lo que puede traer consecuencias negativas en la salud del operador, además de que el efecto corrosivo del cloro puede causar daños en equipos e instalaciones. Por lo tanto, la sala de cloración debe tener ventilación, ya que, en el caso de una mezcla incorrecta o de presentarse fugas, éstas se dispersen con rapidez en el ambiente circundante (CEPIS; OPS, 2005).

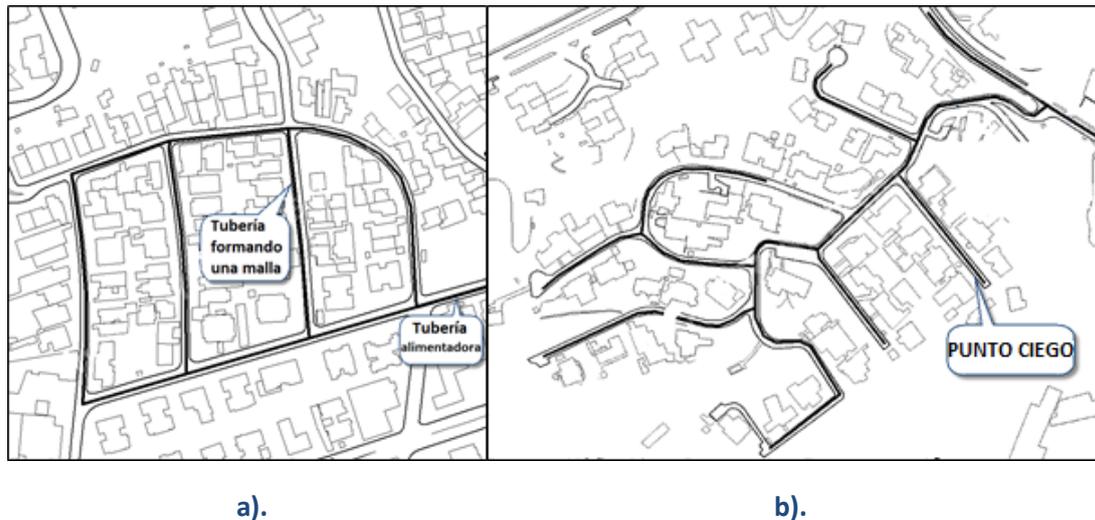
Por lo general, la cloración es el proceso final utilizado para asegurar que las metas de calidad microbiológica del agua se alcancen, mientras que los procesos anteriores estén cumpliendo correctamente sus objetivos; es decir, si los procesos de coagulación, floculación y filtración no están siendo eficientes, no se puede esperar que la cloración presente buenos resultados (CEPIS; OPS, 2005). Por lo que, un control de todos estos procesos, incluyendo mantenimientos que aseguren el cumplimiento del propósito para el que fue diseñado cada unidad, puede asegurar una correcta calidad (física, química, microbiológica) de agua.

#### 2.3.1.4 Sistema de distribución.

El sistema de distribución es el conjunto de elementos, accesorios y estructuras, que tienen la finalidad de conducir el agua tratada, desde el tanque de almacenamiento hasta la toma domiciliar y puntos de consumo.

Las posibles configuraciones de la red de distribución son de dos tipos: a). Cerrada, en donde en el caso de presentarse una falla (las cuales son difíciles de localizar), el agua puede tomar trayectorias diferentes para abastecer al resto de la red y b). Abierta, que permite el

estancamiento de agua en los puntos extremos muertos de la red provocando el crecimiento de bacterias.



Fuente: adaptado de (Tutoriales de ingeniería civil, S/F).  
Figura 6. Configuración de la red de distribución: a). Cerrada y b). Abierta.

En la red de distribución se presentan generalmente muchos problemas, entre ellos, presiones mayores a las permitidas en el diseño, lo cual genera roturas en la tubería y por consiguiente pérdidas en la red, además de daños en los accesorios de las instalaciones internas de agua (llaves de agua, válvulas de baños, etc.) (Idrovo, y otros, 1999).

Los mayores cambios en la calidad del agua en una red de distribución, se producen por roturas de tuberías, fallas en las juntas, conexiones ilegales, conexiones cruzadas y la cantidad de tiempo de retención del agua en la red. Por ende, es importante realizar mantenimientos al sistema de distribución debido a que ayuda a alargar la vida del sistema, además que incide directamente en la calidad del agua de abastecimiento, debido a que pueden ocurrir alteraciones al momento que el agua viaja a través de la red de distribución hacia los domicilios o puntos de consumo (Mays, Larry W., 2002).

#### 2.3.1.4.1 Tanque de almacenamiento.

Los tanques son de suma importancia en un sistema de abastecimiento, juegan un papel básico para el diseño del sistema de distribución, desde el punto de vista económico, así como a la hora brindar un servicio eficiente a los usuarios. Cumple tres propósitos fundamentales: compensar las variaciones de consumo, regular la presión de servicio y mantener almacenada agua en el caso de presentarse situaciones de emergencia (Arocha, 1980).

Los tanques pueden estar enterrados, obteniendo como ventaja proteger el agua de las variaciones de temperatura; pero entre los inconvenientes destaca el requerir importantes excavaciones al momento de su construcción, además de la dificultad en el control y detección de filtraciones (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).

También se construyen tanques superficiales, ya que, en su etapa de construcción resulta dificultoso o costoso la realización de excavación; pero tiene la ventaja de facilitar la detección de fugas, al igual que agilitan las actividades de mantenimiento.



Además, hay tanques elevados, los cuales son necesarios construir en lugares en donde no es posible mantener la presión de servicio, sin embargo, cuando son ubicados en la zona periférica de la población, ocurren presiones mínimas en los extremos más alejados del tanque, así como presiones excesivas en los puntos más cercanos del mismo. Por lo que, para mantener presiones uniformes es recomendable ubicar los tanques en sitios céntricos de la población a servir (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).

No obstante, ya que los tanques de almacenamiento generalmente son construidos de hormigón, tienden a sufrir fisuraciones superficiales provocadas por el sistema de poros que se generan debido a la naturaleza propia del material (Helene & Pereira, 2007). Sin embargo, es necesarios lograr la impermeabilización de los tanques de almacenamiento, con el fin de evitar pérdidas de agua en el sistema y fugas que comprometan la estructura.

Por esta razón, se utilizan revestimientos sobre la superficie de concreto de los tanques de agua potable (Helene & Pereira, 2007).

#### 2.3.1.4.2 Red de distribución.

Los principales problemas que se producen en las redes de distribución se deben a fugas en las tuberías y fallas en sus juntas, las cuales no se controlan a tiempo; generando pérdidas en el sistema de distribución, que desencadena en la insuficiencia de agua en los puntos de consumo, provocando molestias entre los usuarios.

Lamentablemente, un problema que se presenta con gran frecuencia en los sistemas de distribución de nuestro medio, son las conexiones ilegales, ilícitas o clandestinas. Que provocan pérdidas no controladas, afectando a todos los usuarios que se abastecen de la red.

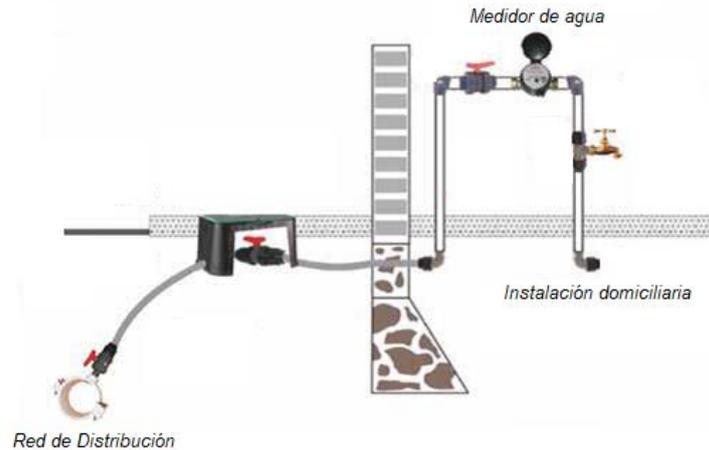
Por los inconvenientes que se han presentado, es importante que el ente encargado de la administración y gestión del sistema de distribución tenga una idea del nivel de servicio que se está brindando; para ello, debería planificar actividades, en donde el operador, quien hace visitas e inspecciones en la red de distribución, a su vez puede establecer conversaciones informales con la comunidad, de manera que se pueda determinar si los usuarios están satisfechos con el servicio (Visscher, Paramasivam, Raman, & Heijnen, 1992).

#### 2.3.1.4.3 Tomas domiciliarias:

Las tomas domiciliarias tienen la función de proporcionar agua proveniente de la red de distribución, para conducirla a la instalación domiciliaria.

En general, la instalación de los medidores se considera una buena medida, ya que permite el control de los puntos de consumo, facilitando la identificación de zonas de consumo excesivo, para proceder a tomar medidas que permitan su reducción. También sirve para la generación de una base de datos respecto a consumos relativos de la población, que ayudarán a la toma de decisiones respecto a la distribución de los costos del abastecimiento (Flinn, Weston, & Bogert, 1952).

Se presenta a continuación una figura en donde se muestran las partes de una toma domiciliaria:



Fuente: adaptado de (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).  
Figura 7. Esquema de una toma domiciliaria.

### 2.3.1.5 Accesorios.

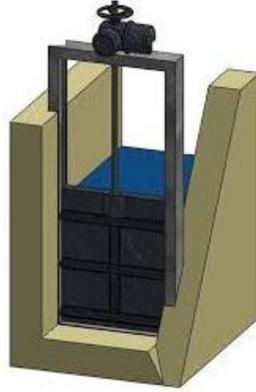
En esta sección se realizarán breves descripciones de los dispositivos o accesorios que son frecuentemente utilizados en un sistema de abastecimiento de agua, como compuertas, válvulas y bombas que deben ser sometidos a constantes revisiones para su conservación.

Uno de los mantenimientos más comunes para los accesorios metálicos son los recubrimientos líquidos con pintura anticorrosiva, que representan una de las formas más versátiles para el control de la corrosión por su facilidad de manejo y bajo costo. La eficiencia para la protección y un buen comportamiento de los recubrimientos dependen de su buena calidad, la preparación de la superficie, la técnica de aplicación y de una adecuada selección del sistema de recubrimiento que va a ser empleado (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).

Es importante mencionar, que bajo ningún término se pueden presentar elementos en los sistemas de abastecimiento de agua que estén recubiertos con pinturas que estén compuestas de elementos perjudiciales para la salud de la población. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el plomo es uno de los elementos más perjudiciales ya que afecta principalmente a los niños debido a que su sistema nervioso es más vulnerable. La lista de sustancias perjudiciales empleadas en las pinturas incluye además otros metales pesados, entre ellos, el mercurio y el cadmio. Es por ello que a la hora de mantener los elementos en los sistemas de abastecimiento de agua se debe evitar la aplicación de productos que contengan estos elementos.

#### 2.3.1.5.1 Compuertas

Las compuertas consisten en una placa de tipo móvil, plana o curva, que sirven para abrir o cerrar el paso del agua. Las más utilizadas en el medio son las deslizantes (Figura 8), que generalmente se usan en canales y se mueven sobre superficies deslizantes que sirven a su vez como soporte. La hoja de la compuerta se acciona mediante un vástago, el cual es un mecanismo elevador (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).



Fuente: (Fábrica de compuertas Riego Nacional S.A, s.f.).

Figura 8. Esquema de una compuerta tipo deslizante.

Al tratarse de componentes móviles son susceptibles al desgaste; a más de que se encuentran expuestos a sufrir corrosión, la cual a su vez conlleva a la pérdida de metal, y debilitamiento del accesorio, lo que conducirá finalmente a su colapso (Mays, Larry W., 2002).

#### 2.3.1.5.2 Válvulas

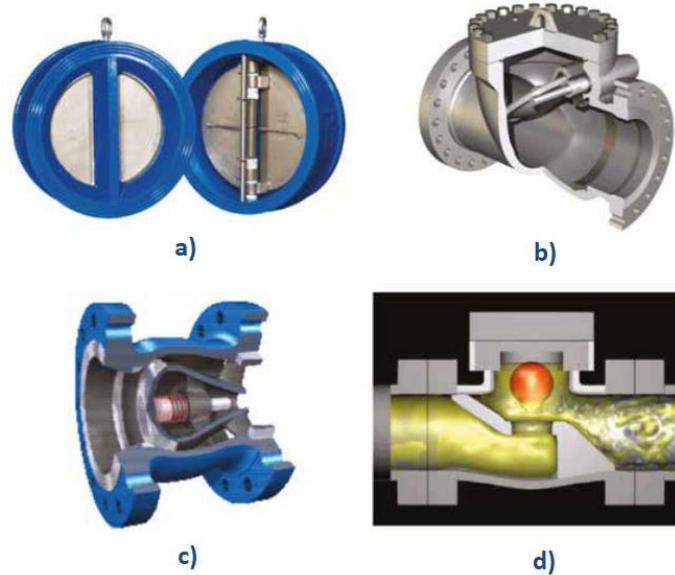
Las válvulas tienen la función de controlar el flujo de agua, impedir su retorno y liberar el exceso de presión cuando ésta exceda ciertos límites de seguridad.

Sin embargo, las válvulas son susceptibles a fugas, ya sea por daños en los empaques, daños en los soportes, rotura por oxidación o exceso de pintura. Es por ello que la ejecución de mantenimientos preventivos, con el fin de evitar que se presenten estos problemas es de suma importancia.

Para la selección de las válvulas se requiere tener en cuenta su capacidad, las características del fluido, su temperatura, la clase y el tipo de tubería en la cual se debe instalar, la forma de realizar las conexiones, la manera como se va a operar y finalmente, las facilidades para su buen manejo (CEPIS; OPS, 2002).

Entre las principales válvulas están:

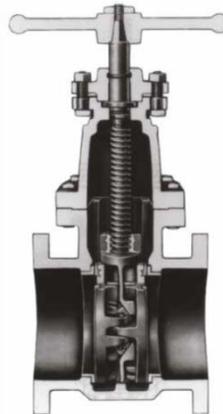
- Válvulas de retención (válvula check): su principal función es evitar el cambio de dirección del fluido que es conducido a través de la tubería. Se instalan en tuberías donde el agua contenida puede revertir su dirección de flujo durante el paro de una bomba o cortes en el servicio de energía eléctrica (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).



Fuente: (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).

Figura 9. Válvulas de retención (check): a). Doble puerta; b). Disco inclinante; c). Tipo Tobera y d). De esfera.

- Válvula de compuerta: este tipo de válvulas permiten el movimiento del fluido cuando se encuentran completamente abiertas y lo limitan en la posición completamente cerrada, con una mínima pérdida probable.



Fuente: (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).

Figura 10. Válvula de compuerta.

- Válvulas de mariposa: estas válvulas permiten regular el caudal en condiciones de gastos y presiones relativamente bajas, así como para la descarga de una bomba en ciertos casos. Estas válvulas pueden sustituir a las de compuerta cuando se tiene diámetros grandes y presiones bajas; además, de que son de menor tamaño y más baratas (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).



Fuente: (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).

Figura 11. Válvula de mariposa.

- Válvulas de globo: sirven para limitar o regular el paso del fluido. Estas válvulas están construidas de forma que cuando pasa el fluido, y según la posición de cierre, producen un cambio en la dirección e incrementan su resistencia al paso en forma continua. Se emplean generalmente en tuberías de diámetros pequeños (domésticas), también son utilizadas para drenar o vaciar tuberías (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).



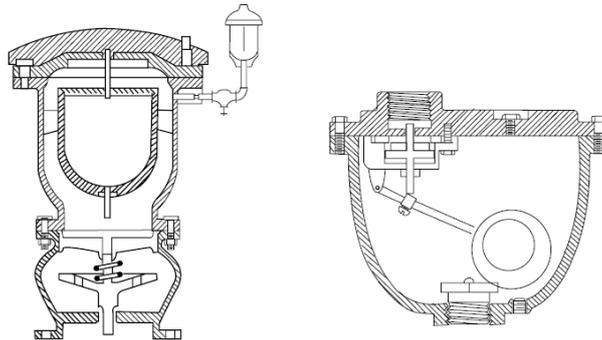
Fuente: (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).

Figura 12. Válvula de globo común.

- Válvulas reguladoras de presión: son utilizadas cuando es necesario reducir la presión, manteniéndola dentro de valores de seguridad definidos por el material de las tuberías, al margen de la cantidad de fluido que pasa a través de estas válvulas.
- Válvulas de altitud: sirven para controlar el nivel de agua en un tanque de almacenamiento elevado. Existen de dos tipos: de una sola acción, que permite el llenado del tanque hasta un nivel determinado por medio de una tubería de paso directo (*bypass*) y una válvula de retención, y la segunda es la de doble acción que realiza el proceso anterior sin tener una tubería de paso directo.
- Válvulas reguladoras de caudal: funcionan de forma similar que las válvulas reguladoras de presión, en donde reducen y mantienen el caudal de salida. En las plantas de tratamiento de agua potable, estas válvulas son muy utilizadas en diámetros mayores a seis pulgadas para mantener constante el caudal de operación de la planta.

- Válvulas de admisión y expulsión de aire: tienen la función principal de evitar tener aire acumulado en los puntos altos de una línea de conducción o red de distribución, para ello estas válvulas permiten el ingreso y la salida de aire de la línea. Esta anomalía conlleva a una reducción del flujo de agua, y así produce un aumento de pérdida de carga y una merma del caudal.

Por ello, realizar los respectivos mantenimientos en la conducción van a evitar que se presenten obstrucciones totales o parciales de la tubería por motivo de deficiencias en el funcionamiento de las válvulas de aire o desagüe. Deficiencias que se notan en una disminución de caudal de llegada, desplazamientos del terreno por fugas de agua, etc. (Idrovo, y otros, 1999).



Fuente: (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).

Figura 13. Válvulas de admisión y expulsión de aire.

#### 2.3.1.5.3 Bombas

Debido a las características propias de cada proyecto de abastecimiento, la distribución natural del agua no siempre satisface los requisitos de diseño. Como consecuencia de ello es necesario utilizar bombas, para impulsar el líquido vital hacia los puntos de consumo, satisfaciendo de esta manera la distribución deseada de caudales (Mays, Larry W., 2002).

Las bombas funcionan de manera que reciben energía mecánica proveniente de un motor con el fin de elevar la carga de presión de agua y así conducirla en la tubería. La mayoría de los sistemas de abastecimiento instalan estas bombas, con el fin de trasladar agua a través del sistema o mantener presiones requeridas (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).

Las tres principales aplicaciones de las bombas son:

- Elevar el agua cruda desde fuentes superficiales o subterráneas hacia las plantas de tratamiento que se encuentran en una cota superior. O también para llevar el agua tratada hacia los puntos de los sistemas de distribución, que deberán ser ubicados estratégicamente, como por ejemplo tanques de almacenamiento elevados.
- Incrementar la presión con el fin de servir a los puntos de consumo.
- Bombear productos químicos en las unidades de tratamiento, retro lavado de filtros y remover sólidos depositados.



### 3 Descripción de los sistemas de abastecimiento de agua potable evaluados

#### 3.1 Atuc-Loma.

##### 3.1.1 Antecedentes y generalidades.

El sistema de abastecimiento “Atuc-Loma” fue construido por ETAPA en julio de 1995 frente a la necesidad de la dotación de agua potable para la comunidad de Atuc-Loma, Zhucay y Cotapamba.

El sistema cuenta con dos captaciones, una de ellas no ha sido posible su inspección por su difícil acceso. Por lo tanto, en este trabajo se va a describir solamente una de ellas. La misma está ubicada en un curso de agua semejante a un riachuelo a 13 kilómetros de la planta de tratamiento.

La conducción está formada por tubería de PVC y polietileno, siete tanques rompe-presión, una válvula de aire y dos válvulas de purga.

La planta de tratamiento es de tipo FIME (filtración en múltiples etapas), con una capacidad de producción de 5 l/s (ETAPA, 2019). Está conformada por: prefiltro, filtros lentos, el empleo de cloro gas para la desinfección y un tanque de almacenamiento.

En el sistema de distribución se tiene inicialmente un tanque de almacenamiento, el cual está ubicado dentro del cerco de la planta de tratamiento y tiene una capacidad de 100 m<sup>3</sup>. Este tanque abastece a las comunidades de Atuc-Loma, Cotapamba, Zhucay y hacia un pequeño sector de Álamos. Según información proporcionada por ETAPA EP actualmente este sistema tiene un total de 449 medidores registrados.

##### 3.1.2 Ubicación.

Se presentan las coordenadas de los componentes y elementos del sistema las cuales fueron levantadas para esta tesis. Las mismas se especifican en la siguiente tabla y se ilustran en el *Gráfico 5*.

**Tabla 3. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen el sistema de abastecimiento de Atuc-Loma.**

Item	N	E	Z
CAP	9664421.021	703625.463	3528.660
TR	9664364.871	703908.227	3520.897
VA	9663679.337	706465.653	3318.603
TR	9663771.155	706448.092	3317.054
TR	9662995.568	707140.826	3265.079
TR	9663102.366	707948.230	3198.952
VP	9662935.694	708332.546	3107.000
TR	9663063.513	708698.074	3144.458
TR	9663191.620	709169.402	3122.486
TR	9663252.560	710244.504	3060.684
VP	9666900.896	714703.956	2942.191
PTAP	9666950.648	714696.765	2946.000

*Cap: Captación*

*TR: Tanque rompe-presión*

*VA: Válvula de aire*

*VP: Válvula de purga*

*PTAP: Planta de Tratamiento de Agua Potable*

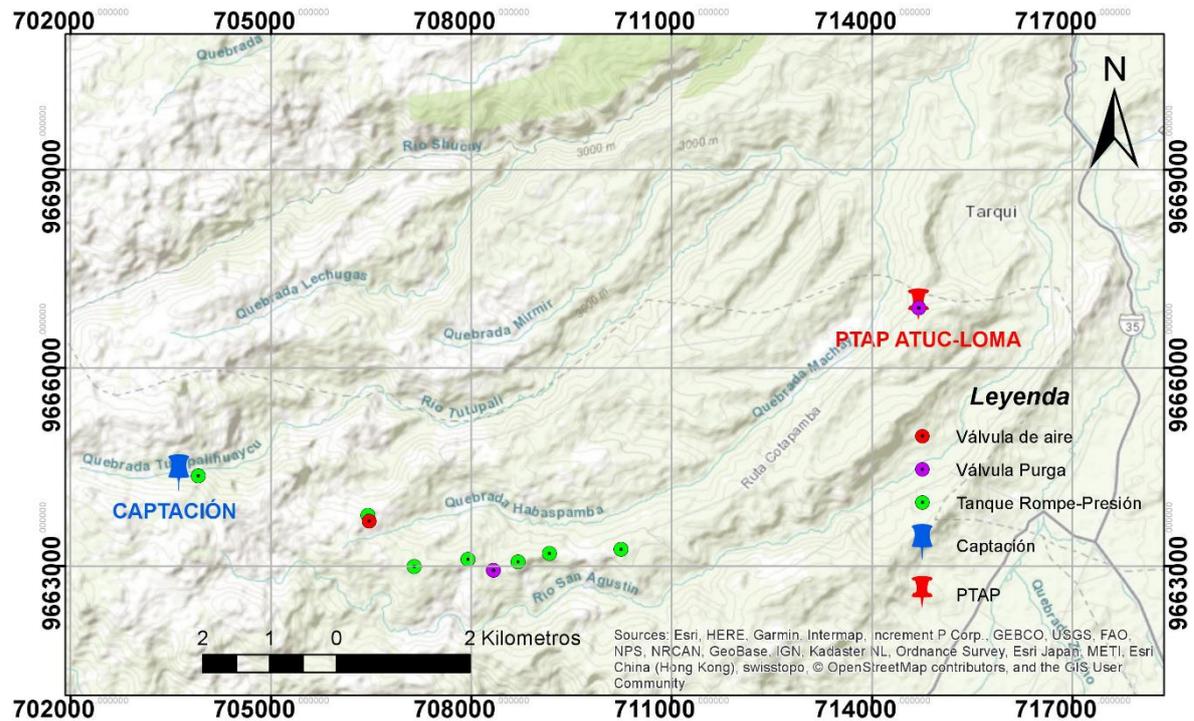


Gráfico 5. Mapa de ubicación de los principales componentes del sistema Atuc-Loma.

### 3.1.3 Captación.

La captación del sistema de abastecimiento está ubicada a una distancia de 13 kilómetros de la planta de los cuales 4 kilómetros se deben recorrer a pie al ser inaccesibles en vehículo, durante el trayecto se deben atravesar terrenos sinuosos, todo el recorrido está cubierto por pastos y vegetación abundante.

El agua cruda llega hacia un vertedero con perfil hidrodinámico (azud) que cruza el cauce de agua, provocando que se acumule para que ingrese por una cavidad rectangular hacia la estructura de hormigón armado. El excedente de agua sigue su curso natural pasando por un segundo vertedero (Ilustración 1).



Ilustración 1. Fotografía de captación.

Posterior a la toma lateral el agua pasa por una rejilla con agujeros circulares, recorre un canal de 2 metros aproximadamente de longitud hasta llegar a un vertedero triangular de pared delgada que está conectado con la conducción hacia la PTAP.

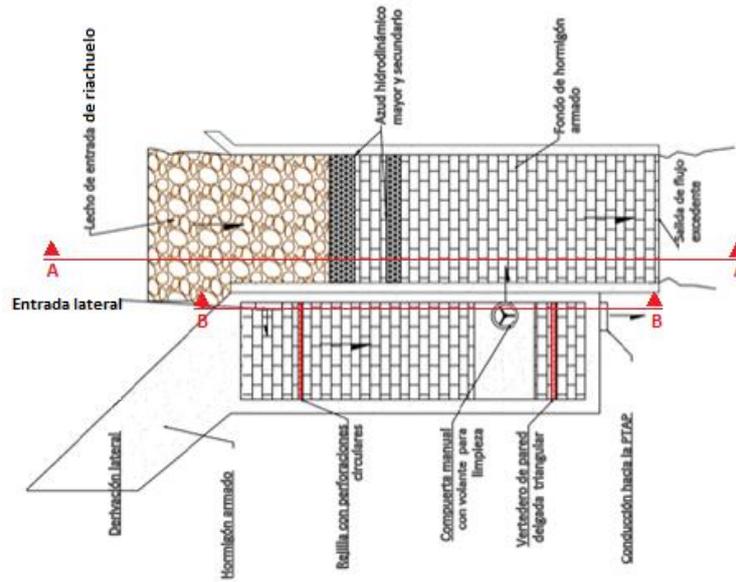


Figura 14. Esquema de la captación de agua cruda.

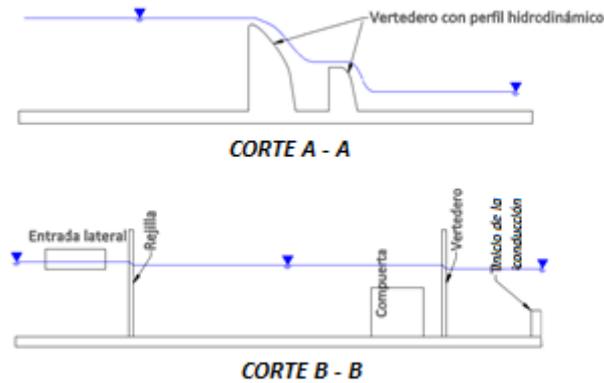


Figura 15. Perfil de flujo al interior de la captación.

### 3.1.3.1 Evaluación física de la captación.

La base del canal de salida presenta un leve desgaste del recubrimiento de hormigón y que es aprovechado por la vegetación para la sujeción de las raíces, aunque sin presentar riesgo significativo, además hay vegetación frondosa en los alrededores de la misma. *Ilustración 2.*



Ilustración 2. Fotografía de aliviadero.



Ilustración 3. Sentido de flujo en la captación y derivación.

La estructura de rejilla comprende una placa de acero inoxidable con perforaciones circulares de 2 centímetros aproximadamente de diámetro. Se observó sedimentos adheridos a la rejilla, pero sin provocar el taponamiento o impedimento del paso de agua. No se evidencia el uso de pintura anticorrosiva en el resto de elementos metálicos.



Ilustración 4. Rejilla y canal.

La captación está formada por un azud de perfil hidrodinámico, en donde el recubrimiento de hormigón de la base del azud está totalmente erosionado exponiendo así la armadura de refuerzo, afectando su durabilidad y resistencia. *Ilustración 5.*

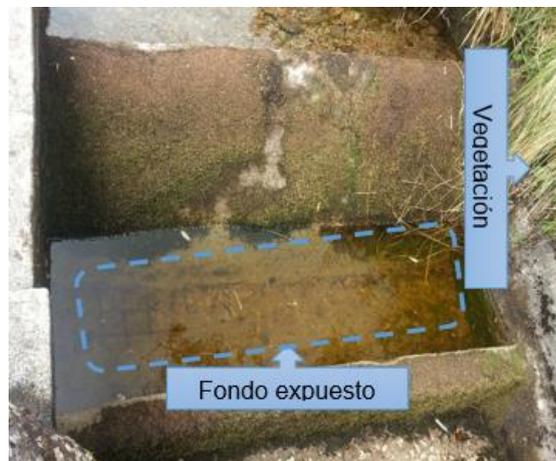


Ilustración 5. Vertedero de la captación y fondo.

La captación comprende una compuerta lateral rectangular que permite el paso de agua, sin embargo, en las épocas lluviosas esta queda totalmente sumergida. *Ilustración 6.*



**Ilustración 6. Captación lateral al flujo.**

La base del canal (*Ilustración 7*) de salida está en muy malas condiciones, el hormigón ha cedido al flujo del agua y permite observar directamente el suelo rocoso presente en la zona. Es importante tomar medidas correctivas con el fin de reducir el efecto erosivo del paso del agua y el deterioro del canal.



**Ilustración 7. Fondo del canal de la captación y sus daños.**

En general la captación, está funcionalmente operativa, sin embargo, se evidencian pocas o escasas actividades de mantenimiento. El hormigón se encuentra deteriorado, hay presencia de material vegetal (musgo, hojarasca) sobre éste y presenta zonas con erosión, permitiendo la exposición de la armadura de refuerzo, la cual se encuentra corroída.

#### 3.1.4 Conducción.

La conducción está conformada por un 90% por tubería de PVC y en el 10% restante por tubería de polietileno en las zonas sensibles a los deslizamientos de terreno.

El diámetro nominal de la tubería es de 90 milímetros desde la captación y a lo largo de la red, en la inspección visual realizada se pudo constatar la presencia de elementos hidráulicos como tanques rompe presión (7), válvulas de aire (1) y válvulas de purga (2) los cuales se describen más adelante.



Se levantaron puntos con coordenadas GPS WGS-84, los cuales se pueden apreciar en el *Gráfico 5*. A continuación, se presenta un perfil de la conducción realizada mediante la toma de puntos de los elementos hidráulicos ubicados a lo largo de la misma. Las coordenadas de estos elementos se pueden observar en la *Tabla 3*.

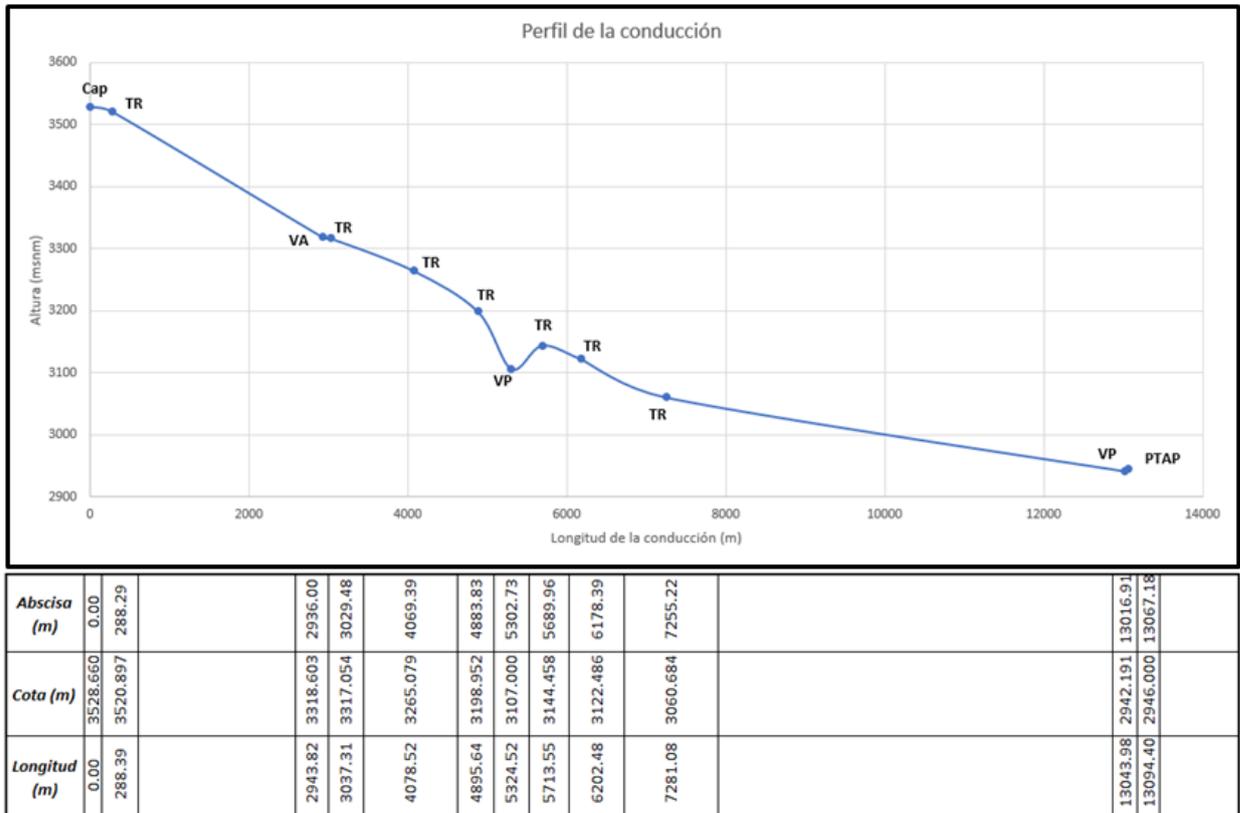


Gráfico 6. Perfil de conducción principal Atuc-Loma.

Hay que recalcar que este perfil es igual a la realidad de la conducción solamente en los puntos hidráulicos tomados, y lo demás es aproximado, ya que seguir la conducción para la toma de puntos resultó dificultoso debido a la complejidad del terreno (vegetación excesiva, cruce de quebradas) y sobre todo el personal a cargo de este sistema no tenía conocimiento claro la travesía de la conducción ya que éste se encuentra enterrada en su mayoría. Además, hay que mencionar que ETAPA EP no tiene levantada la conducción de este sistema

### 3.1.4.1 Inspección física de la conducción.

Se evidenció la rotura de la tubería de conducción por intervención humana, este tipo de daños es medianamente recurrente y uno de los motivos es la realización de conexiones ilegales especialmente en épocas de estiaje. El daño a la línea de conducción es generalmente atendido en un período de cinco días cuando se trata de daños menores e inmediatamente cuando está comprometido su funcionalidad (dato entregado por el operador del sistema).



Ilustración 8. Perforación a la tubería sirve para "expulsar aire".

El primer tanque rompe presión se encuentra en estado moderado, es decir, la estructura no presenta daños sin embargo existe la presencia de óxido sobre la cubierta; el agua que llega y pasa por este tanque alcanza un nivel superior al de diseño, como se evidencia en la siguiente ilustración; en donde se puede observar que el agua sobrepasa el nivel de la válvula de cierre.



Ilustración 9. Primer tanque rompe presión.



Ilustración 10. Segundo tanque rompe presión (placa metálica sirve para evitar el golpe brusco del agua y salpicadura del mismo).

El segundo tanque rompe presión, el cual se encuentra operativo, posee una instalación para la extracción de aire de la conducción, pero debido a la falta de un diseño técnico adecuado

este no cumple ninguna función y se ha optado por introducir una manguera (*Ilustración 11*. Segundo tanque rompe presión (1.- Válvula de paso y 2.- Manguera para extracción de aire). (2)) la cual desemboca en la superficie para expulsar el aire atrapado.



**Ilustración 11.** Segundo tanque rompe presión (1.- Válvula de paso y 2.- Manguera para extracción de aire).

La cubierta del tercer tanque rompe presión (*Ilustración 12*), así como los siguientes a lo largo de la conducción (5to y 6to) presentan un estado físico “bueno”, ya que el hormigón no presenta desgaste visible, la única afectación de la humedad ha sido sobre la pintura de las tapas. A excepción del cuarto tanque rompe presión, en donde se evidenció un deterioro completo de la unidad, el hormigón presenta crecimiento de material vegetal (musgo y moho) y no se evidencian rastros de pintura.



**Ilustración 12.** Tanques rompe presión.

Se ha evidenciado una sola válvula eliminadora de aire independiente, es decir está ubicada en una sola estructura destinada para este fin (*Ilustración 13*). Los demás elementos expulsadores de aire están adaptadas en los tanques rompe presión (como la presentada en la *Ilustración*



11) mediante tubos que se conectan a la tubería de conducción y así realizan la función de expulsar el aire (*Ilustración 14*).



Ilustración 13. Válvula de aire.



Ilustración 14. Elemento expulsador de aire adaptado en el 4to tanque rompe presión.

### 3.1.5 Planta de tratamiento de agua potable.

La planta de tratamiento de agua potable empezó su creación por iniciativa de la comunidad en el año 1995 y posteriormente pasó a ser administrada por ETAPA. Está asentada a la orilla de una elevación del terreno sin muestras de deslizamientos o fallas geológicas en la zona. Fue diseñada para un caudal de 5 l/s, pero en la actualidad este caudal es fácilmente sobrepasado con 6 l/s en épocas invernales (ETAPA, 2019).



**Ilustración 15. Fotografía de planta de tratamiento Atuc-Loma.**

#### 3.1.5.1 Esquema de la planta de tratamiento de agua potable.

La planta está formada por prefiltro, filtros lentos, cámaras de cloración y un tanque de almacenamiento.

La conducción se conecta a la planta por medio de una tubería de 90 milímetros, pasando así por un caudalímetro electromagnético (*Ilustración 17*) que debe determinar de manera precisa la cantidad de agua que llega. A la salida del dispositivo mencionado la conducción pasa por una reducción de 90 a 63 milímetros. Al momento de realizar la inspección (18 de octubre de 2018) el caudal de entrada era de 5.5 L/s.

El flujo de agua llega hacia un tanque rompe presión, y luego desciende hacia un tanque cilíndrico prefiltro de cuatro capas de 2 metros de diámetro y 1.8 metros de altura; las capas que conforman el prefiltro se encuentran ordenadas según la granulometría del material granular, encontrándose al fondo el material más grueso, hasta el más fino en la parte superior. El tanque recibe un retro lavado cada 8 días generalmente, pudiendo esta frecuencia aumentar a medida que la turbiedad del agua incrementa.

Posteriormente, el agua sube hacia la superficie de las capas filtrantes, para salir por medio de tuberías de hierro galvanizado de 63 milímetros de diámetro hacia dos vertederos triangulares de pared delgada con una capacidad máxima de 3.5 L/s. Los vertederos dirigen el agua hacia dos filtros lentos, conformados por 4 tipos de granulometrías, el mantenimiento del filtro lento se lo realiza cada tres semanas por medio de retro lavado, en caso de ser necesario al retirar una capa de arena se procederá al lavado de la misma para su reutilización con el uso del agua cruda que llega a la planta.

Después, el agua pasa hacia las cámaras de cloración, las cuales utilizan cloro gas para la desinfección del agua, en ese instante y a lo largo de la tubería de conducción por medio de una delgada tubería que se sumerge bajo el agua para lograr una mezcla homogénea, se emplea un tanque de 60 kg que tiene una duración de aproximadamente 4 meses según lo especificado por el operador.

Como medidas preventivas para asegurar el adecuado tratamiento del agua cruda, el operador deriva el agua hacia un desfogue cuando los niveles de turbiedad son muy elevados, estos

parámetros son medidos al igual que el cloro residual una vez en la mañana, así como en la tarde.

Finalmente, en la PTAP, el agua tratada se almacena en un tanque de forma circular de hormigón con una capacidad volumétrica de 100 m<sup>3</sup>.

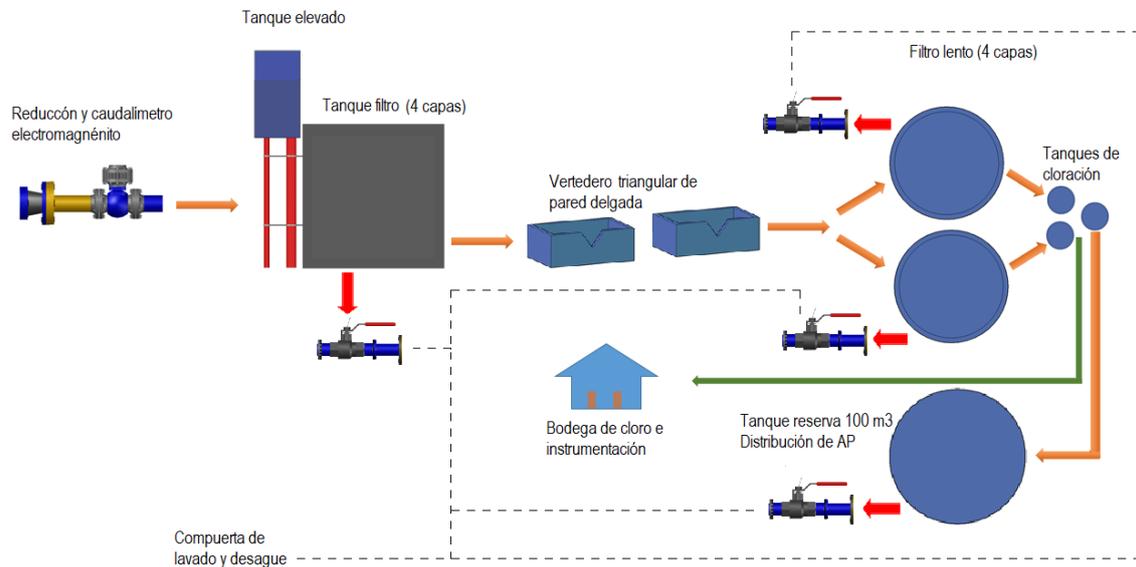


Figura 16. Esquema de componentes de planta de tratamiento.

### 3.1.5.2 Inspección física de la planta de tratamiento.

Debido a la humedad predominante en la zona, el moho y el óxido están presentes en todos los componentes de la planta de tratamiento en bajos porcentajes, sin comprometer la estructura o los componentes.



Ilustración 16. Sentido de flujo en PTAP.

El caudalímetro electromagnético está adecuadamente instalado, sin embargo, este dispositivo está descalibrado a espera de atención en los próximos meses ya que los valores que son medidos no corresponden a la realidad, sin embargo, se realizan mediciones de caudal a pesar de la anomalía presentada; la tapa presenta una degradación, y no se observan aplicaciones de pintura anticorrosiva en los elementos metálicos.



**Ilustración 17. Caudalímetro electromagnético.**

La tubería de llegada se encuentra en un estado aceptable, y no se evidencian fugas en la misma, ni en ninguna de las instalaciones de los elementos (válvulas y caudalímetro) de llegada a la PTAP.

La válvula para realizar el retro lavado de tanque prefiltro está funcionando de una manera adecuada, durante la visita se realizó una evaluación de la misma.



**Ilustración 18. Válvula de evacuación.**

Se incluyen válvulas de control para la evacuación del líquido en caso de ser necesario, la llave que acciona este dispositivo también se encuentra operativa. Sin embargo, no se evidencia lubricación en ninguna de las válvulas que conforman la PTAP.



**Ilustración 19. Válvula de salida para tanque prefiltro.**



La localización del cloro gas no presenta las adecuaciones necesarias para su almacenamiento de manera segura, además no hay dispositivos capaces de identificar fugas hacia el ambiente. Según se detalla por parte del operador en caso de fuga se cuentan con las capacitaciones necesarias para reaccionar ante las eventualidades que ocurran, pero no con los implementos de seguridad para el personal.

La velocidad de filtración queda definida según el caudal medido de 6 l/s (18 de octubre de 2018) y el área del prefiltro (diámetro de 2 metros). Por lo tanto, la velocidad de filtración es de 7.2 m/a



Ilustración 20. 1.- Tanque prefiltro; 2.- Filtro lento y 3.- Área de desinfección.

Las instalaciones fueron diseñadas para portar dos tanques de cloro gas de manera simultánea de manera que al consumir el contenido de uno de ellos no se interrumpa la dosificación y empiece a utilizarse el segundo tanque, pero se observó que esta funcionalidad no está operativa y el cambio de tanque de cloro gas se lo realiza de manera manual.



Ilustración 21. Cilindro de cloro gas.

Los tanques de cloración están en buen estado, sin embargo, uno de ellos carece de cubierta superior (*Ilustración 22*). Las válvulas que conectan desde los filtros lentos están en buen estado y no presentan fugas de agua.



**Ilustración 22. Tanques de cloración del agua.**

Se pudo constatar que el mezclado del agua y el desinfectante (cloro líquido) se realiza mediante una manguera pequeña, la cual no garantiza una mezcla homogénea (*Ilustración 23*) y según indicó el operador la dosis de cloro se aplica según experiencia.



**Ilustración 23. Tanque de cloración del agua (mezclado de agua y cloro líquido).**

### 3.1.6 Sistema de distribución.

El sistema cubre al sector de Atuc-Loma cubriendo un total de 1025.2 Ha.

#### 3.1.6.1 Tanque de almacenamiento.

El tanque de almacenamiento es de tipo semienterrado el cual tiene una capacidad de 100 m<sup>3</sup>; se encuentra en buen estado, generalmente durante su funcionamiento el nivel de agua no desciende del 40%. No se observan grietas visibles que comprometan la estructura del tanque.

La tubería de desagüe para el rebose no está conectada hacia la tubería debido a el daño sufrido por el paso del tiempo y que su reparación no ha sido posible, obligando a derramar el agua en exceso sobre uno de los extremos del tanque.



**Ilustración 24. Tanque de almacenamiento 100 m<sup>3</sup>.**

El nivel de corrosión es moderado y presenta una coloración naranja rojiza sobre la cubierta del tanque de almacenamiento, se puede ver que el acero está deteriorado y que ha perdido un pequeño porcentaje de su sección transversal, aunque la resistencia aparenta no verse afectada se recomienda utilizar alguna medida mitigante para reducir su efecto que es potenciado por la humedad y el cloro gas liberado.



**Ilustración 25. Óxido sobre la tapa de la cúpula del tanque de almacén.**



**Ilustración 26. Línea de drenaje para rebose de tanques.**

### 3.1.6.2 Red de distribución.



Ilustración 27. Tuberías de salida para dotación.

La salida desde el tanque de almacenamiento hacia la red de distribución del agua potable se lo realiza por medio de tres conexiones. La primera tiene un diámetro de 63 milímetros que se dirige hacia el tanque de almacenamiento de Zhucay que tiene un volumen de  $100 \text{ m}^3$ , es importante tratar de no interrumpir el flujo mencionado ya que recuperar el nivel de agua de este tanque tarda un tiempo moderado. La segunda conexión utiliza un diámetro de 90 milímetros, que seguidamente está conectada con una tubería de 110 milímetros y se dirige hacia la comunidad de Atuc-Loma y Cotapamba. Por último, la tercera conexión corresponde a un diámetro de 32 milímetros que se dirige hacia 6 usuarios beneficiarios de la planta de la comunidad Álamos.



Ilustración 28. Diámetro de tuberías de salida hacia la red de distribución.

La red de distribución de este sistema es de tipo ramificada o red abierta de PVC. Como ya se mencionó, en su mayoría esta red está formada por tres tipos de diámetro de tubería (90 mm, 63 mm y 32 mm) pero una pequeña ramificación de la red está conformada por un diámetro de 50 mm. Entonces, básicamente el sistema de distribución está constituido por una red principal de 90 mm que luego tiene una reducción hacia un diámetro de 63 mm. Y a lo largo de toda la red principal hay una serie de ramificaciones o redes secundarias las cual son de 32



mm. Además, en toda la red se tiene un total de 9 tanque rompe presiones, 7 válvulas de control, un tanque recolector. La ubicación de estos elementos se presenta en la siguiente tabla.

Fuente: ETAPA EP.

Tabla 4. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen la red de distribución de Atuc-Loma.

Item	N	E
TR	9667235.605	715911.313
TR	9668068.333	715433.655
TR	9668946.140	715893.003
TR	9669381.810	716006.359
TR	9670242.162	715919.560
TR	9670450.909	716213.710
TR	9670622.252	716645.508
TR	9671132.829	716063.242
TR	9671593.914	716149.671
VC	9669328.388	715801.369
VC	9671664.666	716373.715
VC	9671661.326	716378.054
VC	9671633.904	716365.104
VC	9669448.818	716678.928
VC	9671206.955	716266.132
VC	9669445.964	716450.812
TRC	9671351.563	716486.581

TR: tanque rompe-presión

VC: Válvula de control

TRC: Tanque Recolector

Adjunto a esta tesis (*Anexos C*), se presenta un plano de la red de distribución de este sistema, en donde se puede visualizar de mejor manera según lo dicho anteriormente.

## 3.2 Tutupali Chico.

### 3.2.1 Antecedentes y generalidades.

El sistema de tratamiento tiene 7 años de antigüedad y sirve a la población de Tutupali Chico. El sistema se encuentra en total operatividad, su mantenimiento y operación están bajo la responsabilidad de ETAPA EP. Su caudal de diseño es de 3 l/s, el cual es frecuentemente sobrepasado especialmente en épocas invernales.

El sistema de abastecimiento está formado por un sistema de captaciones de tres estructuras, una de ellas mediante subdrenes, todas estas recolectan el agua producto de vertientes naturales y del escurrimiento superficial sobre la cuenca hidrológica.

La conducción está formada por tubería de PVC y polietileno y válvulas de purga.

La planta de tratamiento emplea el sistema de filtración en múltiples etapas (FIME) formado por prefiltros, filtros lentos de arena y desinfección mediante el uso de cloro gas. Este último no se encuentre en funcionamiento, y la desinfección se realiza mediante hipoclorito.

En la red de distribución se tiene inicialmente un tanque de almacenamiento, el cual está ubicado dentro del cerco de la planta de tratamiento; tiene una capacidad de 120 m<sup>3</sup> y abastece a la comunidad de Tutupali Chico. Según información proporcionada por ETAPA EP actualmente este sistema tiene un total de 326 medidores registrados.

### 3.2.2 Ubicación.

Se presentan las coordenadas de los componentes y elementos del sistema las cuales fueron levantadas para esta tesis, además se presenta la conducción, la cual fue proporcionada por ETAPA EP. La ubicación de todos estos elementos se especifica en la siguiente tabla y se ilustran en el *Gráfico 7*.

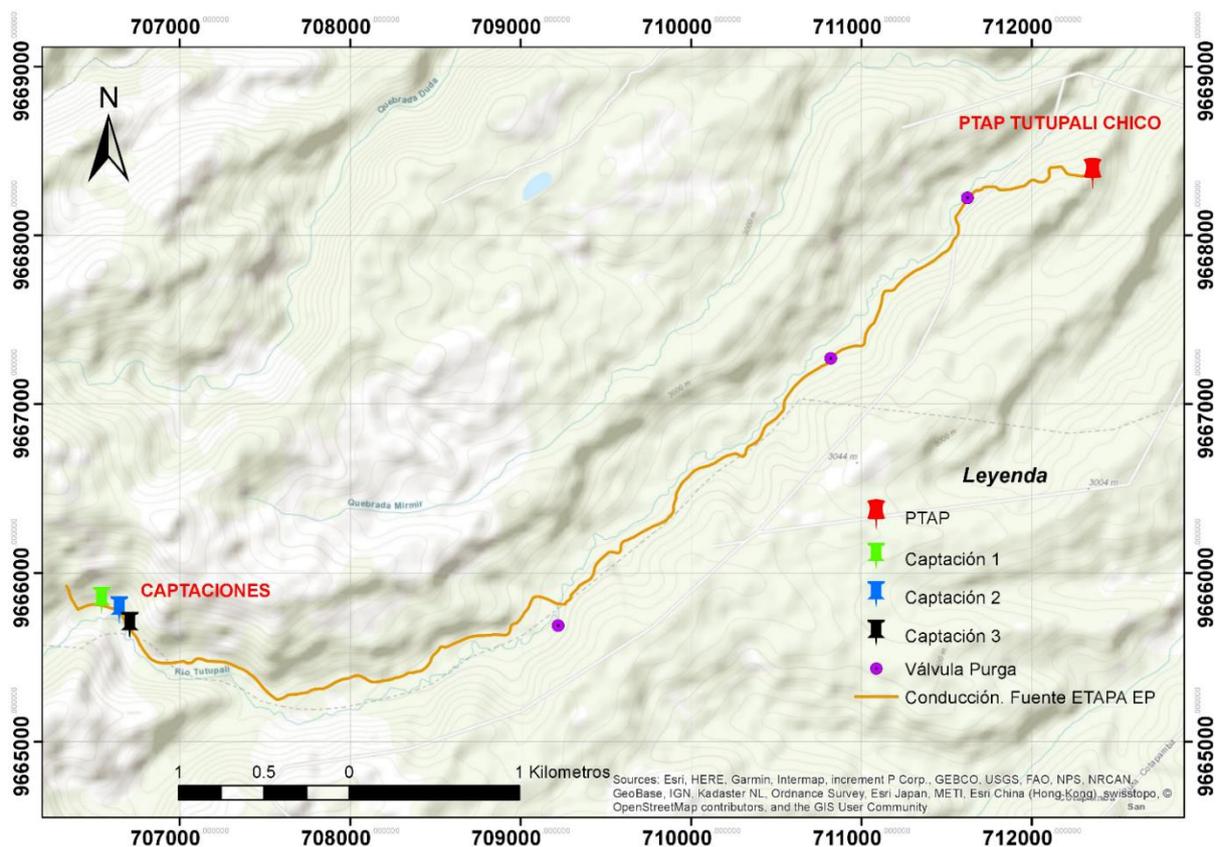
**Tabla 5. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen el sistema de abastecimiento de Tutupali Chico.**

Item	N	E	Z
CAP 1	9665837.451	706542.409	3103.300
CAP 2	9665778.962	706645.411	3101.526
CAP 3	9665688.013	706706.753	3101.853
VP	9665688.013	709218.653	2965.461
VP	9667269.435	710819.592	2899.561
VP	9668220.823	711622.340	2850.561
PTAP	9665837.451	712357.483	2961.811

Cap: Captación

VP: Válvula de purga

PTAP: Planta de Tratamiento de Agua Potable



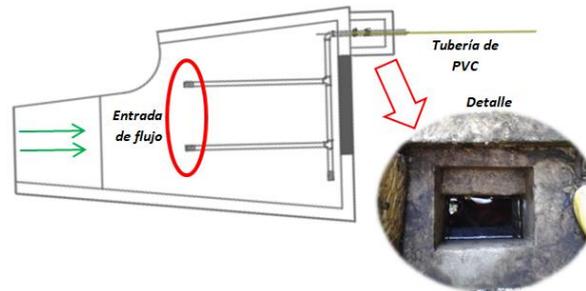
**Gráfico 7. Mapa de ubicación de los principales componentes del sistema Tutupali Chico.**

En el gráfico anterior se observa la línea de color naranja, la cual representa la conducción de este sistema, tal información fue proporcionada por ETAPA EP, en donde estos puntos coinciden en la mayoría de los tomados en este trabajo. Solamente una válvula de purga no coincide con la línea de conducción proporcionada por la Empresa Pública. Entonces se puede

concluir que la Empresa Pública no tiene datos reales a cerca de la conducción de este tramo mencionado.

### 3.2.3 Captación.

La captación de agua se realiza a través de tres fuentes, de las cuales una es solamente por medio de tubería, la segunda tiene el diseño que se observa en la *Figura 17*, y la tercera tiene un sistema de subdrenes que recolectan el agua de una naciente de tipo subsuperficial; el caudal actualmente obtenido por todas estas estructuras recolectoras es de 4.0 l/s.



*Fuente. Adaptado de ETAPA EP.*

**Figura 17.** Esquema de la captación de agua cruda.

Las captaciones de agua están interconectadas con tuberías de PVC con diámetros de 90 milímetros en todos los casos, las cuales son visibles en los primeros tramos de aproximadamente 15 metros de longitud pasando a estar completamente enterradas sin poder realizar una evaluación física directa. No se observa deterioro de los elementos constitutivos de las captaciones de agua. La ubicación de las captaciones siguiendo una horizontal por la parte baja de la montaña es de 200 metros de extensión y están cubiertas de extensa vegetación en el caso de la primera captación y moderada para las dos siguientes.

Posterior al tramo de tubería expuesta, se conecta a otra tubería de polietileno que no se puede observar en la superficie con un diámetro de 90 milímetros.

#### 3.2.3.1 Evaluación física de la captación.

##### **PRIMERA Y SEGUNDA CAPTACIÓN:**

Está conformada por dos estructuras las cuales se juntan en un tanque recolector, la una capta el agua mediante una tubería la cual se encuentra debajo de la superficie y está ubicada a 100 metros aproximadamente de la segunda; la cual es una captación estándar (*Figura 17 e Ilustración 29*), la primera provee 1.0 l/s y la segunda estructura aporta 1.5 l/s al sistema, totalizando 2.5 l/s.



Ilustración 29. Modelo de segunda captación de agua cruda.



Ilustración 30. Tanque recolector para las dos captaciones.

### TERCERA CAPTACIÓN:

Ubicada a aproximadamente 100 metros de la segunda captación y 200 metros de la primera, el caudal que esta captación aporta al sistema es de 1.5 L/s de agua. La principal característica de esta es que el agua proviene de una naciente de tipo subsuperficial, en la cual para su recolección se ha aplicado un sistema de subdrenes con perforaciones ubicados bajo la superficie del terreno, las tuberías denominadas también tipo flauta se encuentran sobre geo membrana y malla; el agua emanada por esta fuente es continua durante todo el año.

En la siguiente ilustración, se puede observar un tanque recolector, en el cual se juntan todas las captaciones para su posterior conducción.



Ilustración 31. Tanque recolector de para las captaciones y su sentido de flujo.

### 3.2.4 Conducción.

La tubería de conducción es mayormente de PVC y en zonas propensas a deslizamientos se utiliza la tubería de polietileno. A continuación, se presenta un perfil de la conducción realizada mediante la toma de puntos de los elementos hidráulicos ubicados a lo largo de la misma. Las coordenadas de estos elementos se pueden observar en la *Tabla 5*.

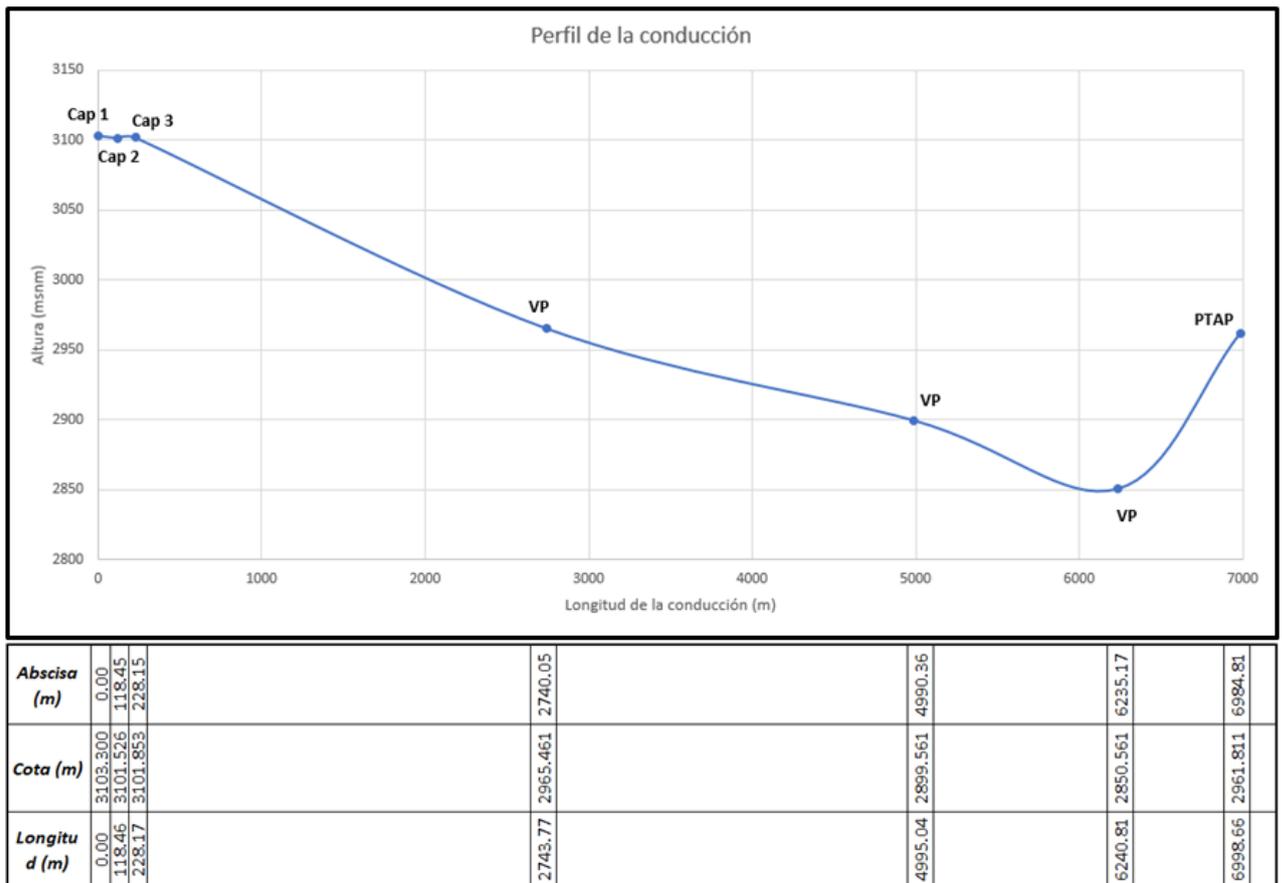


Gráfico 8. Perfil de la conducción principal Tutupali Chico.

Hay que recalcar que este perfil es igual a la realidad de la conducción solamente en los puntos hidráulicos tomados, y lo demás es aproximado, ya que seguir la conducción para la toma de

puntos resultó dificultoso debido a la complejidad del terreno (vegetación excesiva, cruce de quebradas) y sobre todo el personal a cargo de este sistema no tenía conocimiento claro la travesía exacta de la conducción ya que éste se encuentra enterrada en su mayoría.

Sin embargo, en el *Gráfico 7* se puede observar la planta de la conducción de este sistema. ETAPA EP pudo proporcionar esta información referente a la conducción, sin embargo, no se pudo obtener datos de elevaciones.

#### 3.2.4.1 Inspección física de la conducción.

A lo largo de la conducción se pudo constatar la presencia de tres válvulas de purga (*Ilustración 32*). Se observó que estos componentes de la conducción en general presentan un estado satisfactorio, con leves degradaciones producidas por efectos ambientales como corrosión, desprendimiento de pintura, vegetación arbustiva, moho, sin repercutir en la integridad misma de los elementos.



**Ilustración 32. Válvulas para la limpieza de la tubería (purga), con tapa.**

En la siguiente ilustración se observa una estructura de acero, la cual sirve de soporte de la tubería para el cruce de la misma a través de una quebrada. Está presenta corrosión, la cual no afecta mayormente la funcionalidad de la misma.



Ilustración 33. Estructura de soporte de tubería.

### 3.2.5 Planta de tratamiento de agua.

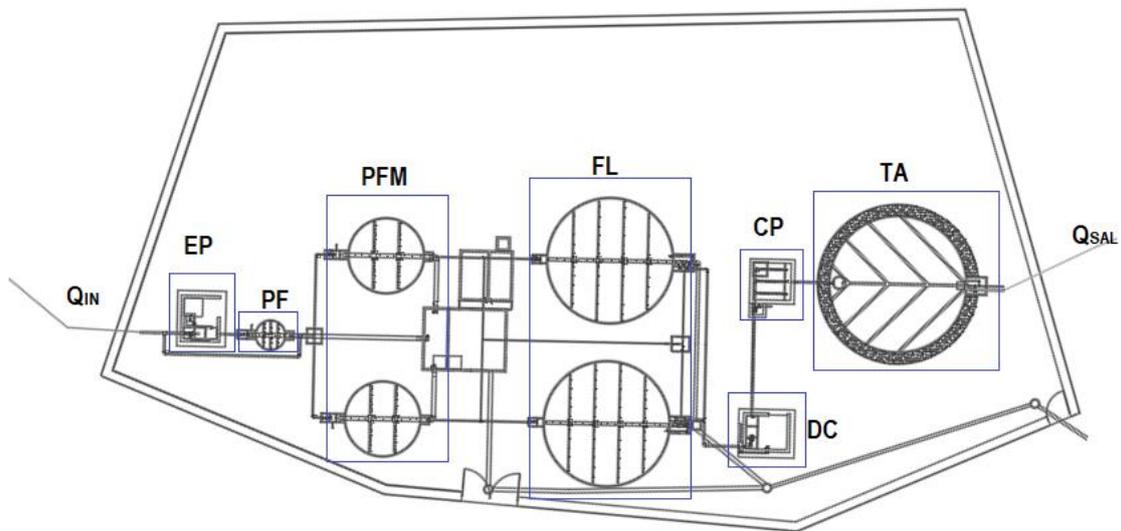
El caudal de ingreso durante la visita realizada (28 de noviembre de 2018) fue de 4 l/s a través de una tubería de 90 milímetros, sin embargo, el dato para el cual es la capacidad de producción de la planta es de 3 l/s (ETAPA, 2019). El agua pasa por un tanque acumulador rectangular de 60 centímetros de lado con un vertedero de pared delgada triangular, durante las épocas de invierno cuando el agua presenta niveles de turbiedad o color muy elevados se cierran las válvulas de control de ingreso, el caudal en aquellas épocas de invierno llega a 5 l/s. Las propiedades del agua de ingreso con fecha de toma de 28 de noviembre de 2018 son:

- Turbiedad: 0.30 NTU (unidad de turbidez nefelométrica).
- Color: 25 UC (unidades de color).



Ilustración 34. Medición de caudal al ingreso de la planta (28 de noviembre de 2018).

### 3.2.5.1 Esquema de la planta de tratamiento de agua potable.



De dónde:

*Q in:* caudal de entrada.

*PF:* prefiltro.

*PFM:* prefiltro mayor.

*FL:* filtro lento.

*DC:* área de desinfección.

*TA:* tanque de almacenamiento.

*Qsal:* caudal de salida.

*Fuente. ETAPA EP.*

**Figura 18. Esquema de la PTAP de Tutupali Chico.**

### 3.2.5.2 Evaluación física de la planta de tratamiento.

La planta, como ya se mencionó anteriormente, está diseñada para trabajar con caudales de diseño de 3 L/s (ETAPA, 2019), sin embargo, debido a la necesidad de satisfacer la demanda de la población el caudal de operación a momento de realizar esta evaluación (28 de noviembre de 2018) fue de 4 l/s (*Ilustración 34*), demandando una mayor actividad de los diferentes elementos que conforman esta planta de agua potable, mayor uso de cloro.



**Ilustración 35. Vertedero de pared delgada para el ingreso de agua cruda a la PTAP.**

En la siguiente ilustración se puede observar los diferentes filtros presentes en la planta, los mismos se detallan más adelante.



Ilustración 36. 1.- Tanque prefiltro; 2.- Prefiltros mayor y 3.- Filtros lento al fondo.

### Prefiltro – PF:

Se trata de un filtro de arena con gravilla en una sola capa, se encarga de retener las impurezas de tamaño considerable y que se pueden identificar a simple vista. El mantenimiento del tanque se lo realiza por medio de retro lavado una vez al día.

La conducción hacia los siguientes prefiltros (prefiltro mayor) se lo realiza mediante dos válvulas de paso.



Ilustración 37. Ingreso a tanque prefiltro.



Ilustración 38. Dimensiones del prefiltro.

La velocidad de filtración queda definida según el caudal medido de 4 l/s, y el área del prefiltro. Por lo tanto, la velocidad de filtración es de 7.2 m/h.



### **Prefiltro mayor – PFM:**

A continuación, el fluido pasa a través de dos vertederos de pared fina triangular hacia dos prefiltros (prefiltro mayor), su composición granular está conformada por tres capas, una base de grano grueso, la capa intermedia posee grava mediana y una capa de arena fina en la parte superior. El diámetro de ambos pre filtros es de 4 metros, la profundidad es alrededor de 1.50 metros.

La velocidad de filtración queda definida según la mitad del caudal medido de 4 l/s (el caudal se distribuye hacia los dos prefiltros), y el área del prefiltro mayor. Por lo tanto, la velocidad de filtración es de 0.72 m/h.

La salida del fluido es a través de dos válvulas de compuerta que conectan cada pre filtro hacia los filtros lentos, el mantenimiento se lo realiza cada dos días mediante retro lavado abriendo las válvulas de desagüe, esta operación tiene una duración de 8 minutos aproximadamente hasta evacuar toda el agua.

En caso de tener elevados niveles de turbiedad o color en el agua se utiliza una conexión de lavado que desfoga hacia la quebrada junto a la planta de agua potable, este caso generalmente es provocado por precipitaciones excesivas sobre la cuenca de aporte provocando erosión de los suelos y liberando material fino hacia la conducción de agua.



**Ilustración 39. Tanque prefiltro mayor.**

### **Filtros lentos – FL:**

Existen dos filtros lentos y se diferencian de los anteriores en que, el ingreso de agua es por la base de la estructura (filtros de flujo ascendente), la filtración se realiza pasando por una capa de arena encargada de retener las impurezas. Las capas de arena de los filtros lentos corresponden a distintas granulometrías con un espesor de 70 centímetros cada una. Los filtros tienen una dimensión de 6.60 metros de diámetro y 1.95 metros de altura.

La velocidad de filtración queda definida según la mitad del caudal medido de 4 l/s (el caudal se distribuye hacia los dos filtros lentos), y el área del filtro lento. Por lo tanto, la velocidad de filtración es de 0.22 m/h.

Sobre la superficie de los filtros lentos se observan algas flotando desprendidas de la superficie de la capa de arena, la coloración se torna de marrón claro y se puede observar el fondo sin dificultad. *Ilustración 40.*



El lavado del tanque se lo realiza cada 15 días por medio de retro lavado desalojando el agua contenida por medio de la válvula de purga, esta operación tarda alrededor de 20 minutos hasta que el tanque está vacío.

Cuando existe la presencia de excesivas algas sobre la superficie propias de los procesos de tratamiento se realiza una limpieza, retirando 5 milímetros de la capa más superficial de arena del tanque, esta actividad se realiza cada 3 años según información proporcionada por el operador.

Se toman muestras semanalmente para determinar la calidad del agua, así como los componentes del tratamiento y que son enviadas a los laboratorios de Ucubamba.

Además de la presencia de algas en la superficie del agua, en general, el filtro lento se encuentra operacional y en buen estado y sin presentar fugas en los dispositivos de entrada y salida de agua.

**Observaciones:**

- La arena desalojada durante los mantenimientos del filtro lento se encuentra en la planta de agua, apilada en un montículo debido a que no se cuenta con los medios para almacenarla o embodegarla.
- La arena que se retira de los filtros lentos debe ser lavada y reusada según lo planificado en la planta, sin embargo, esta actividad no se la realiza provocando acumulación.



**Ilustración 40. Presencia de algas en la superficie del tanque filtro lento.**

Las válvulas de control ubicadas posterior a los filtros lentos, así como las conexiones de las tuberías no presentan fugas en ninguna forma y las tapas que protegen la estructura están cumpliendo su función, sin embargo, existe corrosión.



**Ilustración 41: Válvulas de salida de filtros lentos.**

### Área de desinfección - DC:

Inicialmente, hay que mencionar que el diseño de la planta de tratamiento contempla las instalaciones para la dosificación de cloro gas, pero, no están siendo utilizadas debido a la falta de calibración del mismos. Además, el dispositivo para monitorear la cantidad de cloro gas en los tanques está descompuesto.



Ilustración 42. Tanques de cloro gas, sin uso.

Entonces, en la actualidad la desinfección se lo realiza mediante cloro granulado. La dosificación de hipoclorito como agente desinfectante se la realiza de manera manual, disolviendo en un recipiente con capacidad de 50 litros de agua (Ilustración 43), 400 gramos de desinfectante, esta dosificación tiene una duración de 8 horas aproximadamente.

El recipiente antes mencionado es un tanque plástico que actúa como bidón para la preparación de una solución de hipoclorito concentrado y que dosifica directamente al agua que viene desde el filtro lento, aquí se supone que la turbulencia generada por el agua ayuda a la homogenización con el desinfectante. Existe además una tubería (Ilustración 43) que transporta el excedente (que no puede pasar a la cámara de cloración) directamente al tanque de almacenamiento, que originalmente utiliza cloro gas y que en la actualidad solo sirve como almacenador de agua.



Ilustración 43. Tanque para la mezcla de hipoclorito.

El control de la dosificación exacta se lo realiza en base a la experiencia del operador y las recomendaciones dadas en su instrucción, y se evalúa mediante mediciones de cloro residual.

La cámara para la mezcla de cloro gas está sirviendo como almacenador de agua debido a que no está cumpliendo su función, su estado es satisfactorio y no presenta daños.



Ilustración 44. Tanque para la mezcla de cloro gas.

#### Observaciones:

- Como ya se mencionó inicialmente, el clorinador no se encuentra funcional por lo cual se utiliza el agente desinfectante hipoclorito sólido.
- Una parte del agua tratada pasa hacia una pequeña cámara cuadrada de pre mezclado de 1.5 metros de longitud y una profundidad de 2.8 metros aproximadamente que está conectada al tanque de almacenamiento, mientras que la otra parte del agua tratada pasa directamente hacia la reserva por medio de una manguera de tubo de 2 pulgadas. Esto es debido a que el caudal manejado sobrepasa la capacidad de desinfección.

La PTAP cuenta con el dispositivo para la medición de cloro residual, así como para medir el color y turbiedad del agua tratada y el agua cruda.



Ilustración 45. Dispositivo para la medición de cloro residual en buen estado.

Una lectura de la turbidez arroja un resultado 0.40 NTU medido anteriormente a la fecha de inspección (28 de noviembre de 2018) debido a que el turbidímetro se encuentra descalibrado y fuera de servicio.

En la planta se consideran aceptables valores de turbidez en el rango de 1.1 a 1.2 NTU, y de color máximo de 16 UC. Comparando estos valores proporcionados por el operador de la planta de tratamiento, con los límites establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN, 2014) presentados en la sección 2.1.1.3 de esta tesis; se puede decir que la turbiedad está cumpliendo los límites normados, sin embargo, el color que se considera aceptable en la planta de tratamiento no está cumpliendo lo establecido en la norma antes mencionada.

En general las estructuras de hormigón que conforman la PTAP no presenta filtraciones, ni erosión; pero se observó que existe desgaste de la pintura de protección del concreto que no



ha sido repuesta. Así mismo, las tuberías que dirigen el flujo dentro de la planta no tienen filtraciones, ni evidencian ninguna clase de desgaste. Además, los accesorios metálicos como tapas y válvulas, están operativas sin presencia de filtraciones, a pesar de que lucen un desgaste en la pintura anticorrosiva, por lo que se puede evidenciar corrosión en los elementos metálicos, lo que sirve como indicador para saber que no existe un mantenimiento sobre este aspecto en estos elementos.

El operador cuenta con los implementes de seguridad necesarios para cumplir con su trabajo de una manera eficiente. Por ejemplo, sabe cómo actuar en el caso de una fuga del cilindro de cloro gas (a pesar de que la desinfección por cloro gas no está siendo operada por cuestiones de calibración de equipos).

### 3.2.6 Sistema de distribución.

El sistema cubre al sector de Tutupali-Chico en un área de 821 Ha.

#### 3.2.6.1 Tanque de almacenamiento.

El tanque de almacenamiento se encuentra totalmente enterrado bajo la superficie, lo que obliga a que sus conexiones se encuentran a cierta profundidad. El tanque tiene una dimensión de 7.40 metros de diámetro con una altura de 2.80 metros (120 m<sup>3</sup>). La tapa del mismo, así como las tomas de aire no presentan corrosión evidente.



**Ilustración 46. Tanque de almacenamiento de fibrocemento.**

Durante las épocas de verano el caudal máximo obtenido se encuentra entre 2.5 - 3 l/s, siendo necesario hacer uso de la reserva de agua en mayor medida sin embargo el nivel de almacenamiento no disminuye a niveles inferiores al 40% de la capacidad correspondiente al funcionamiento durante todo el año.

Posee tres válvulas, una a la entrada, una segunda a la salida y una tercera para el desagüe (ver Ilustración 47. Válvulas de salida del tanque de almacenamiento.). Las válvulas de control para el tanque de almacenamiento no presentan fugas, así como tampoco se evidencia corrosión o desgaste considerablemente.



Ilustración 47. Válvulas de salida del tanque de almacenamiento.

### 3.2.6.2 Red de distribución.

La red de distribución de este sistema es de tipo ramificada o red abierta de PVC. Está compuesta por tres tipos de diámetro de tubería: 110 mm, 90 mm y 63 mm. Inicialmente a la salida del tanque de almacenamiento se tiene una sola tubería la cual es de 90 mm. Más adelante se encuentra un tanque rompe presión, en donde a la salida de éste hay dos ramas, la primera es una tubería de 90 mm y la segunda es una tubería de 110 mm. Más adelante estas ramificaciones se siguen “dividiendo” en ramas más pequeñas de 63 mm. En todo el sistema hay un total de 4 tanques rompe presión, una sola válvula de aire y 4 válvulas de control. La ubicación de estos elementos se presenta en la siguiente tabla.

Fuente: ETAPA EP.

Tabla 6. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen la red de distribución de Tutupali Chico.

Item	N	E
TR	9668525.188	712359.056
TR	9668614.942	712538.023
TR	9669136.530	712460.837
TR	9669014.047	712718.619
VA	9668594.136	712458.815
VC	9668988.322	713186.779
VC	9668846.430	713807.867
VC	9668096.862	714013.508
VC	9668919.895	713941.036

TR: tanque rompe-presión

VA: Válvula de aire

VC: Válvula de control

Adjunto a esta tesis (*Anexos C*), se presenta un plano de la red de distribución de este sistema, en donde se puede visualizar de mejor manera según lo dicho anteriormente.



### 3.3 Santa Teresita de Chiquintad.

#### 3.3.1 Antecedentes y generalidades.

El sistema de abastecimiento que cuenta con una capacidad de producción de 7 l/s, fue construido e inaugurado por ETAPA EP, tiene aproximadamente 30 años de funcionamiento. La misma que tiene la responsabilidad de la gestión y administración del sistema, en términos de operación, mantenimiento y suministro de herramienta, materiales y personal capacitado.

La obra de captación, está constituida por un muro de hormigón o dique que cruza el cauce del río, con el objetivo de que el agua se acumule, hasta que sea capaz de ingresar por la obra de toma construida de hormigón sobre la zona lateral del río Quintul, para posteriormente llevarla hacia un desarenador que ayuda a la disminución de los sedimentos presentes en el líquido vital.

La conducción está comprendida en su mayoría por líneas de tuberías de PVC, aunque en zonas con pendientes pronunciadas susceptibles a deslizamientos las tuberías utilizadas son de polietileno.

La plata de tratamiento es de tipo convencional que cuenta con los procesos de floculación, sedimentación, filtración rápida y desinfección con cloro gas; que tiene una capacidad de tratabilidad de hasta 7l/s como se mencionó anteriormente.

En el sistema de distribución se tiene inicialmente dos tanques de almacenamiento, los cuales están ubicado dentro del cerco de la planta de tratamiento; se encuentra semienterrados, están contruidos de hormigón armado, y tienen una capacidad de almacenamiento de 100 m<sup>3</sup> y 30 m<sup>3</sup>. Los mismos están interconectados ya que el tanque de mayor volumen fue construido después debido a la necesidad; ya que un solo tanque era insuficiente para cubrir las necesidades de abastecimiento de la comunidad. Los mismos se conectan con la red de distribución, conformada por tuberías de PVC, para suministrar de agua a la parroquia de Chiquintad. Hay que mencionar que esta red está manejada por la junta parroquial, es decir por los propios usuarios del sistema por lo que no se tiene un registro por parte de ETAPA EP del número de medidores.

#### 3.3.2 Ubicación.

Se presentan las coordenadas de los componentes y elementos del sistema las cuales fueron levantadas para esta tesis. Las mismas es especifican en la siguiente tabla y se ilustran en el *Gráfico 9*. Mapa de ubicación de los principales componentes del sistema Chiquintad..

Tabla 7. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen el sistema de abastecimiento de Chiquintad.

Item	N	E	Z
Cap	9689419.963	719816.966	2997.159
DR	9689426.111	719868.545	2990.842
TR	9689025.689	720582.895	2900.274
Tub	9689094.623	720940.001	2827.286
Tub	9689089.185	720972.784	2818.554
VE	9689172.417	721204.603	2812.802
PTAP	9689177.526	721250.423	2811.787

Cap: Captación  
 DR: Desarenador.  
 TR: Tanque rompe-presión  
 Tub: tubería  
 VE: Válvula de entrada

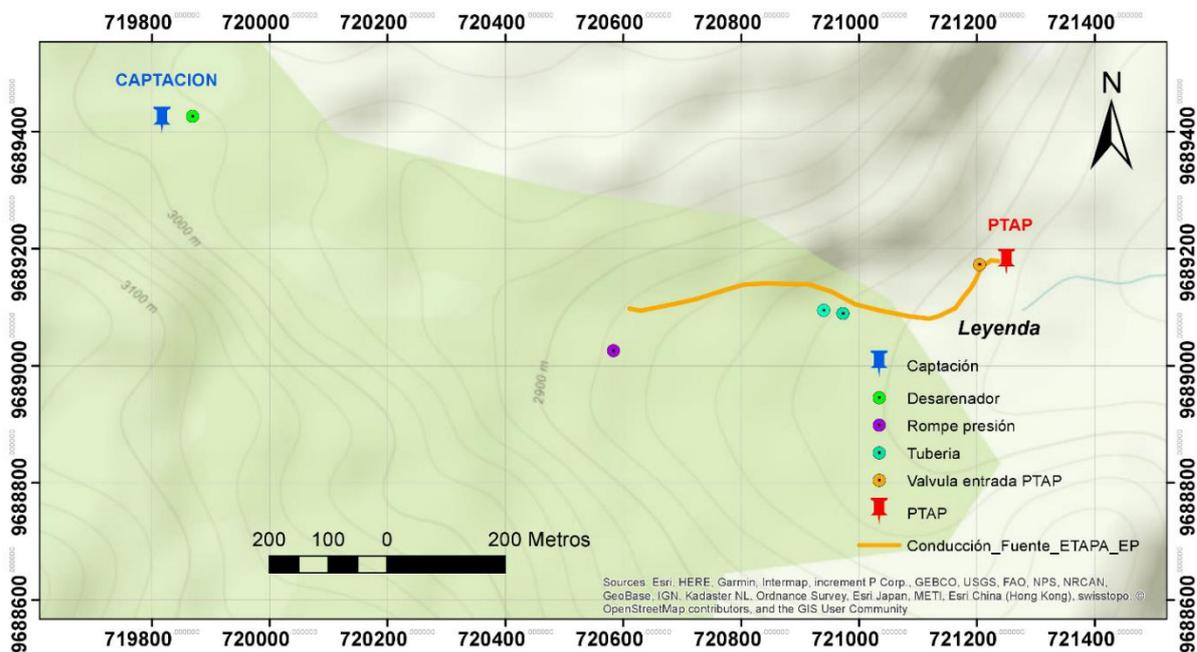


Gráfico 9. Mapa de ubicación de los principales componentes del sistema Chiquintad.

En el gráfico anterior se observa la línea de color naranja, la cual representa la conducción de este sistema. Esta información fue proporcionada por ETAPA EP, pero no corresponde con los puntos levantados en esta tesis. Hay que recalcar que los puntos referentes a la captación, el tanque rompe presión y los puntos de tubería tomados fueron tomados para este trabajo. Entonces se puede concluir que la Empresa Pública no tiene datos reales a cerca de la conducción de este sistema.

### 3.3.3 Captación.

La obra de captación está construida a una cota de 2997.159 metros, consta de un muro de hormigón o dique que cruza el cauce del río, generando que se acumule el agua, hasta que sea capaz de ingresar por la obra de toma una 1.50m X 1.40m aproximadamente ubicada en la zona lateral del río.



Ilustración 48. Fotografía de la captación (toma de agua).

Dentro de esta obra de toma mencionada, se encuentran adaptadas dos tuberías de PVC de 4 pulgadas, en donde una de ellas tiene la función de retornar al río los excesos de agua, y la otra permite el ingreso del agua por medio de perforaciones para posteriormente llevar el agua por medio de otra tubería de PVC del mismo diámetro hacia un desarenador, el cual consta de una cámara de entrada de 1.45 m x 0.57 m, una cámara de salida hacia la conducción con dimensiones de 1.45 m x 0.58 m el mismo que tiene un rebosadero, y finalmente tiene una cámara de sedimentación de 1.45 m x 4.60 m que ayuda a la disminución de los sedimentos presentes en el agua. Este desarenador tiene una válvula de compuerta para el lavado de la unidad.

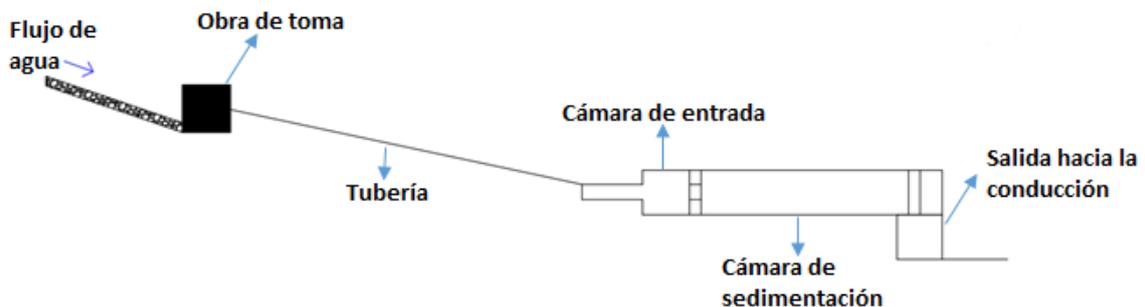


Figura 19. Esquema de la captación.

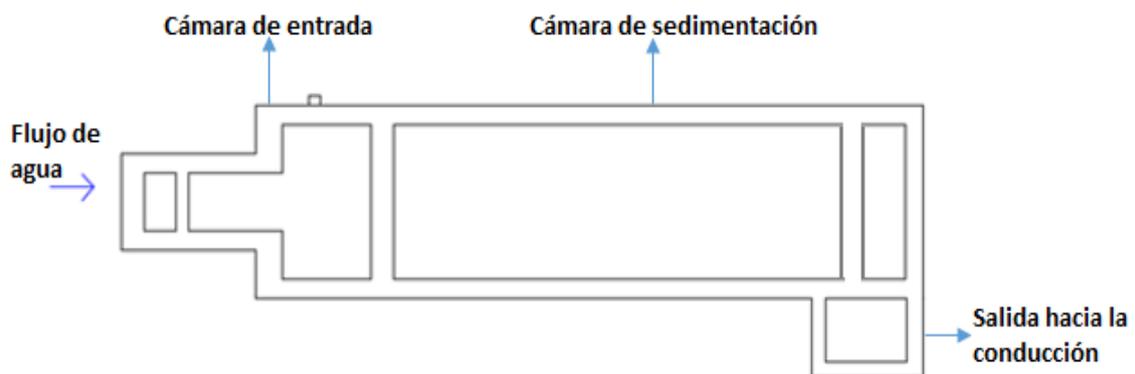


Figura 20. Vista en planta del desarenador.

### 3.3.3.1 Evaluación física de la captación.

La captación a un costado fue construida con grava y hormigón, sin un diseño normado. Existen partes en que el hormigón ha sido erosionado por la corriente de agua, en general

existe gran deterioro de esta “estructura”. Además, no existe un filtro como tal, sino el ingreso del agua hacia la siguiente unidad (sedimentador) se realiza por medio de una tubería la cual tiene perforaciones para el ingreso del agua, actuando, así como una manera de “filtro”. En la toma de agua existe mucha suciedad provocada por el arrastre de material lo cual requiere mantenimiento diario por parte del operador.



**Ilustración 49. Captación lateral ubicada en el río Quintul.**

El estado de la compuerta que controla el paso del agua hacia la conducción es bueno, no presenta corrosión considerable y el funcionamiento es el adecuado. Pero cabe mencionar que cuando se realiza el cierre de esta compuerta, el agua pasa sobre ésta, con lo cual nos lleva a la conclusión que no existe un diseño adecuado de esta toma, o simplemente no existe un diseño técnico.



**Ilustración 50. Válvula de compuerta de la captación.**

Además, hay que mencionar que la toma de agua no cuenta con ningún cerco de protección, es decir esta estructura está expuesta a la presencia de personas ajenas al manejo del sistema, así como al ingreso de animales que puedan contaminar o dañar las estructuras mencionadas.

El sedimentador se encuentra en buen estado, con buen mantenimiento. Tiene un lógico desgaste del hormigón pero que no representa riesgo en el funcionamiento. En esta unidad si hay una cerco de protección, el cual si consta de candados para evitar el ingreso de personas ajenas al sistema.



Ilustración 51. Desarenador ubicado previo a la conducción.

### 3.3.4 Conducción.

La conducción está formada por tubería de PVC en su mayoría y polietileno de 63 milímetros de diámetro.

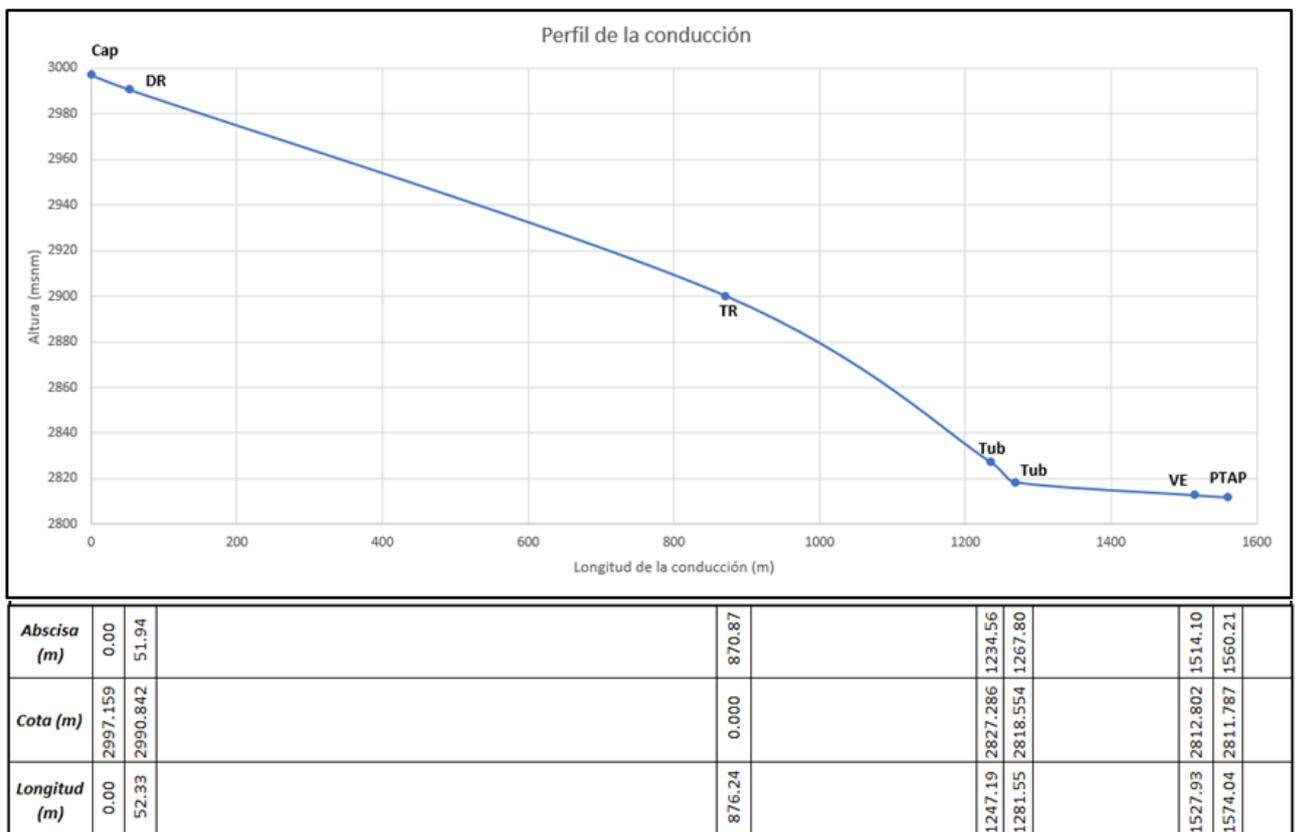


Gráfico 10. Perfil de la conducción del Sistema de Abastecimiento "Chiquintad".



Hay que recalcar que este perfil es igual a la realidad de la conducción solamente en los puntos hidráulicos tomados, y lo demás es aproximado, ya que seguir la conducción para la toma de puntos resultó dificultoso debido a la complejidad del terreno (vegetación excesiva, cruce de quebradas) y sobre todo el personal a cargo de este sistema no tenía conocimiento claro la travesía de la conducción ya que éste se encuentra enterrada en su mayoría.

#### 3.3.4.1 Evaluación física de la conducción.

Como ya se mencionó, la conducción en su mayoría es de PVC, la cual se encuentra enterrada, pero en ciertas zonas debido a deslizamientos de terreno se pudo constatar que la tubería pasa a ser de polietileno, la cual está sobre la superficie y sin ninguna protección.

Se pudo observar cortes en la tubería de polietileno, si estos no son reparados pueden ocasionar filtraciones y pérdida de agua que comprometa el abastecimiento a la planta (*Ilustración 52*).



**Ilustración 52. Corte en la tubería de conducción.**

A lo largo de la conducción se tiene un solo tanque rompe presión, el cual presenta un buen estado y está cumpliendo su función. Pero las tapa del mismo, al ser de metal presenta un alto grado de corrosión.



**Ilustración 53. Único tanque rompe presión en la conducción.**



Al haber una quebrada, la tubería de PVC cruza sobre el río Quintul. Pero ésta no tiene una estructura como tal para el soporte de la tubería en este tramo, sino esta está sobre troncos que de alguna manera cumplen la función de medio de soporte de la tubería para el transporte del agua cruda. Además, hay que mencionar que la tubería en este tramo está sin ninguna protección, lo que conlleva a un riesgo de daño del material ya sea por la radiación solar o por gente agente al manejo del sistema. (Ilustración 54).



Ilustración 54. Tubería de conducción sobre una quebrada.

### 3.3.5 Planta de tratamiento de agua.

De manera general, la planta es una de tipo convencional que utiliza unidades de floculación, sedimentación, filtración y desinfección para el tratamiento del agua cruda.

A pesar que la planta fue ingurada para una capacidad de tratamiento de 7 l/s, normalmente la planta funciona con un caudal de 10 l/s, que puede llegar a 12 – 14 l/s en ocasiones en que el flujo del agua aumenta debido a las condiciones climáticas.

Inicalmente existe una reserva de reactivos para el proceso de tratamiendo de turbiedad como lo son el sulfato de aluminio y el polímero; éstos son suministrados al flujo de agua por el operador que es entrenado para que de una manera muy didáctica puede sin problemas hacerlo dependiendo de las condiciones del agua como la turbiedad y caudal. Esta adición de sultado al agua pasa a los floculadores, en donde esta mezcla reacciona para formar flóculos, en donde éstos se aglutinan facilitando así su decantación y posterior filtrado.

Posteriormente el agua fluye hacia un sedimentador de placas, en donde luego del proceso de sedimentación el agua pasa hacia unos filtros de presión por medio de tubos tipo flautas. Cabe recalcar que este sedimetandor se tiene un válvula de desfogue, la cual se acciona para realizar el proceso de limpieza de esta unidad.

Luego el agua pasa hacia las dos unidades de filtración las cuales están conectadas entre sí; el agua ingresa por debajo de los mismos, es decir, son de tipo flujo ascendente. Estos filtros son de forma rectangular. Cada filtro en la planta tiene un desfogue la cual se acciona cuando se realiza el lavado de los filtros.

Poterior a los filtros se tiene la desinfección del agua, la cual se realiza por medio de cloro gas normalmente con una concentración de 0.8 a 1.5 mg/L. Para el mezclado homogéneo de estos dos elementos se utiliza una bomba de 1 Hp para posteriormente almacenarse en el tanque de reserva.

## 3.3.5.1 Esquema de la planta de tratamiento de agua potable.

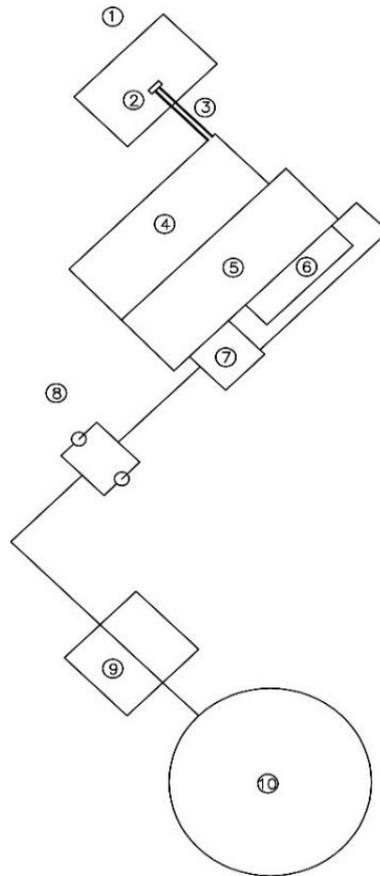


Figura 21. Esquema de la planta de tratamiento Chiquintad.

Tabla 8. Descripción de las partes en el esquema de la PTAP de Chiquintad.

<b>1</b>	Caseta de operación
<b>2</b>	Aforador de entrada
<b>3</b>	Aplicación de Coagulante
<b>4</b>	Floculador #1
<b>5</b>	Floculador #2
<b>6</b>	Sedimentador
<b>7</b>	Reserva para lavador en filtros a presión
<b>8</b>	Filtros de flujo ascendente
<b>9</b>	Tanque de mezclado del desinfectante
<b>10</b>	Tanque de almacenamiento

## 3.3.5.2 Evaluación física de la planta de tratamiento.

En la entrada del agua hacia los floculadores, existe fisuras o grietas del hormigón. Esto puede producir pérdida de agua que altere el normal funcionamiento de la planta.



Ilustración 55. Conducción de agua hacia los floculadores.

Las válvulas para desfogue, las cuales se accionan para el lavado de los filtros se encuentran funcionalmente bien, pero físicamente se puede apreciar desgaste en la parte exterior así como una llave rota que dificulta la operación.



Ilustración 56. Válvulas de desfogue para el lavado de los filtros.

Las instalaciones, en una apreciación general y panorámica se encuentran en un estado bueno. Sin embargo, se evidenció que ciertas pantallas del floculador presentan fisuras de tamaño considerable, en donde por estas hay filtración. *Ilustración 57.*

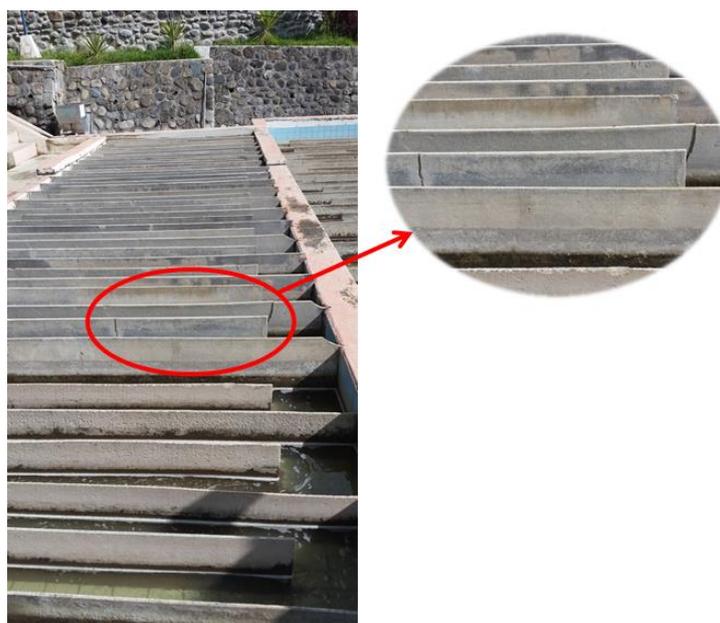


Ilustración 57. Pantallas del floculador presentan fisuras.



Las tapas de los filtros rápidos se encuentran con desgaste superficial, pero en buen estado y funcionales.



Ilustración 58. Tapas de acceso a los filtros y válvulas.

En general las válvulas de las planta de tratamiento se encuentran en buen estado, no presentan una corrosión significativa.



Ilustración 59. Válvula de compuerta de paso de reactivos hacia los floculadores.

El material utilizado para la construcción de la planta presenta roturas en varias zonas. Por ejemplo en las unidades de sedimentación se pudo visualizar pérdida del recubrimiento. Estas fallas no producen un cambio significativo en el funcionamiento de la planta pero dejan al descubierto el hormigón que puede verse erosionado en el futuro, además de problemas de filtración de agua.



**Ilustración 60. Unidades de sedimentación.**

### 3.3.6 Sistema de distribución.

El sistema abastece a Chiquintad en un área aproximada de 129 Ha.

#### 3.3.6.1 Tanque de almacenamiento.

Los tanques de almacenamiento se encuentran semi enterrados, lo que obliga a que sus conexiones se encuentran a cierta profundidad. Tienen una capacidad de 100 m<sup>3</sup> y 30 m<sup>3</sup>.



**a)**

**b)**

**Ilustración 61. Tanques de almacenamiento: a). 30 m<sup>3</sup> y b). 100 m<sup>3</sup>.**

En general el tanque de mayor volumen presenta buenas condiciones en su estructura, se pudo constatar que a la fecha de inspección (14 de noviembre de 2018) esta se encontraba cerca de un 80% de nivel de reserva. Pero no se evidenciaron actividades de limpieza del tanque.



Ilustración 62. Tapa del tanque de almacenamiento.

A la salida del tanque de almacenamiento mayor se tiene tres tuberías: dos tuberías de 63 mm y una de 110 mm de diámetro.

### 3.3.6.2 Red de distribución.

Como ya se dijo, la red de distribución está manejada por los usuarios, representados por la junta parroquial. Toda la red de distribución de este sistema es de PVC. Como ya se mencionó, a la salida de la PTAP hay tres tuberías las cuales forman tres tipos de redes independientes entre sí:

La primera con diámetro de 63 mm, la cual forma una red combinada, es decir, presenta ramificaciones en redes cerradas. Esta red según ETAPA EP es de tipo periférica ya que solo pasa por los lugares principales de la parroquia de Chiquintad. Hay que mencionar que esta red no tiene puntos o válvulas de control.

La segunda inicialmente con diámetro de 110 mm, es una red de tipo ramificada, que más adelante tiene reducciones hacia tuberías de 63 y 50 mm de diámetro. Esta red cubre a todo el sector del centro de la parroquia de Chiquintad.

La tercera es la red más pequeña de todas las tres, tiene un diámetro de 63 mm, con pequeñas ramas de 50 y 32 mm de diámetro. Al igual que la anterior, esta es una red abierta, la cual abastece a la cabecera de la parroquia Santa Teresita de Chiquintad, un sector cercano a la PTAP.

Además, en toda la red se tiene un total de 39 válvulas de control, 12 válvulas purga y un tanque rompe presión. La ubicación de estos elementos se presenta en la siguiente tabla.

Fuente: ETAPA EP.

Tabla 9. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen la red de distribución de Chiquintad.

Ítem	N	E
TR	9689243.469	721666.847
VC	9689429.976	721547.737
VC	9689221.477	721842.736
VC	9689225.074	721845.681
VC	9689267.780	721888.722
VC	9689327.660	721955.356



VC	9689083.964	721895.541
VC	9689073.127	721908.468
VC	9689329.600	722187.547
VC	9689304.659	722230.431
VC	9689318.547	722308.363
VC	9689137.489	722171.347
VC	9689133.754	722172.290
VC	9689131.249	722169.150
VC	9689101.895	722266.162
VC	9689093.179	722267.443
VC	9688876.929	721923.284
VC	9688843.737	722168.671
VC	9688835.322	722166.035
VC	9688800.277	722146.571
VC	9688742.789	721986.289
VC	9688726.880	722021.138
VC	9688721.284	722020.998
VC	9688611.865	722135.847
VC	9688616.173	722141.879
VC	9688594.096	722223.536
VC	9688559.115	722280.371
VC	9688517.250	722316.538
VC	9688490.107	722393.357
VC	9688482.866	722420.807
VC	9688473.483	722423.869
VC	9688546.056	722460.832
VC	9688603.505	722460.746
VC	9688710.798	722507.305
VC	9688725.656	722510.926
VC	9688581.288	722820.777
VC	9688562.430	722842.377
VC	9688397.597	722895.178
VC	9688374.129	722975.832
VC	9688346.263	722580.813
VP	9689026.561	722025.680
VP	9688956.951	722072.484
VP	9688951.463	722106.875
VP	9688948.038	722115.525
VP	9688944.777	722191.740
VP	9688872.372	722489.863
VP	9688833.903	722536.778
VP	9688666.713	722494.849
VP	9688554.601	722269.720
VP	9689250.950	722440.084
VP	9688342.157	722570.713
VP	9687905.996	722532.587
<i>TR: tanque rompe presión</i>		
<i>VC: Válvula de control</i>		
<i>VP: Válvula Purga</i>		

Adjunto a esta tesis (*Anexos C*), se presenta un plano de la red de distribución de este sistema, en donde se puede visualizar de mejor manera según lo dicho anteriormente.



### 3.4 Chulco Soroche.

#### 3.4.1 Antecedentes y generalidades.

El sistema inició su operación en año 2015 con una vida útil de 25 años. Tienen una capacidad para tratar cerca de 50 l/s (con el crecimiento de la población), pero en la actualidad normalmente se trabaja con 25 l/s. Al ser la obra relativamente nueva se espera un estado físico de las instalaciones bueno, así como un funcionamiento óptimo.

El sistema de abastecimiento está formado por una sola captación ubicada a aproximadamente 5.19 km de la PTAP, la cual recolecta el agua del río Chulco por medio de una captación con azud de rejilla lateral.

La conducción se realiza por medio de tubería de hierro dúctil con un diámetro de 250 mm.

La planta de tratamiento está compuesta por unidades de floculación, sedimentación, filtración y desinfección por medio de cloro gas.

En el sistema de distribución se tiene inicialmente dos tanques de almacenamiento superficiales, los cuales están ubicados dentro del cerco de la planta de tratamiento, están construido de hormigón armado, y tienen una capacidad de almacenamiento de 250 m<sup>3</sup> cada uno. Los mismos se conectan con la red de distribución, conformada por tuberías de PVC, hierro dúctil y hierro fundido, para suministrar de agua a las parroquias de Sidcay, Octavio Cordero, Checa, Llaico y Ricaurte. Según información proporcionada por ETAPA EP actualmente este sistema tiene un total de 4479 medidores registrados, distribuidos en las comunidades de Azhapud (252), Checa (978), La Dolorosa (99), El Guabo (336), Octavio Cordero (305), Pampas (689), San José de Chulco (305), San Pedro de Chulco (1021) y San Vicente (494).

#### 3.4.2 Ubicación.

Se presentan las coordenadas de los componentes y elementos del sistema las cuales fueron levantadas para esta tesis, además se presenta la conducción, la cual fue proporcionada por ETAPA EP. Las mismas se especifican en la siguiente tabla y se ilustran en el *Gráfico 11*.

**Tabla 10. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen el sistema de abastecimiento de Chulco Soroche.**

Item	N	E	Z
CAP	9696190.645	719279.210	3171.647
TRZ	9695466.088	720060.226	3132.776
TRZ	9695062.324	720439.658	3084.041
TRZ	9694917.216	720537.455	3035.284
VP	9694646.617	720779.017	2980.941
VP	9694574.603	720812.780	2970.098
VA	9694389.657	720933.604	2989.001
VA	9693608.807	720858.805	2946.819
VA	9693080.548	721101.224	3002.033
VA	9692430.617	721638.459	3078.422
TRZ	9692287.022	721757.303	3059.206
TRZ	9692320.158	721793.739	3087.543
PTAP	9692355.155	721817.804	3103.042

*Cap: Captación*

*TRZ: Trazado de la tubería*

*VP: Válvula purga*

*VA: Válvula de aire*

*PTAP: Planta de Tratamiento de Agua Potable*

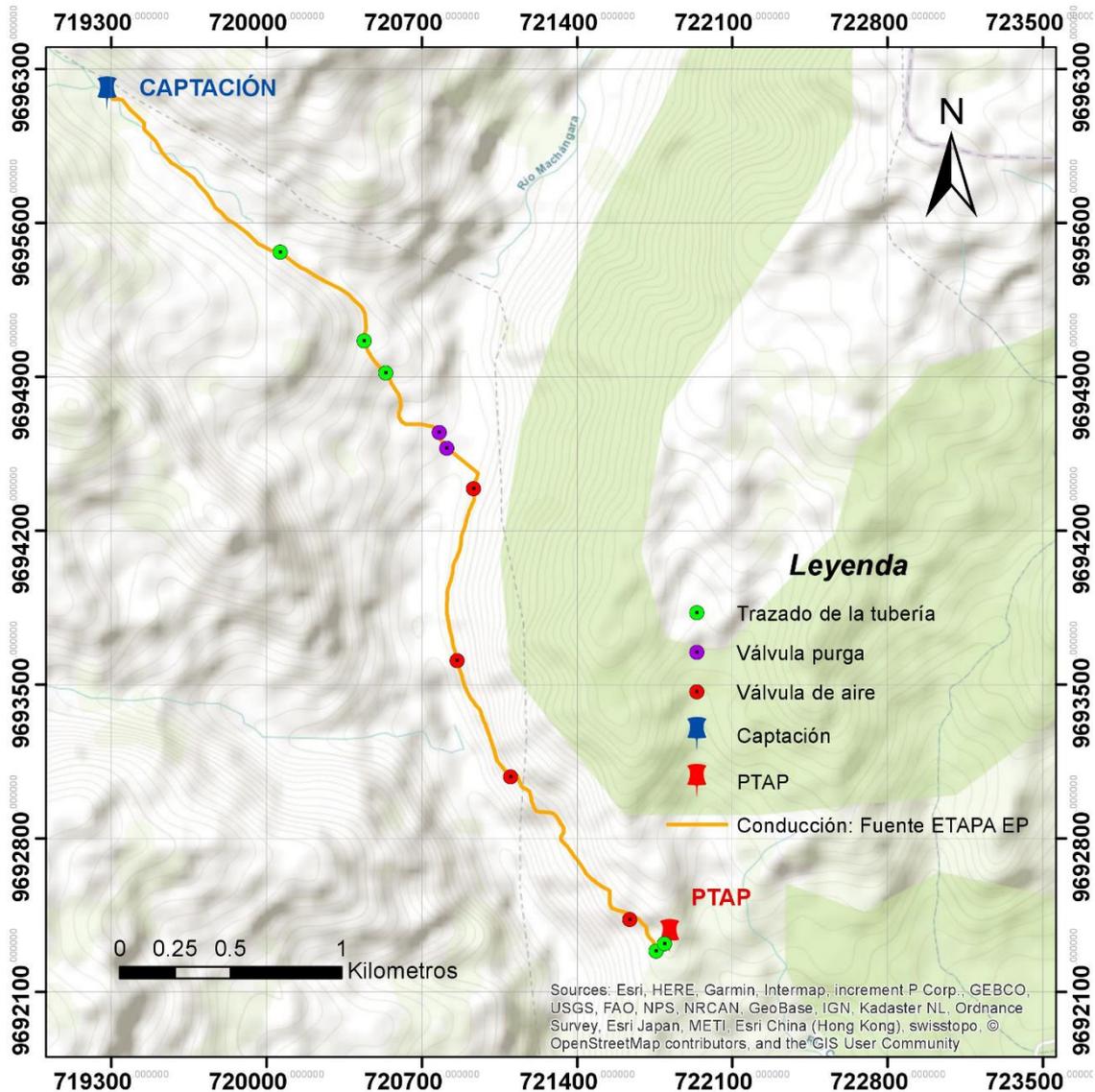


Gráfico 11. Mapa de ubicación de los principales componentes del sistema Chulco Soroche.

En el gráfico anterior se observa la línea de color naranja, la cual representa la conducción de este sistema, la cual fue proporcionada por ETAPA EP; en donde todos los puntos tomados en este trabajo coinciden con la línea de conducción.

### 3.4.3 Captación.

La captación se encuentra en el río Chulco pocos metros después de la quebrada Yanacocha. El río Chulco desemboca a su vez en el Machángara. Previo a la captación este río se alimenta de varias corrientes naturales de agua que bajan de las montañas que son las que proveen de agua al sistema.

La captación es con azud (dique), en donde parte del agua acumulada o represa por esta estructura ingresa por una rejilla y luego pasa por un canal de ingreso para posteriormente encontrarse con otra rejilla y finalmente entra hacia un tanque en donde al final del mismo se conecta una tubería hacia la conducción. La otra parte del agua sigue su curso natural por

medio del vertedero mencionado (azud) que posteriormente se conecta con un cuenco de disipación para al final del mismo seguir su curso en el río (Figura 23).

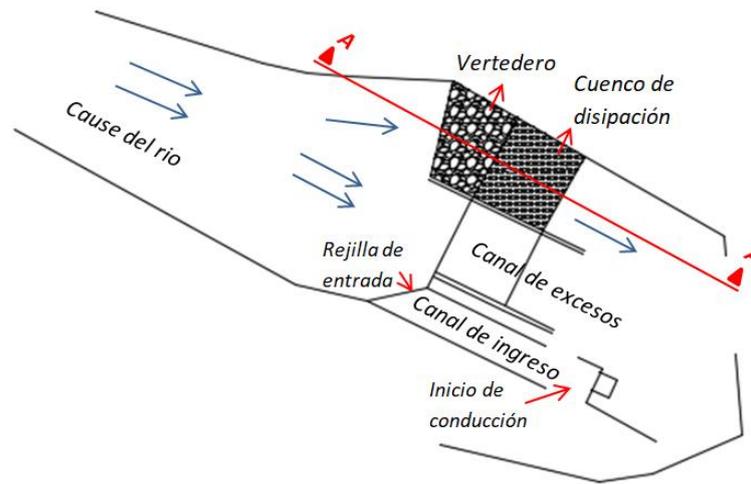


Figura 22. Esquema de la captación (vista en planta).

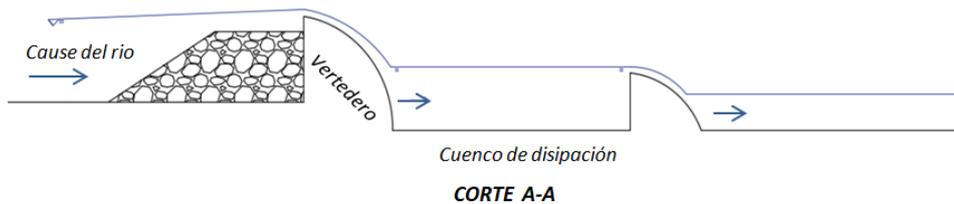


Figura 23. Perfil del flujo al interior de la captación.

#### 3.4.3.1 Evaluación física de la captación.

Las tapas de los tanques de revisión en la captación están en un buen estado, con un normal deterioro por estar a la intemperie y expuestas a las condiciones atmosféricas.



Ilustración 63. Tapa de tanque de revisión.

El hormigón en general presenta algunos signos de erosión. El desgaste en las paredes se da en la parte superior de algunas estructuras, por lo cual aparte de la erosión por el agua, una de las razones que esto suceda es debido a agentes atmosféricos y climáticos.



**Ilustración 64. Paredes levemente erosionadas del canal de excesos.**

En la zona de “represamiento del agua” antes del vertedero, se observó una gran cantidad de sedimento con piedras arrastradas por la corriente. Esto puede provocar cambios en la entrada del flujo hacia la rejilla de entrada.



**Ilustración 65. Vertedero de la captación.**

En general, todos los elementos metálicos (compuertas, rejillas) no presentan corrosión considerable; todos estos están cumpliendo su función además de que se constató la aplicación de lubricante en la compuerta de ingreso al canal de excesos.



**a)**

**b).**

**Ilustración 66. Canal de ingreso del agua de la captación: a) vista frontal y b) vista posterior.**



### 3.4.4 Conducción.

La conducción está conformada en tu totalidad por tubería de hierro dúctil.

El diámetro nominal de la tubería es de 250 milímetros desde la captación y a lo largo de la red, en la inspección visual realizada se pudo constatar la presencia de elementos hidráulicos como válvulas purga (2) y válvulas de aire (3).

Se levantaron puntos con coordenadas GPS WGS-84, los cuales se pueden apreciar en el *Gráfico 11*. A continuación, se presenta un perfil de la conducción realizada mediante la toma de puntos de los elementos hidráulicos ubicados a lo largo de la misma. Las coordenadas de estos elementos se pueden observar en la *Tabla 10*.

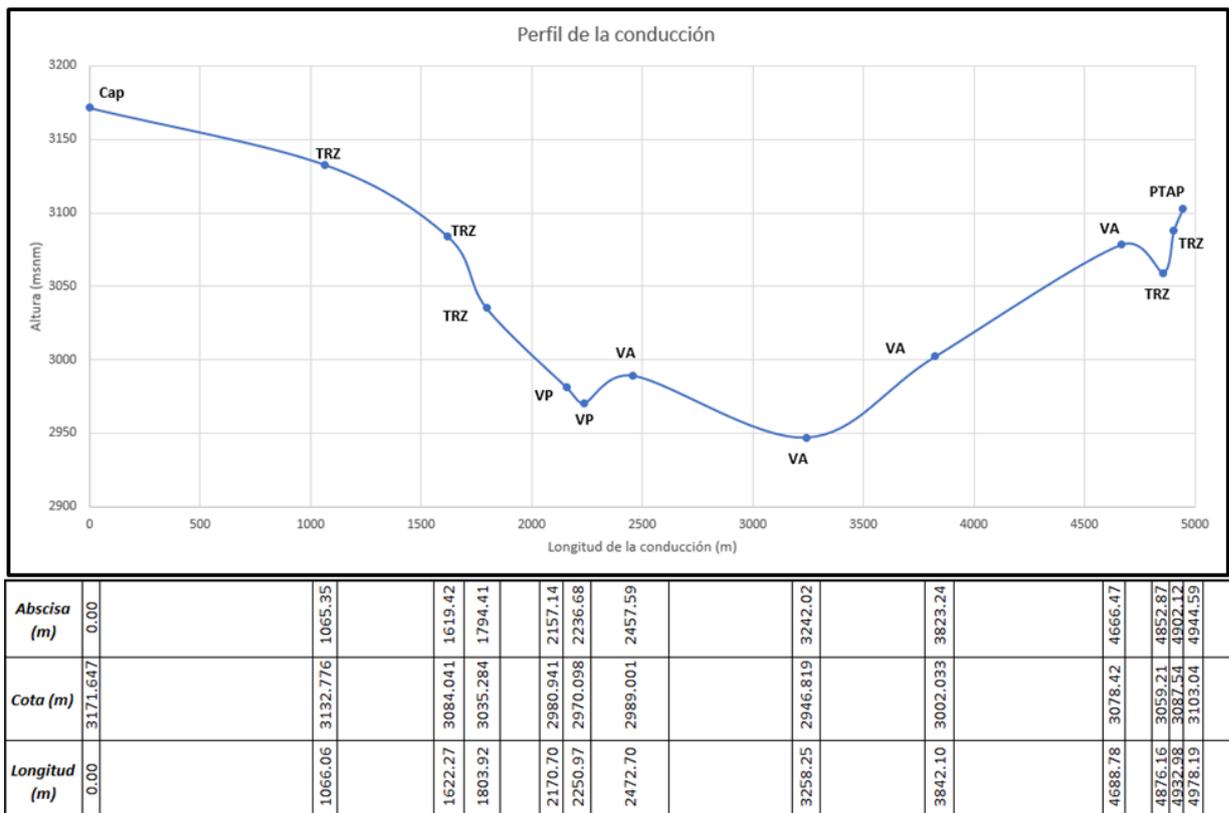


Gráfico 12. Perfil de conducción Chulco-Soroche.

Hay que recalcar que este perfil es igual a la realidad de la conducción solamente en los puntos hidráulicos tomados, y lo demás es aproximado, ya que seguir la conducción para la toma de puntos resultó dificultoso debido a la complejidad del terreno (vegetación excesiva, cruce de quebradas) y sobre todo el personal a cargo de este sistema no tenía conocimiento claro la travesía de la conducción ya que éste se encuentra enterrada en su mayoría.

#### 3.4.4.1 Evaluación física de la conducción.

Toda la conducción está bajo la superficie, por lo cual no es fue posible evaluar la condición física de la tubería. Lo que si se encontró en el recorrido fueron tapas de estructuras que contienen válvulas de aire, algunas de ellas no se encuentran en buen estado ya que se deterioran por las condiciones atmosféricas y el paso de vehículos. Pero no se encontraron rastros de mantenimiento de los mismos.



Ilustración 67. Tapa de estructura contenedora de válvula de aire.



Ilustración 68. Tapas de estructuras deterioradas.

#### 3.4.5 Planta de tratamiento de agua.

De manera general, la planta es de tipo convencional que utiliza unidades de floculación, sedimentación, filtración y desinfección para el tratamiento del agua. Normalmente la planta funciona con un caudal de 25 l/s, que puede llegar en 30 l/s en ocasiones en que el flujo del agua aumenta debido a las condiciones climáticas.

Existe una reserva de reactivos para el proceso de limpieza como lo son el sulfato de aluminio y el polímero; éstos son administrados al flujo de agua por el operador que es entrenado para que de una manera muy didáctica puede sin problemas hacerlo dependiendo de las condiciones del agua como la turbiedad y caudal. Una vez suministrados estos dos reactivos, el agua pasa por las unidades de floculación, en donde esta mezcla reacciona para formar flóculos, que luego se aglutinan facilitando así su sedimentación y posterior filtrado.

Posteriormente el agua fluye hacia un sedimentador de placas, en donde luego del proceso de sedimentación el agua pasa hacia unos filtros por medio de tubos tipo flautas.

Luego el agua pasa hacia las 4 unidades de filtración las cuales están conectadas entre sí; el agua ingresa por debajo de los mismos, es decir, son de tipo flujo ascendente. Estos filtros son de forma rectangular. Cada filtro en la planta tiene un desfogue la cual se acciona cuando se realiza el lavado de los filtros.



Ilustración 69. Instalaciones de la planta de tratamiento: al frente las unidades de filtración.

Una vez realizado el proceso de filtración, se realiza la desinfección del agua por medio de cloro gas (cilindro de 68 kg). El cloro residual manejado en la planta comprende un rango entre 0.8 - 1.5 mg/l, la turbiedad con un máximo de 5 NTU.

Adicionalmente hay una estructura para el tratamiento de lodos, los cuales provienen del lavado de filtros, sedimentadores y floculadores. El lodo sedimentado en estas piscinas es trasladado al lecho de secado para posteriormente ser llevado y manejado por la cuadrilla de ETAPA EP y el agua es devuelta al río Chulco.



Ilustración 70. Estructura para el tratamiento y secado de lodos.

#### 3.4.5.1 Esquema de la planta de tratamiento de agua potable.

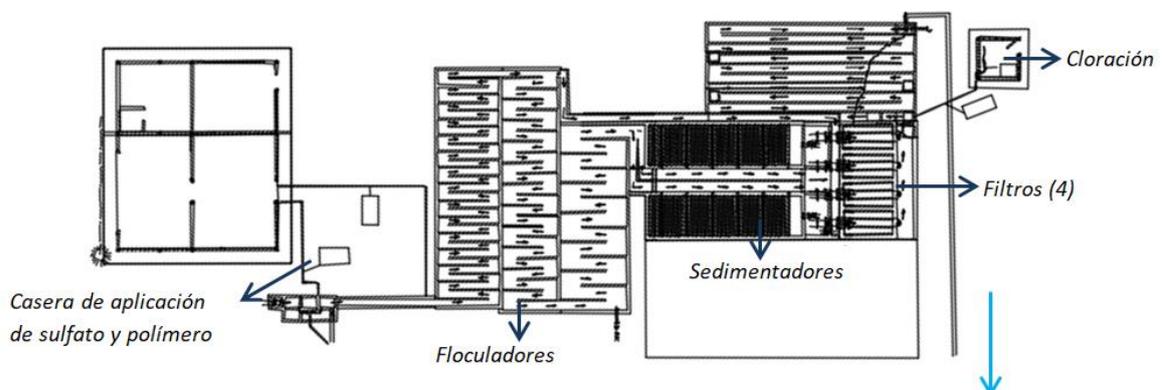


Figura 24. Esquema de la PTAP de Chulco - Soroché.

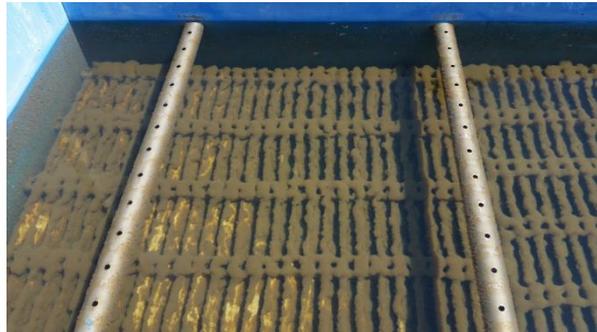
### 3.4.5.2 Evaluación física de la planta de tratamiento.

Las instalaciones y unidades de la planta de tratamiento al ser relativamente nuevas se encuentran en buen estado, presentan poco desgaste de la pintura de las tanto de las estructuras de hormigón, válvulas y accesorios metálicos. En sí todas las unidades de la planta se encuentran normalmente operadas sin novedades en el funcionamiento.



**Ilustración 71. Instalaciones de la planta de tratamiento: floculadores, casa de medición de caudal, almacén y medición de sulfato y polímero.**

En caso de la unidad de sedimentación se pudo constatar que esta presenta colmatación en sus pantallas y sedimentos en las paredes de la estructura. Este es un indicador de que la limpieza de esta unidad no se realiza con mucha frecuencia si no se la ejecuta cuando el sedimentador ya no esté cumpliendo su función.



**Ilustración 72. Sedimentadores colmatados.**

Las válvulas se encuentran en excelente estado, no se evidencia presencia de corrosión.



**Ilustración 73. Válvulas de paso para lavado de filtros y sedimentadores.**

### 3.4.6 Sistema de distribución.

El sistema abastece a los sectores de Checa, El Cisne, La Dolorosa, Octavio Cordero, San José de Chulco, San Pedro de Chulco, Sidcay, Azhapud, Pampas y a El Guabo cubriendo un área total de 4286.3 Ha.

#### 3.4.6.1 Tanques de almacenamiento.

Los tanques de almacenamiento son de tipo superficial los cuales tienen una capacidad de 250 m<sup>3</sup> cada uno; se encuentra en buen estado. No se observan grietas visibles que comprometan la estructura del tanque. Cabe mencionar que estos tanques se encuentran dentro del cerco de la planta de tratamiento.

Solamente en la parte superior de los tanques hay desgaste del recubrimiento de pintura, lo cual no compromete la función del mismo.



Ilustración 74. Tanques de almacenamiento.

#### 3.4.6.2 Red de distribución.

La red de distribución de este sistema es de tipo combinado, es decir presenta una red abierta en su abierta en la mayor parte y una red cerrada. Inicialmente a la salida los tanques de almacenamiento se tienen dos tuberías de PVC de 63 mm y 160 mm. A aproximadamente 300 metros de los tanques de almacenamiento (sector Corpanche Alto) hay un tanque de reserva en el cual llega el agua tratada de la planta de tratamiento de Checa y a la salida de este tanque se conectan dos tuberías de 90 mm y 50 mm que a su vez se conectan a toda la red de distribución de Chulco Soroche.

En toda la red se tiene elementos hidráulicos como válvulas de aire, tanque de reserva, válvulas de control, válvulas reductoras de presión, empalmes, reductores y tapones.

Toda la red se resume en tuberías de PVC, hierro dúctil y hierro fundido. A continuación, se presenta una tabla según su material y diámetro.

Tabla 11. Tuberías en la red de distribución de Chulco Soroche según material y diámetro nominal.

<b>Material</b>	<b>Diámetro nominal (mm)</b>
Hierro dúctil	80
Hierro dúctil	100
Hierro dúctil	150
Hierro dúctil	200
Hierro dúctil	250



Hierro fundido	300
PVC	25
PVC	32
PVC	40
PVC	50
PVC	63
PVC	90
PVC	110
PVC	160

Adjunto a esta tesis (*Anexos C*), se presenta un plano de la red de distribución de este sistema, en donde se puede visualizar de mejor manera según lo dicho anteriormente.

### 3.5 Pillachiquir.

#### 3.5.1 Antecedentes y generalidades.

El sistema de tratamiento de Pillachiquir abastece a los sectores de La Ramada y Quingeo. Su mantenimiento y operación están bajo la responsabilidad de ETAPA EP. Su caudal de diseño es de 7 l/s, el cual es frecuentemente sobrepasado especialmente en épocas invernales.

La captación se realiza por medio de una naciente (ojo) de agua, en la cual hay gran presencia de algas. El agua es captada por medio de una estructura la cual contiene una compuerta para que ingrese el agua hacia una canal en donde hay una rejilla de fondo por donde ingresa el agua hacia la conducción.

La conducción está comprendida en su mayoría por líneas de tuberías de PVC, aunque en zonas con pendientes pronunciadas susceptibles a deslizamientos las tuberías utilizadas son de polietileno y hierro dúctil. La conducción tiene aproximadamente 4.6 kilómetros.

La plata de tratamiento es de tipo convencional que cuenta con los procesos de filtración dinámica, floculación con grava, sedimentación, filtración rápida y desinfección con cloro gas; que tiene una capacidad de tratabilidad de hasta 7 l/s como se mencionó anteriormente.

En el sistema de distribución se tiene inicialmente tres tanques de almacenamiento, los cuales están ubicados dentro del cerco de la planta de tratamiento; se encuentran semienterrados, están contruidos de hormigón armado, y los dos de mayor volumen son de 100 m<sup>3</sup>. Estos abastecen a los sectores de La Ramada y Quingeo. Según información proporcionada por ETAPA EP actualmente este sistema tiene un total de 428 medidores registrados en la zona de Quingeo, pero no se tiene registro de éstos en la zona de La Ramada.

#### 3.5.2 Ubicación.

Se presentan las coordenadas de los componentes y elementos del sistema las cuales fueron levantadas para esta tesis. Las mismas es especifican en la siguiente tabla y se ilustran en el *Gráfico 13*.



Tabla 12. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen el sistema de abastecimiento de Pillachiquir.

Item	N	E	Z
CAP	9654874.379	723506.186	2959.487
TRZ	9654833.227	723675.152	2961.763
TRZ	9654912.400	723869.430	2951.776
TRZ	9655087.234	723968.765	2946.634
TRZ	9655157.944	724406.387	2938.876
VA	9655506.154	724764.226	2901.928
VP	9655564.798	724786.100	2916.077
TRZ	9655966.106	724994.000	2910.213
TRZ	9656288.636	725119.549	2903.823
TRZ	9656572.189	725227.899	2901.202
TRZ	9656896.049	725396.289	2901.029
VA	9657233.613	725596.726	2903.488
TRZ	9657383.637	725288.111	2891.179
VP	9657900.686	724920.479	2930.203
VC	9657941.279	724926.113	2928.884
PTAP	9657954.947	724939.597	2924.181
VC	9657969.687	725005.727	2917.941

Cap: Captación

TRZ: Trazado de la tubería

VA: Válvula de aire

VP: Válvula de purga

VC: válvula de control

PTAP: Planta de Tratamiento de Agua Potable

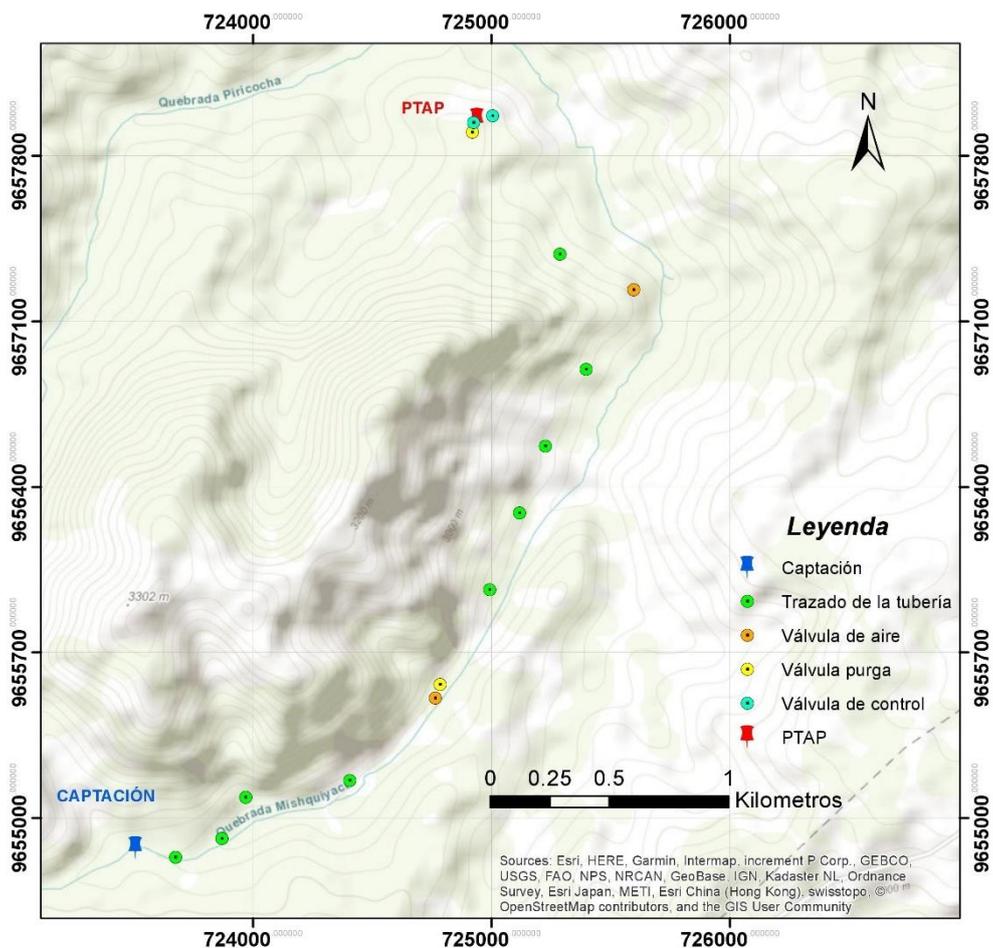


Gráfico 13. Mapa de ubicación de los principales componentes del sistema Pillachiquir.

### 3.5.3 Captación.

La captación se realiza por medio de una naciente de agua (aproximadamente de 6 metros de profundidad), en la cual se capta un caudal de 6 l/s, con la presencia de una reja de entrada de captación, y el sobrante pasa por una caída del vertedero a formar parte del caudal ecológico, esto se presenta en épocas de estiaje, por lo que en épocas de lluvia el caudal varía entre los 8 a 10 l/s inclusive más, depositando una fuerte cantidad de sedimentos al fondo de la captación y atorando la tubería de conducción, se ha colocado a lo largo de la conducción purgas para fomentar la limpieza periódica de la conducción. En la zona de la captación hay gran presencia de vegetación y algas, alrededor de ella hay ganadería.



Ilustración 75. Vista de la zona de captación: naciente del agua.

En la estructura de la captación se tiene inicialmente una compuerta (ancho de 80 cm) por medio de la cual ingresa el agua hacia una canal en donde hay una rejilla de fondo (56 cm x 35 cm, barrotes de 1/4" separados 1 cm) en donde el agua es captada y dirigida hacia un tanque (90 cm x 100 cm) en el cual se conecta una tubería de PVC de 160 mm de diámetro que es la salida hacia la conducción (Figura 25).

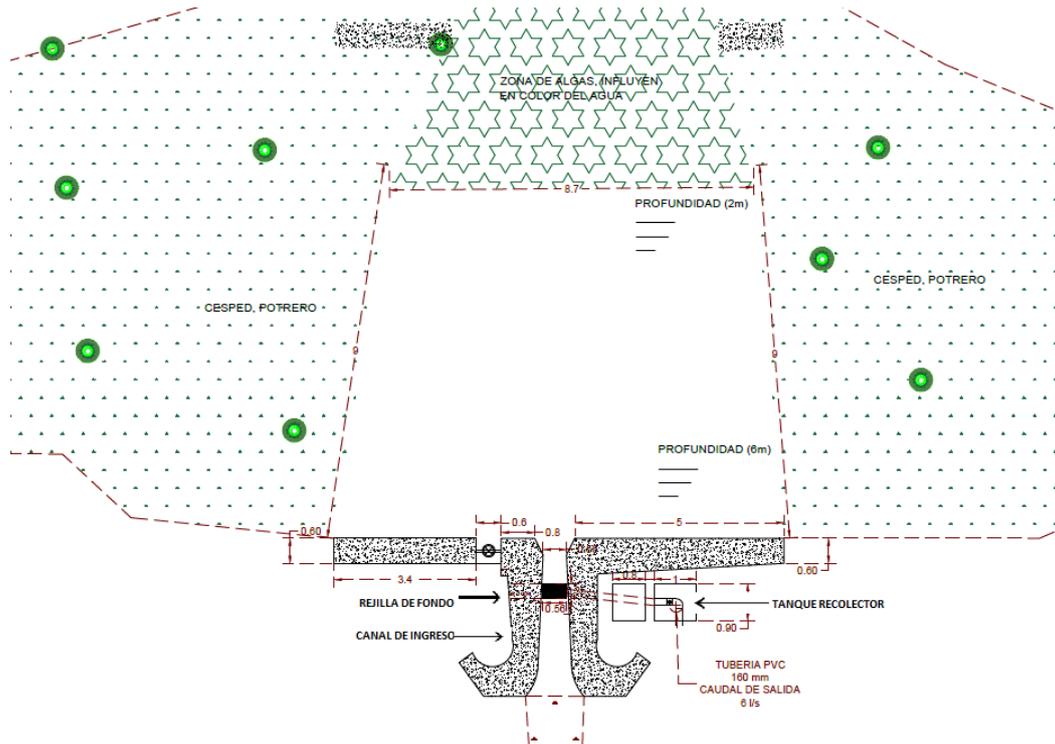


Figura 25. Esquema de la captación (vista en planta).

### 3.5.3.1 Evaluación física de la captación.

La compuerta de ingreso del agua hacia el canal presenta corrosión en todas sus partes metálicas, no hay evidencia de lubricación y en general no hay rastros de mantenimiento de este elemento.



Ilustración 76. Compuerta de ingreso del agua presenta corrosión

La rejilla de entrada presenta gran cantidad de material asentado, los barrotes están totalmente cubiertos de sedimentos, por lo cual se concluye que este elemento no es limpiado con mucha frecuencia, si no cuando realmente se obstruye y se reflejan problemas en el caudal de ingreso.



**Ilustración 77. Rejilla de fondo.**

En el tanque recolector por donde hace su ingreso el agua hacia la captación, se encontró presencia de vegetación y raíces de plantas además del sedimento arrastrado. Lo cual evidencia también la poca o escasa limpieza del mismo.



**Ilustración 78. Tanque recolector con presencia de vegetación y sedimentos.**

El cerramiento no se encuentra en buenas condiciones dado que los postes y la malla se no encuentran tensionados, además no se ha realizado una limpieza alrededor de toda la naciente. En general la captación no tiene mantenimientos regulares si no correctivos, es decir cuando el sistema presenta únicamente fallas.



**Ilustración 79. Vista general de la naciente y del cerramiento.**



### 3.5.4 Conducción.

La conducción está conformada por tubería de PVC y por tubería de polietileno en las zonas sensibles a los deslizamientos de terreno.

El diámetro nominal de la tubería es de 90 milímetros desde la captación y a lo largo de la red, en la inspección visual realizada se pudo constatar la presencia de “elementos hidráulicos” como aireadoras (2) y válvulas de purga (2) los cuales se describen más adelante.

Se levantaron puntos con coordenadas GPS WGS-84, los cuales se pueden apreciar en el *Gráfico 13*. A continuación, se presenta un perfil de la conducción realizada mediante la toma de puntos de los elementos hidráulicos ubicados a lo largo de la misma. Las coordenadas de estos elementos se pueden observar en la *Tabla 12*.

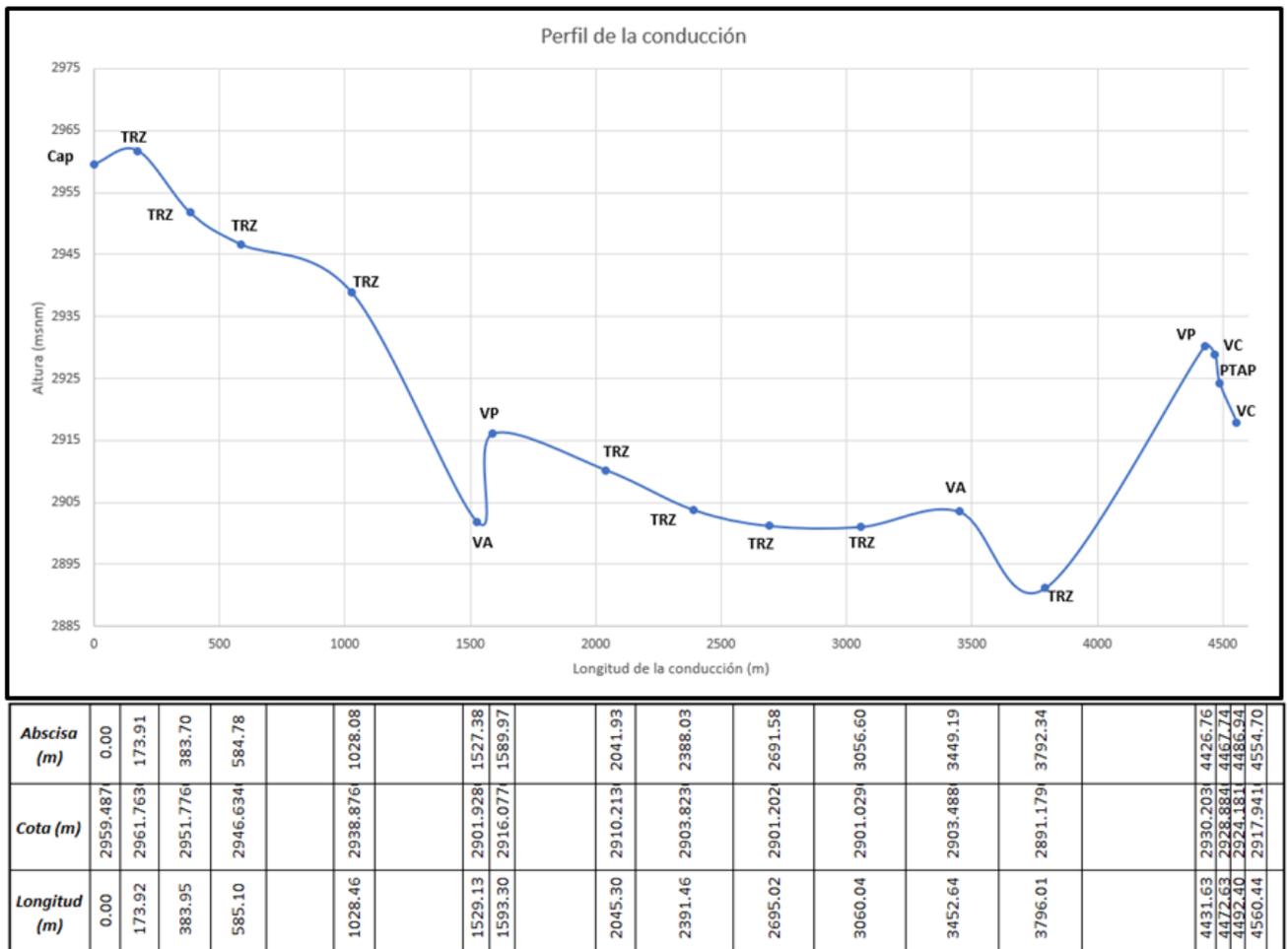


Gráfico 14. Perfil de conducción Pillachiquir.

Hay que recalcar que este perfil es igual a la realidad de la conducción solamente en los puntos hidráulicos tomados y donde la tubería esta sobre la superficie.

#### 3.5.4.1 Evaluación física de la conducción.

La conducción pasa por zonas expuestas a deslizamiento de suelo, por lo que la tubería está expuesta directamente a aplastamiento o roturas. Es así que se ha evidenciado roturas y como solución a esto se han cambiado tramos de tubería.



a).

b).

**Ilustración 80. a). Zona propensa a deslizamientos y b). Tubería rota por deslizamiento de suelo.**

Se ha realizado un agujero a la tubería con el fin de que este actúe como expulsador de aire (aireador). Pero debido a la presión del agua, ésta sale con gran fuerza provocando pérdidas y consecuentemente que el terreno sufra deslizamientos debido a la acumulación de agua en esa área.



**Ilustración 81. Fuga de agua por agujero en la tubería que actúa como “aireador”.**

En los tramos en donde el suelo es propenso a sufrir deslizamientos ha sido colocada tubería de polietileno y hierro dúctil en ciertos casos. Pero esta no está protegida, lo cual conlleva a más de sufrir daños por la intemperie, pueden presentarse daños ya sea por personas ajenas al sistema o porque en toda la zona hay presencia de animales.



Ilustración 82. Tramos de tubería descubiertos.

### 3.5.5 Planta de tratamiento de agua.

De manera general, la planta es una de tipo convencional que utiliza unidades de filtración dinámica, floculación con grava, sedimentación, filtración rápida y desinfección para el tratamiento del agua cruda.

A pesar que la planta fue inaugurada para una capacidad de tratamiento de 7 l/s, normalmente la planta funciona con un caudal de 6 l/s en épocas de verano.

Inicialmente en la planta de tratamiento se tienen dos unidades de filtros dinámicos, los cuales actúan paralelamente, pero cuando se realiza la limpieza de los mismos, mediante el lavado de la grava, el uno se para y se limpia y el otro funciona normalmente y viceversa. Para realizar la limpieza de la grava, se utiliza una bomba, la cual remueve el agua presente en el filtro y con la ayuda de palas se limpia los limos y sedimentos de estos áridos.

Posteriormente el agua ingresa a unos canales en donde se le adiciona por medio de mangueras sulfato de aluminio con una dosis de 30 mg/l. Luego de esto el agua ingresa a floculadores con grava para seguir hacia los sedimentadores y finalmente hacia filtros rápidos que son de forma rectangular. Cada filtro en la planta tiene un desfogue la cual se acciona cuando se realiza el lavado de los filtros.

El último proceso de tratamiento es la desinfección en la cual se le adiciona cloro gas.

3.5.5.1 Esquema de la planta de tratamiento de agua potable.

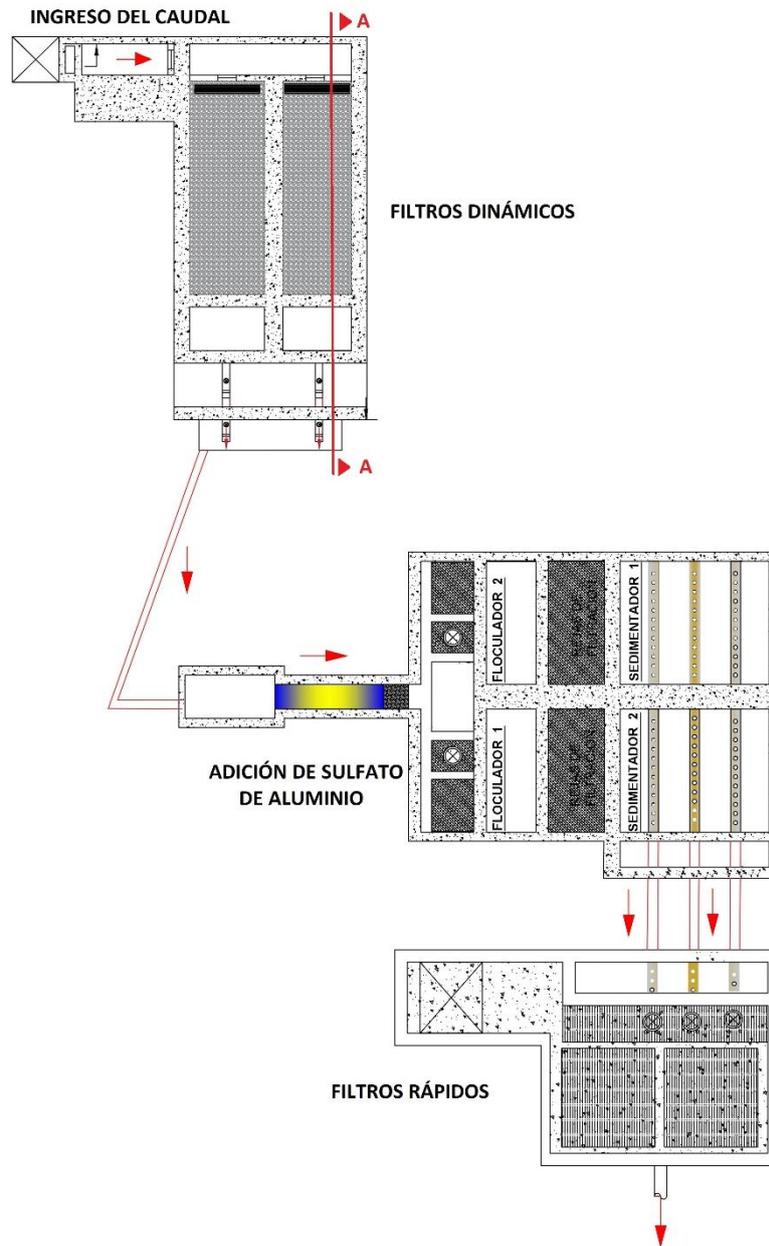


Figura 26. Esquema de la PTAP de Pillachiquir.

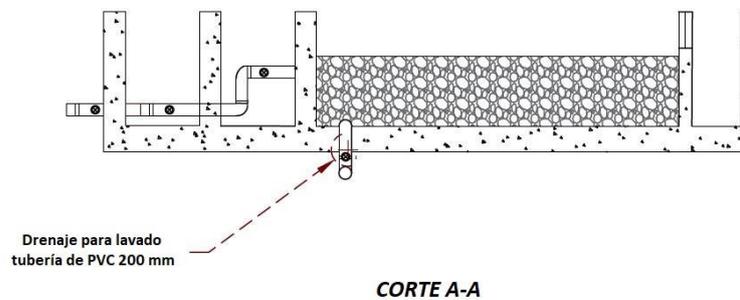


Figura 27. Corte longitudinal del filtro dinámico.

### 3.5.5.2 Evaluación física de la planta de tratamiento.

Los filtros dinámicos no presentan novedades en su funcionamiento. La limpieza de la grava se realiza frecuentemente (3 días) y la bomba utilizada para este fin esta correctamente mantenida. El agua requerida para el lavado de estas unidades se recoge del agua lluvia, la cual se almacena en un tanque que se encuentra junto a estos filtros. Este tanque se encuentra en buen estado, solamente ha sufrido un leve deterioro del recubrimiento de pintura.



Ilustración 83. Filtros dinámicos: a). Lavado del primer filtro y b). Segundo filtro operado normalmente.



Ilustración 84. Tanque utilizado para el lavado de los filtros dinámicos.

En general todas las unidades que hacen parte de la planta de tratamiento se encuentran en buen estado, operando normalmente sin novedades y sin fallas que comprometan su funcionamiento. Únicamente las rejas que protegen estas unidades de acciones externas presentan corrosión lo cual es entendible debido a las condiciones ambientales.



Ilustración 85. Vista de las principales unidades de tratamiento físico y químico.

### 3.5.6 Sistema de distribución.

#### 3.5.6.1 Tanques de almacenamiento.

Los tres tanques de almacenamiento se encuentran dentro del cerco de protección de la planta de tratamiento. De los cuales dos de ellos abastecen a la comunidad de Quingeo y el otro se dirige a un tanque de reserva (40 m<sup>3</sup>) por medio de una estación de bombeo el cual abastece a la zona de La Ramada. La línea de impulsión de agua tratada hacia la estación de bombeo mencionada es de 730 metros aproximadamente de longitud con un diámetro de 63 mm.



**Ilustración 86. Tanques de almacenamiento: 1 y 2 abastecen a Quingeo; 3 abastece a La Ramada.**

Los tanques no presentan novedades a nivel de su estructura, solo han sufrido un deterioro de la capa de pintura lo cual no afecta en la calidad del agua almacenada.

#### 3.5.6.2 Red de distribución.

La red de distribución de este sistema es de tipo ramificada o red abierta de PVC. Está compuesta por tres tipos de diámetro de tubería: 160 mm, 110 mm, 90 mm, 63 mm, 50 mm, 40 mm y 32 mm.

Inicialmente a la salida de los tanques de almacenamiento que suministran el agua potable a Quingeo se tiene una tubería principal de 160 mm de diámetro que posteriormente sufre dos reducciones primero de 110 mm y más adelante a 63 mm; y a lo largo de esta red principal hay ramas de 50 mm y 40 mm de diámetro. La red en el centro parroquial de Quingeo está compuesta por tubería de 90 mm, 63 mm, 50 mm y 32 mm de diámetro.

La otra tubería que sale del tanque de almacenamiento más pequeño (ubicado en la cota 2924 m.s.n.m.) es de 63 mm de diámetro, la cual dirige el agua hacia otro tanque de reserva (40 m<sup>3</sup> ubicado en la cota 3042 m.s.n.m) ubicado a aproximadamente 1.32 km. Para ello hay una estación de bombeo ubicada aproximadamente en la mitad de estos dos tanques mencionados en una cota de 2888 m.s.n.m.

En todo el sistema hay un total de 7 reductores, 3 válvulas de control, 2 tanques de reserva y la estación de bombeo mencionada. La ubicación de estos elementos se presenta en la siguiente tabla.



Fuente: ETAPA EP.

Tabla 13. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen la red de distribución de Pillachiquir.

Item	N	E
RED	9664594.267	730082.886
RED	9664566.707	730165.111
RED	9664573.619	730162.426
RED	9662193.511	726684.575
RED	9662070.214	726729.062
RED	9661663.155	726640.058
RED	9658563.971	724947.515
VC	9664637.999	730066.790
VC	9662193.123	726686.551
VC	9659163.503	725189.978
TRV La Ramada	9658894.515	724049.607
TRV Quingeo	9663072.831	726947.690
EB	9658538.771	724657.019

RED: Reductor.

VC: Válvula de control.

TRV: Tanque de reserva.

EB: Estación de bombeo.

Adjunto a esta tesis (*Anexos C*), se presenta un plano de la red de distribución de este sistema, en donde se puede visualizar de mejor manera según lo dicho anteriormente.

### 3.6 Santa Ana.

#### 3.6.1 Antecedentes y generalidades.

El sistema de tratamiento de Santa Ana abastece a al sector con su mismo nombre. Su mantenimiento y operación están bajo la responsabilidad de ETAPA EP. Su caudal de diseño es de 5 l/s, el cual es frecuentemente sobrepasado especialmente en épocas invernales pudiendo estar entre 5.5 a 6.0 l/s.

El sistema tiene un total de 15 tomas de agua, las cuales todas suman un caudal total de 5 l/s. En la mayor parte de ellas el agua es captada mediante nacientes de agua, tres de ellas se toma el agua del río Chordeleg. En el *Gráfico 15* se puede observar la ubicación de las mismas.

La conducción está comprendida por una serie de tubería que llevan el agua desde todas las captaciones (15) hacia la única planta de tratamiento. Todo este sistema de conducciones tiene un solo diámetro de 50 mm de PVC y sumada todas las conducciones es aproximadamente 26.5 kilómetros de longitud de tubería.

La plata de tratamiento es de tipo convencional que cuenta con los procesos de floculación, sedimentación, pre filtración, filtración con arena y desinfección con cloro gas; que tiene una capacidad de tratabilidad de hasta 5 l/s como se mencionó anteriormente.

En el sistema de distribución se tiene inicialmente un solo tanque de almacenamiento, el cual está ubicado dentro del cerco de la planta de tratamiento; se encuentra semienterrado, está construido de hormigón armado, y tiene una capacidad de 100 m<sup>3</sup>. Estos abastecen al sector de Santa Ana. Según información proporcionada por ETAPA EP actualmente este sistema tiene un total de 1032 medidores registrados.



### 3.6.2 Ubicación.

Se presentan las coordenadas de los componentes y elementos del sistema que han sido obtenidos mediante levantamientos propios y complementando con información de ETAPA EP. Las mismas se especifican en la siguiente tabla y se ilustran en el *Gráfico 15*.

**Tabla 14. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen el sistema de abastecimiento de Santa Ana.**

Item	N	E	Z	Fuente
CAP1	9668017.701	735958.867	3035.000	ETAPA EP
CAP2	9667969.404	736137.187	3038.000	ETAPA EP
CAP3	9668103.227	736268.108	3045.000	ETAPA EP
CAP4	9668145.137	736279.131	3040.000	ETAPA EP
CAP5	9668512.613	736474.039	3100.000	ETAPA EP
CAP6	9668510.148	736384.452	3075.000	ETAPA EP
CAP7	9668977.455	737321.766	3260.000	ETAPA EP
CAP8	9669065.421	737493.202	3280.000	ETAPA EP
CAP9	9669023.501	737352.964	3260.000	ETAPA EP
CAP10	9669322.240	736999.575	3200.000	ETAPA EP
CAP11	9669526.639	737198.215	3240.000	ETAPA EP
CAP12	9668661.000	734437.000	3120.000	ETAPA EP
CAP13	9668717.000	735047.000	3060.000	ETAPA EP
CAP14	9668654.593	735592.630	2999.000	ETAPA EP
CAP15	9669448.000	734598.000	3000.000	ETAPA EP
CAP	9669942.378	737178.287	3042.433	P. levantado
TR	9669933.745	737170.708	3041.235	P. levantado
VA	9669920.209	737145.658	3041.326	P. levantado
TRZ	9669900.741	737126.344	3035.385	P. levantado
TRZ	9669890.981	737116.936	3035.374	P. levantado
VP	9669847.002	736760.770	2997.875	P. levantado
TRZ	9669828.843	736662.324	3004.271	P. levantado
TRZ	9669995.117	736321.462	2995.270	P. levantado
TRZ	9670336.211	735773.985	2957.239	P. levantado
TRZ	9670549.233	735453.204	2965.602	P. levantado
TRZ	9670596.777	734909.580	2914.281	P. levantado
TRZ	9670689.152	734580.662	2913.247	P. levantado
TRZ	9670714.928	734227.185	2976.017	P. levantado
VP	9670556.636	733952.180	2950.221	P. levantado
VC	9670946.065	733678.972	3000.609	P. levantado
PTAP	9670963.762	733675.878	2997.522	P. levantado

*Cap: Captación*

*TR: Tanque recolector*

*VA: Válvula de aire*

*TRZ: Trazado de la tubería*

*VP: Válvula de purga*

*VC: válvula de control*

*PTAP: Planta de Tratamiento de Agua Potable*

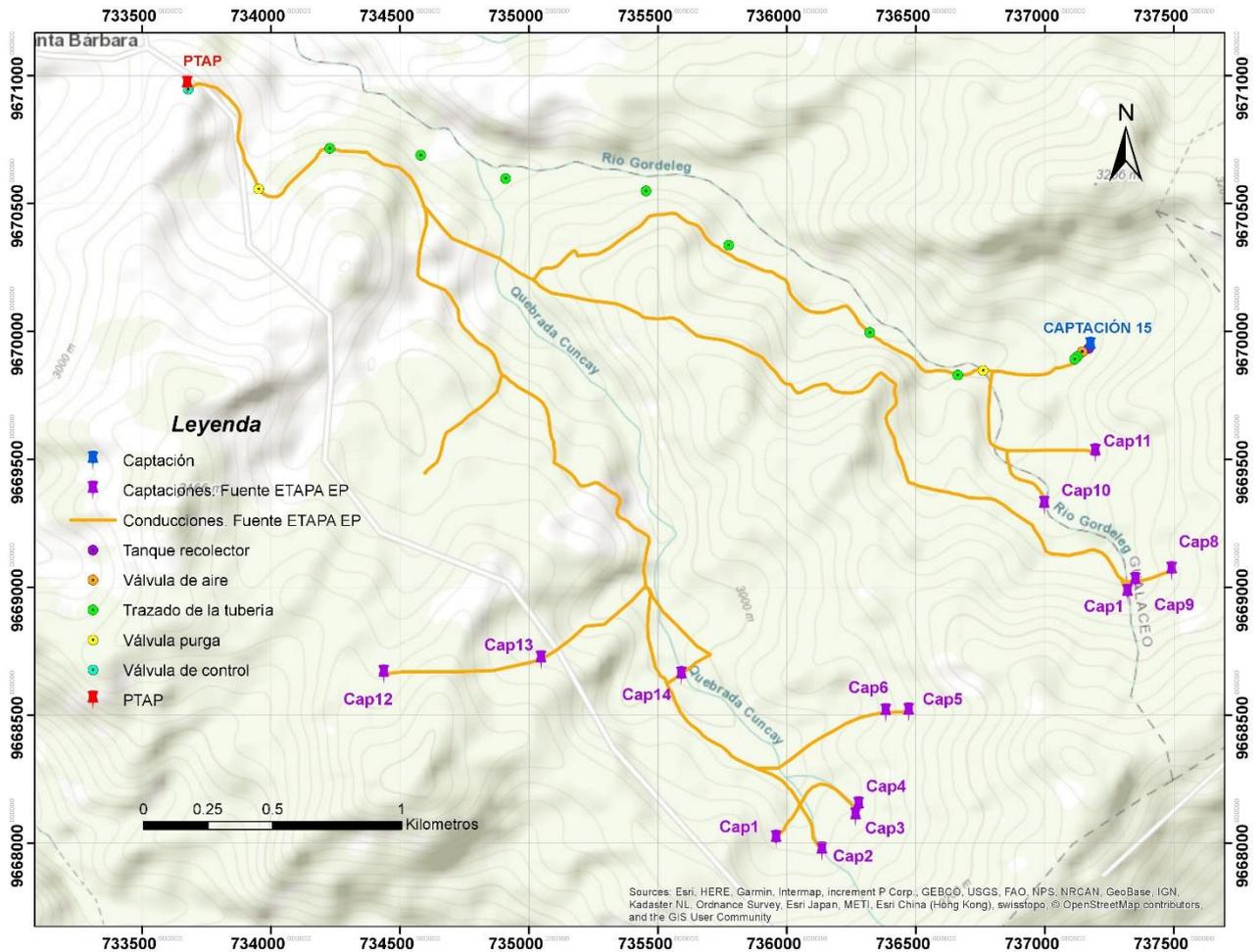


Gráfico 15. Mapa de ubicación de los principales componentes del sistema Santa Ana.

En el gráfico anterior se observan las líneas de color naranja, las cuales representan las conducciones de este sistema, tal información fue proporcionada por ETAPA EP, en donde estos puntos coinciden en la mayoría de los tomados en este trabajo. Hay que recalcar que los puntos del trazado de la tubería son aproximados ya que ésta se encuentra bajo la superficie y se tomaron en base al conocimiento del operador. Solamente hay tres puntos de una tubería que no coinciden con la línea de conducción proporcionada por la Empresa Pública. Entonces se puede concluir que el operador encargado del sistema no sabe realmente la ubicación exacta de por dónde van las conducciones.

### 3.6.3 Captación.

Como ya se mencionó en los antecedentes, hay un total de 15 captaciones (Gráfico 15). De las cuales para el fin de este trabajo se inspeccionó solamente una de ellas (Gráfico 15: "CAPTACIÓN 15"), la cual es una de las más grandes en tamaño. Entonces, a continuación, se va a describir tal captación.

Esta toma de agua es mediante una naciente de agua en la cual hay gran presencia de material vegetal. Toda el agua reunida en este ojo de agua, que tiene una profundidad que varía entre 1.0 m a 1.3 m, se dirige hacia una única tubería de 50 mm de diámetro y posteriormente traslada el agua hacia un tanque recolector ubicado a aproximadamente 15 m de la salida de esta captación. Hay que mencionar que en la tubería de salida hay una especie de malla la cual

actúa como único filtro para evitar en ingreso de grandes sedimentos hacia la conducción. Además, hay otra tubería de 50 mm la cual actúa como desfogue cuando se realiza la actividad de limpieza de la esta captación. Esta limpieza comprende la remoción y retiro del lodo acumulado (Figura 28).

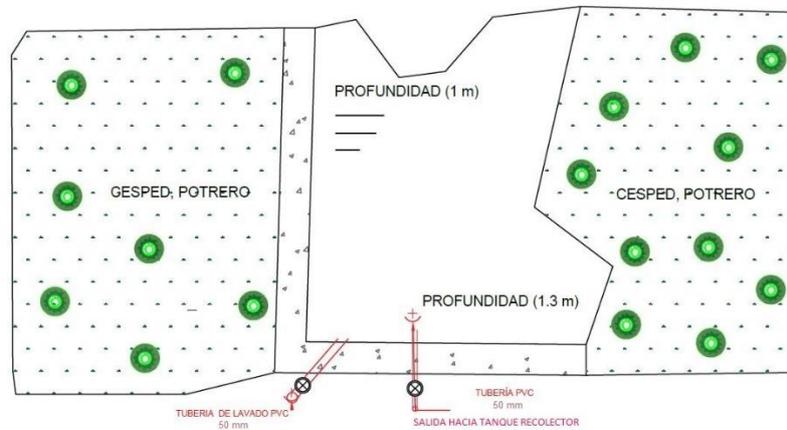


Figura 28. Esquema de la captación (vista en planta).

El tanque de recolector ubicado cerca de la captación, reúne toda el agua de la naciente. Tiene una tubería de desfogue para cuando el volumen de agua excede el del taque, cosa que rara vez acontece.



Ilustración 87. Tanque recolector.

### 3.6.3.1 Evaluación física de la captación.

Dado que esta captación no tiene un diseño como tal, sino solo aprovecha el agua de la naciente y que luego es llevada hacia un tanque recolector mediante una tubería. Por lo cual los únicos elementos a evaluar son el área de la toma, el cerramiento, el tanque recolector y la tubería de salida.

La naciente no tiene una estructura como tal para captar adecuadamente el agua, sino se pudo observar una zanja de forma natural, en la cual no hay ningún tipo de mantenimiento.



**Ilustración 88. Zona de naciente de agua.**

En la zona de ingreso de agua hacia la conducción o hay rastro o evidencia alguna de mantenimiento. La tubería se encuentra muy deteriorada y frecuentemente es susceptible a taponamientos debido a no se realizan limpiezas de sedimentos (lodo), hojarasca y demás vegetación. Además de que el cerramiento que protege el ingreso de personas y animales ajenas al sistema no presenta signos de conservación es así que para ingresar a esta captación solo hay una especie de “puerta” mediante un alambre que amarra una parte de la malla a un poste.



**Ilustración 89. Tubería de desfogue de la captación.**

El tanque recolector se encuentra muy deteriorado, una de las causas es porque se encuentra en una zona húmeda, además de que no se hacen actividades de mantenimiento, como limpieza del tanque.

#### 3.6.4 Conducción.

Como ya se mencionó la conducción está formada por una red de tuberías que llevan el agua tomada de todas las captaciones hacia un único punto, es decir la planta de tratamiento. Todas estas tuberías son de PVC con un diámetro nominal de 50 mm (en su mayoría) y de 63 mm. Para el fin de esta tesis, se realizó únicamente el recorrido de la conducción que lleva el agua desde la captación mencionada en el ítem 3.6.3 hacia la PTAP.

A lo largo de esta conducción se levantaron puntos con coordenadas GPS WGS-84, los cuales se pueden apreciar en el *Gráfico 15*. A continuación, se presenta un perfil de la conducción realizada mediante la toma de puntos de los elementos hidráulicos ubicados a lo largo de la misma. Las coordenadas de estos elementos se pueden observar en la *Tabla 14*.

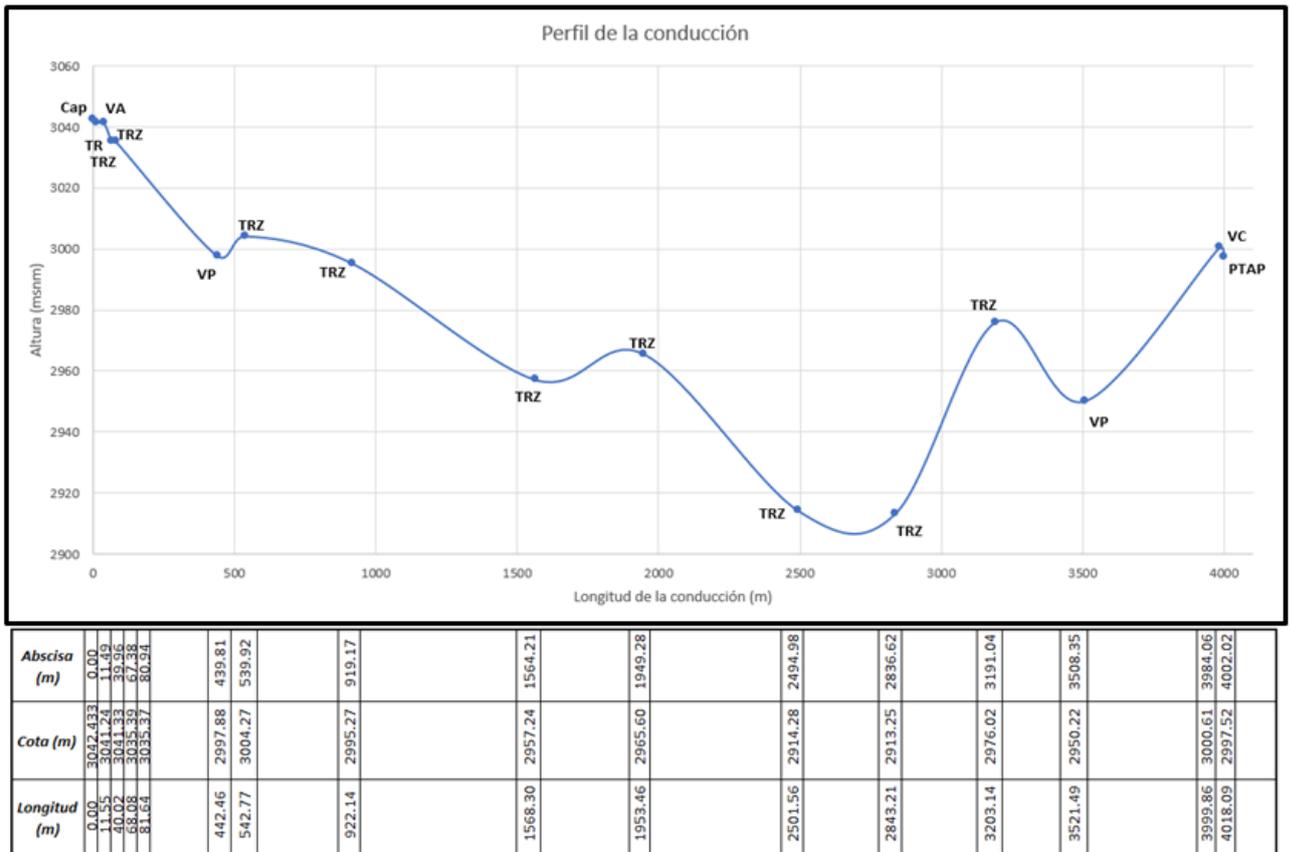


Gráfico 16. Perfil de conducción del sistema Santa Ana.

Hay que recalcar que este perfil es igual a la realidad de la conducción solamente en los puntos hidráulicos tomados, y lo demás es aproximado, ya que seguir la conducción para la toma de puntos resultó dificultoso debido a la complejidad del terreno (vegetación excesiva, cruce de quebradas) y sobre todo el personal a cargo de este sistema no tenía conocimiento claro la travesía de la conducción ya que éste se encuentra enterrada en su mayoría.

### 3.6.4.1 Evaluación física de la conducción.

Inicialmente se vio un elemento de hormigón, el cual actúa como un aireador, pero éste no está cumpliendo su función ya que permite fugas de agua y posterior desbordamiento de agua de esta estructura (Ilustración 90). La inundación de ésta también se debe a que no existe una tapa que la cubra del agua lluvia, lo trae cambios en la calidad del agua debido a la contaminación que está expuesta el agua.



Ilustración 90. Aireadora que presenta fuga y desbordamiento del agua.

Las dos válvulas purga presentes en esta conducción, están rodeadas de maleza y vegetación por lo que fue necesario retirarlas para la inspección. Esta anomalía puede obstruir estas válvulas, además que dé en la zona en donde están presentes hay presencia de ganado, por lo que comprometen el estado físico y funcional de las mismas.



**Ilustración 91. Válvula purga.**

Ciertos tramos de la conducción están sobre la superficie, algunos de ellos pasan por zanjas, zonas de actividad ganadera y hay otros expuestos a deslizamientos.

En conclusión, dado que, para trasportar el agua desde las captaciones hasta la planta de tratamiento, en donde normalmente llegan 5 l/s, se utiliza aproximadamente 26.5 km de longitud de tubería; por lo que realizar un mantenimiento adecuado de todas estas conducciones requiere muchos recursos humanos y materiales. Además de que en caso de presentarse problemas resulta muy difícil la detección inmediata de los mismos debido a la extensa red de tuberías que conducen tan poco caudal.



**Ilustración 92. Conducción expuesta agentes externos.**

### 3.6.5 Planta de tratamiento de agua.

De manera general, la planta es una de tipo convencional que utiliza unidades de floculación, sedimentación, pre filtración, filtración rápida con arena y desinfección para el tratamiento del agua cruda.

Inicialmente en la entrada de la planta se una placa mediante la cual se mide el caudal. Normalmente la planta funciona con un caudal de 5.0 l/s en épocas de verano, que puede llegar entre 5.5 l/s a 5.7 l/s en ocasiones en que el flujo del agua aumenta debido a las condiciones climáticas.

Existe una reserva de reactivos para el proceso de limpieza, estos son el sulfato de aluminio (tipo 2); el cual es suministrado al flujo de agua por el operador que es entrenado para que de una manera muy didáctica puede sin problemas hacerlo dependiendo de las condiciones del agua como la turbiedad y caudal. Una vez suministrado este reactivo, el agua pasa por las unidades de floculación, en donde esta mezcla reacciona para formar flóculos, que luego se aglutinan facilitando así su sedimentación y posterior filtrado.



Ilustración 93. Adición de sulfato en la unidad de floculación.

Posteriormente el agua fluye hacia un sedimentador de placas, en donde luego del proceso de sedimentación el agua pasa hacia un pre filtro de grava por medio de tubos tipo flautas.

Luego el agua pasa hacia las 2 unidades de filtración lenta con arena. Estos filtros son de forma circular. Cada filtro en la planta tiene un desfogue la cual se acciona cuando se realiza el lavado de los filtros.



Ilustración 94. 1.- Pre filtro; 2.- Filtro lentos de arena y 3.- Área de desinfección.



La planta está diseñada para la desinfección mediante cloro gas, pero actualmente por cuestiones de suministro y gestión se usa hipoclorito el cual se diluye en un balde para su aplicación.

3.6.5.1 Esquema de la planta de tratamiento de agua potable.

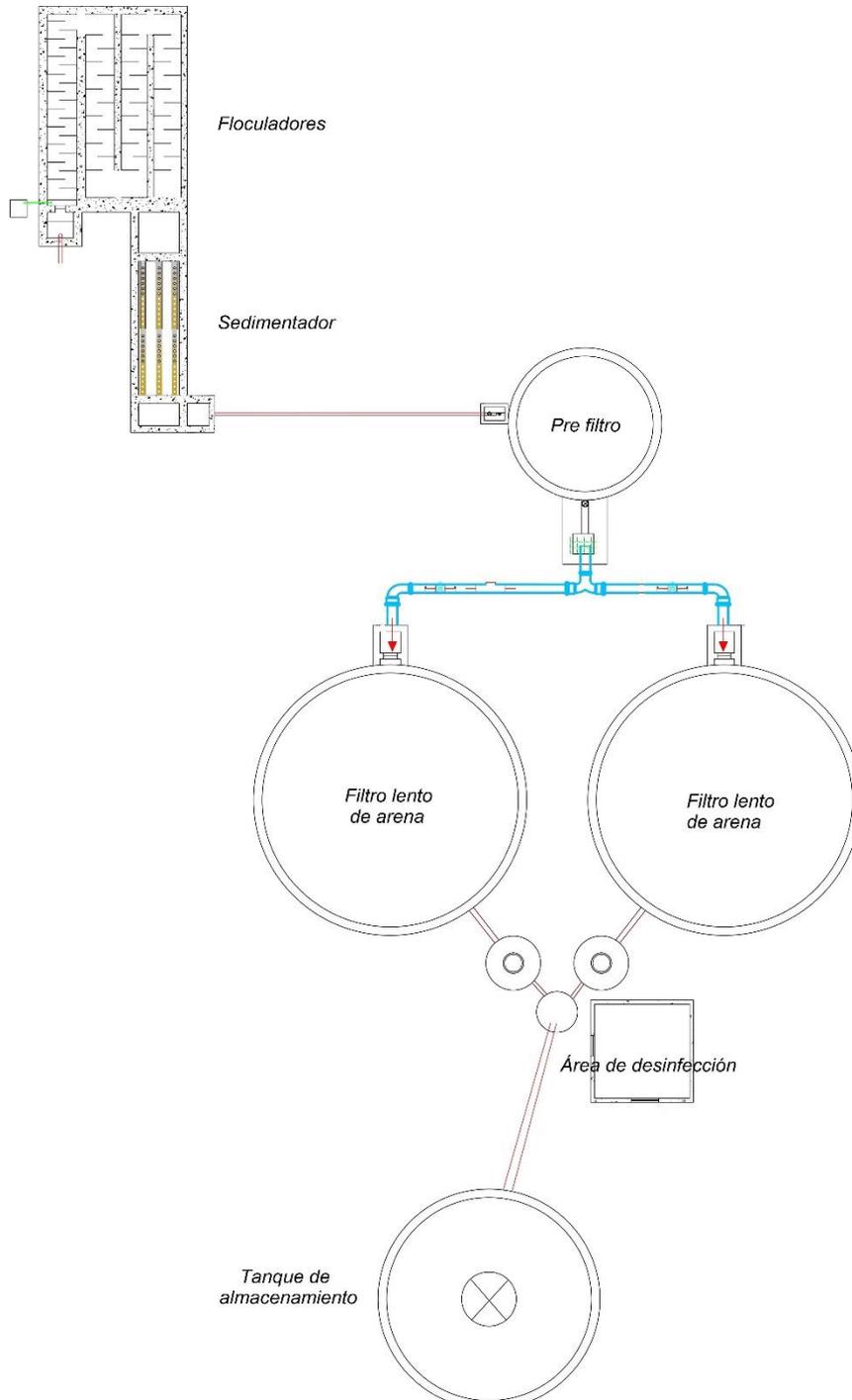


Figura 29. Esquema de la PTAP de Santa Ana.

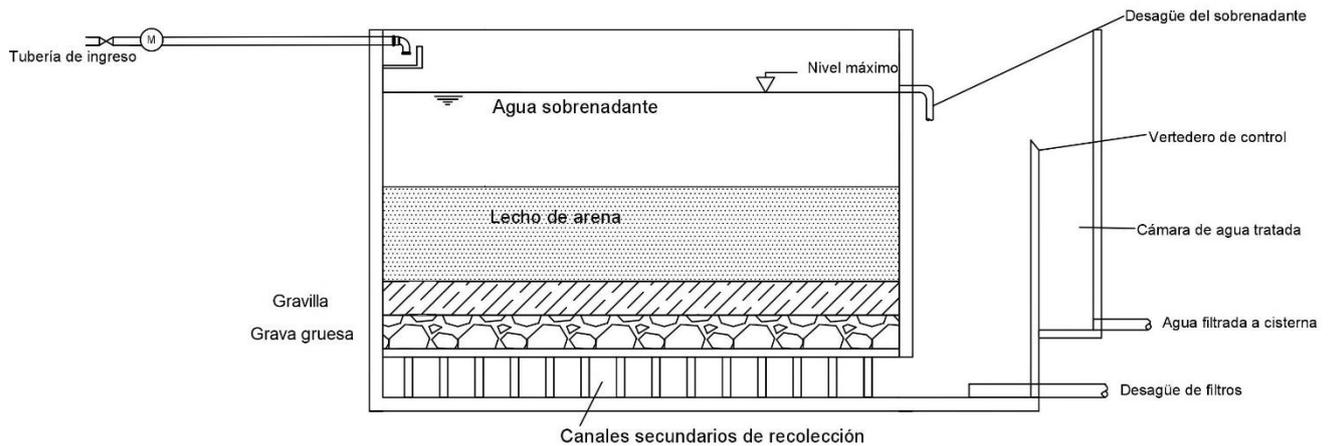


Figura 30. Sección transversal de los filtros lentos de arena.

### 3.6.5.2 Evaluación física de la planta de tratamiento.

La planta de tratamiento ya ha sobrepasado su vida útil, por lo cual la mayor parte de las estructuras no cumplen adecuadamente su función y con ello el tratamiento es muy deficiente. A continuación, se van a describir las anomalías principales.

Inicialmente la planta trabajaba con polímero y sulfato como coagulantes en el proceso de formación de flóculos, hoy en día y desde ya hace un tiempo no se utiliza polímero sino únicamente sulfato de aluminio. Todo esto por cuestiones de gestión misma de la planta.

Otro problema se da en la unidad de floculación ya que éste actualmente sirve como conductor del agua más no se produce una aglutinación de partículas (coloides). Es decir, no realiza la función para la que fue diseñada. Cabe mencionar que las pantallas están muy deterioradas, presentan filtraciones, pandeo y en algunas de ellas el agua pasa sobre las pantallas.



Ilustración 95. Floculadores muy deteriorados.

En general todos los elementos de hormigón están deteriorados, presentan grietas de gran tamaño lo que provoca filtraciones y pérdidas de agua.



**Ilustración 96. Grietas del hormigón.**

La mayoría de los elementos metálicos presentan corrosión debido a las condiciones atmosféricas, a la antigüedad misma y en especial por qué no han sufrido mantenimientos.



**Ilustración 97. Conexión de tubería de acero presenta corrosión.**

### 3.6.6 Sistema de distribución.

El sistema abastece al sector de Santa Ana cubriendo un área aproximada de 1287.3 Ha.

Como ya se mencionó los 5 l/s de agua tratada que genera la PTAP es insuficiente para cubrir toda la demanda de usuarios, es por ello que actualmente los usuarios tienen agua desde las 8 am hasta las 12 pm, el resto de tiempo el operador cierra las llaves de paso presentes en la red de distribución, todo esto con el fin que el nivel de reserva en el tanque de almacenamiento sea el suficiente para el siguiente día.

#### 3.6.6.1 Tanque de almacenamiento.

El tanque de almacenamiento se encuentra semienterrado lo que obliga a que las conexiones se encuentren a cierta profundidad. Tiene un diámetro de 6 metros y una capacidad aproximada de 100 m<sup>3</sup>. No se observan grietas visibles que comprometan la estructura del tanque. Cabe mencionar que el tanque se encuentra dentro del cerco de la planta de tratamiento.

Solamente hay desgaste del recubrimiento de pintura, lo cual no compromete la función del tanque.



Ilustración 98. Tanque de almacenamiento.

### 3.6.6.2 Red de distribución

La red de distribución es de tipo ramificada con diámetros de tubería de 110 mm, 63 mm y 32 mm.

Inicialmente en la salida del tanque de almacenamiento se tiene una tubería de 110 mm, la cual se dirige hacia un tanque de reserva (30 m<sup>3</sup>) ubicado a aproximadamente 600 m de la PTAP. La salida de este tanque tiene dos tuberías, la primera de 110 mm y la segunda de 32 mm. A final de esta primera tubería se tiene un tanque de reserva ubicado en el sector Ugshaloma y posterior a este la tubería se reduce a 63 mm en donde a lo largo de esta última hay tres tranques rompe presión.

Según ETAPA EP, en todo el sistema hay un total de 3 tanques rompe presión y 2 tanques de reserva registrados. La ubicación de estos elementos se presenta en la siguiente tabla.

*Fuente: ETAPA EP.*

Tabla 15. Coordenadas de los principales componentes / elementos que constituyen la red de distribución de Santa Ana.

Item	N	E
TR	9671300.806	731210.547
TR	9671427.804	731436.595
TR	9671528.715	731644.411
TRV	9671615.426	731861.460
TRV	9671143.484	733115.756

*TR: tanque rompe-presión.*

*TRV: Tanque de reserva.*

Adjunto a esta tesis (*Anexos C*), se presenta un plano de la red de distribución de este sistema, en donde se puede visualizar de mejor manera según lo dicho anteriormente.



## 4 Guía de operación y mantenimiento de un sistema de abastecimiento de agua potable

Se ha elaborado una guía básica de operación y mantenimiento de los elementos principales que componen un sistema de abastecimiento de agua potable. Esta guía está compuesta de una serie de ítems por cada componente del sistema (captación, conducción, planta de tratamiento y sistema de distribución). En cada uno de estos ítems se especifica el procedimiento a seguir, frecuencias, personal requerido, material y herramienta a utilizar, y equipo de seguridad. Además, cada uno de estos ítems van acompañados con una respectiva tabla de registro (reporte), en donde se debe especificar las labores realizadas en campo, material utilizado, observaciones encontradas, anomalías presentadas, etc.

En caso que el personal al ejecutar dichas labores encuentre problemas o anomalías que deban ser registrados mediante fotografías, videos o audios, deberán especificarlo en el respectivo reporte de campo, en la subsección “Observaciones”, incluyendo los nombres de los archivos obtenidos, obedeciendo al siguiente formato:

*dd-mm-aa\_N° de archivo tomado\_N° total de archivos tomados\_problema\_elemento\_componente*

### Ejemplos:

*21-03-19\_1\_2\_pandeo de barrotes\_rejilla\_captación.jpg*

*31-12-18\_4\_4\_rotura de tubería\_tubería\_conducción.mp4*

Con el fin de agilizar y facilitar el manejo de esta guía, al final del título de cada ítem se muestra entre paréntesis un código, el cual tiene dos partes. La primera es un numerador de cada actividad para el manejo de tablas de registro y referencias entre especificaciones. La segunda es un identificador el cual puede ser “*Mt.*” en el caso de mantenimiento y “*Op.*” en el caso de operación, sabiendo que la *operación* es el conjunto de actividades que se realizan para que las unidades funcionen bien, mientras que el *mantenimiento* es el conjunto de actividades que se realizan para prevenir los daños que se puedan presentar. Todo esto con el fin de crear una independencia de esta guía con respecto a este trabajo y diferencia las actividades que corresponden a operar del mantener.

Como ya se mencionó cada ítem o actividad tiene su respectiva tabla de registro. Entonces, para asociar a estas dos partes de la guía, cada tabla de registro tiene una numeración. Por ejemplo:

“El.1 - Sección 1.1”, en dónde:

**El:** Elemento.

**1:** Captación (*en caso de 2: conducción, 3: planta de tratamiento, 4: sistema de distribución*).

**Sección 1.1:** actividad 1 de la captación.

“El.3 - Sección 3.10”, en dónde:

**El:** Elemento.

**3:** Planta de tratamiento.

**Sección 3.10:** actividad 10 de la planta de tratamiento.

Con el fin de aclarar lo dicho anteriormente y llevar los registros de una manera estandarizada, se presenta un par de registros, en donde se ha llenado toda la información requerida de forma ilustrativa. Los mismos se exponen más adelante (EJEMPLO 1 REGISTRO y EJEMPLO 2 REGISTRO).

Todas las tablas de registro de presentan en los *Anexos B* de esta tesis.



**EJEMPLO 1 REGISTRO:**

<b>Reporte de campo El.1 - Sección 1.4 a 1.4</b>									
<b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: ATUC-LOMA</b>						<b>Nombre del responsable: Juan Palacios B.</b>			
<b>1. CAPTACIÓN.</b>									
<b>Fecha:</b> 01-ene-19	<b>Hora inicio:</b> 09h00	<b>Hora fin:</b> 10h30	<b>Condición climática:</b>	Soleado	Nublado	X	Lluvioso		
<b>1.1. Limpieza de la rejilla:</b> se debe retirar todo el material retenido en la rejilla(s) y el volumen retirado se aproximará en baldes de 5 galones.									
<b>Actividades realizadas</b>						<b>Material observado</b>		<b>Total de material retirado</b>	
Se realizó la limpieza de las rejillas, también se verificó el estado de los barrotes.						Vegetación	X	Volumen: aprox. 1/2 galón  *Se aproxima en baldes de 5 galones	
						Piedras			
						Residuos	X		
						Otros	chatar		
<b>Observaciones:</b> se encontró mucho residuo, entre plástico, hojarasca y ramas pequeñas. También se notó que los barrotes presentan un leve pandeo. Se presume que las piedras afectaron a los barrotes. Adjunto se presenta fotografías de los barrotes afectados: 23-03-19_1_2_pendeo de barrotes_rejilla_captación.jpeg 28-12-18_2_2_pendeo de barrotes_rejilla_captación.jpeg									

\*\*La vegetación incluye ramas, hojas, etc.

\*\*Los residuos incluyen todo tipo de basura como plásticos, vidrios, cauchos, etc.

\*\*En el ítem 1.2, en caso de encontrar indicios de manipulaciones o forzajes en las válvulas, compuertas y mecanismos de seguridad, se registrará en "observaciones" indicando la ubicación del elemento.

\*\*En el ítem 1.2, cualquier actividad realizada sobre una válvula en específico deberá ser anotada con detalles de las acciones ejecutadas.

  
\_\_\_\_\_  
**Responsable**

**EJEMPLO 2 REGISTRO:**

<b>Reporte de campo El.3 - Sección 3.10</b>									
<b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: SANTA ANA</b>									
<b>3. Planta de tratamiento de agua potable.</b>									
<b>3.10. Medición de caudal, turbiedad, color y nivel de reserva.</b>									
<b>Fecha:</b>	01-ene-19	<b>Condición climática:</b>			Soleado	Nublado	Lluvioso	X	
<b>Hora</b>	<b>Agua Cruda</b>			<b>Agua sedimentada</b>		<b>Agua tratada</b>			
	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Turbiedad (NTU)</b>	<b>Color (UC)</b>	<b>Turbiedad (NTU)</b>	<b>Color (UC)</b>	<b>Turbiedad (NTU)</b>	<b>Color (UC)</b>	<b>N. reserva (%)</b>	
08h00	3	52.3	112	4.39	24	2.42	1	70	
13h00	3.2	49.2	99	4.42	21	2.15	0	50	
17h00	3	48.3	88	5.41	19	2.13	1	70	
20h00	2.9	42.4	86	5.39	19	2.35	1	80	
<b>Observaciones:</b> hay presencia de lluvia durante todo el día. Sin embargo el agua a sido tratada sin mayor dificultad.									



El siguiente manual se ha realizado en base a información recopilada de diferentes manuales, guías, módulos, hay que recalcar que esta bibliografía ha sido solamente un guía, ya que a partir de la cual se ha desarrollado de menor manera y mucho más detallada de acuerdo a las condiciones locales de la zona. La principal referencia que ha servido como información base para el desarrollo de este capítulo es:

- ✓ Módulo 5 (Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable) del Programa Regional de Fortalecimiento de Capacidades.
- ✓ Manual de administración, Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable del programa conjunto de MANCUERNA.
- ✓ Manual IV: Operación, mantenimiento y control de calidad de OPS y CEPIS.
- ✓ Manual III: Operación, mantenimiento y control de la Ing. Lidia Cepeda de Vargas.
- ✓ Tratamiento de agua para comunidades de CINARA.
- ✓ Procedimientos para la operación y mantenimiento de la red de distribución de OPS y CEPIS.
- ✓ Guías para la operación y mantenimiento de sistemas de filtración de múltiples etapas de OPS y CEPIS.
- ✓ Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (conducciones) de SEMARNAT y CONAGUA.
- ✓ Guía para gobiernos locales de OPS y CEPIS.

#### 4.1 Captación.

La captación es un conjunto de obras necesarias para obtener agua de una fuente de abastecimiento. Su operación y mantenimiento son de gran importancia debido a que van a hacer que el sistema funcione en forma continua y eficiente. Así mismo un mantenimiento preventivo va a ayudar a disminuir el riesgo de problemas eventuales.

El responsable encargado de cada sistema debe realizar una breve descripción identificando cada una de las partes constituyentes de la captación; ésta debe ser lo más detallada posible, separando por unidades que son sujetas de mantenimiento, especificando cada componente y su estado. Todo ello se va registrar en el reporte de campo (El.1 - Sección 1), incluyendo un esquema a detalle (en lo posible realizar un catastro) de la estructura de la captación, desde la rejilla de entrada hasta el desarenador.

En los siguientes ítems se van a especificar cada una de las labores de operación y mantenimiento que el personal debe realizar en las obras de la captación. La frecuencia de dichas labores está establecida en cada una de ellas, sin embargo, algunas de estas frecuencias se deben establecer según las características propias de cada sistema, en función de la época del año; para ello, se puede tener un seguimiento durante un cierto tiempo (1 - 2 años), para que al final del mismo se pueda establecer de manera mucho más clara la frecuencia de realización de estas actividades que van a ser propias de cada sistema.

En algunas de las actividades se pide cuantificar aproximadamente el volumen de material procedente de la limpieza de ciertos elementos, esto se realiza con el fin de tener un registro de sedimentos, hojarasca, etc.

Cada una de las actividades van adjuntadas con una tabla de registro o reporte de campo, en ella se deben detallar las labores realizadas, anomalías presentadas, desperfectos encontrados, el material utilizado, etc. El registro es de suma importancia y se lo realiza además de tener una evidencia de la



actividad realizada, para tener datos, fechas y estadísticas que van a servir para la posterior toma de decisiones.

**Frecuencia en la captación:** todas las actividades de la captación van a tener la misma frecuencia, es decir que cuando se visite este componente se van a realizar todas las actividades que se van a describir en los siguientes ítems. Esta frecuencia se va a establecer en función de las características locales de cada captación, de la época del año, de la variación de caudal de llegada a la PTAP, de los materiales de construcción empleados etc. Sin embargo, la captación debe ser visitada por lo menos cada dos meses en épocas de verano y cada mes en época de invierno.

Los tiempos de las actividades de operación y mantenimiento que se establezcan no deberán ser mayores a los indicados anteriormente.

#### 4.1.1 Limpieza de la rejilla (1.1–Op.).

**Descripción:** se deberán retirar los materiales retenidos (hojas, ramas, piedras, etc.) en los barrotes de la reja mediante un rastrillo, el material retirado será colocado en baldes con el fin de aproximar el volumen de material en galones, y se deberá registrar en el reporte de campo. La limpieza de la rejilla se realizará con cepillo metálico (nunca usar jabón o detergente).

El personal encargado de realizar la actividad siempre deberá contar con la indumentaria de seguridad necesaria (casco, botas de hule, guantes, arnés de seguridad); y debido al riesgo que puede representar esta labor se la debe realizar entre dos personas con el fin de prevenir algún accidente.

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte de campo (El.1 - Sección 1.1).

**Herramientas:** rastrillo, cepillo metálico, baldes, machete.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

#### 4.1.2 Revisión y ajuste de válvulas, compuertas y elementos de seguridad (1.2-Op.).

**Descripción:** verificar el estado funcional tanto de las válvulas, compuertas, picaportes, aldabas, bisagras, candados. Revisar las válvulas con el fin de que no se endurezcan, para ello, girar en sentido horario y antihorario. Además, aplicar lubricante a todos estos elementos, para esto se utilizará una brocha o cepillo.

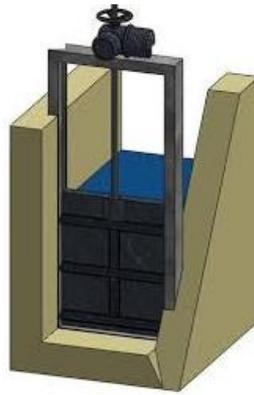
Reportar en el registro de campo (El.1 - Sección 1.2) cualquier anomalía como rotura o pérdida de candados, indicios de forzamiento o apertura de las válvulas o compuertas.

En caso de presentarse algún desperfecto que se lo puede reparar de manera inmediata con la herramienta disponible se lo deberá hacer; caso contrario si el daño es mayor, se registrará en el reporte de campo (El.1 - Sección 1.2) y se informará inmediatamente.

- **Compuertas:** se utilizan para abrir o cerrar el paso del agua, y se las pueden manejar de manera manual o hidráulica.
  - **Mantenimiento:** en el reporte de campo (El.1 - Sección 1.2) se registrará la ubicación y el estado de la compuerta sobre la que se trabajará.



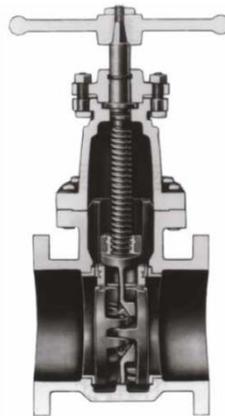
- Se las debe manipular girando en sentido horario y antihorario, también se aplicará lubricante.



*Fuente: (Fábrica de compuertas Riego Nacional S.A, s.f.).*

**Figura 31. Esquema de una compuerta.**

- **Válvulas de compuerta:** permiten el paso del agua en posición completamente abierta y lo restringe cuando se encuentra completamente cerrada; cuando la válvula se encuentra abierta mantienen la misma sección que la tubería a la cual está conectada.



*Fuente: (CONAGUA; SEMARNAT, s.f.).*

**Figura 32. Esquema de una válvula de compuerta.**

- Las válvulas serán lubricadas y accionadas para impedir su endurecimiento. La cantidad y marca de lubricante utilizado se anotará en el registro de campo (El.1 - Sección 1.2).
- En caso de encontrar fugas en la válvula se deberá realizar el siguiente proceso:
  - a. Cerrar en su totalidad la válvula, lentamente para evitar efectos de golpe de ariete, y asegurarse de que no se esté operando durante el tiempo de trabajo.
  - b. Vaciar las tuberías que estén junto a la válvula.
  - c. Identificar puntos de fuga de agua.
  - d. Determinar si existen daños en los empaques, en el anillo de retén o en el asiento del cuerpo. En caso de encontrar daños en los componentes de la válvula se registrará en el reporte de campo (El.1 - Sección 1.2), y se notificará inmediatamente al encargado de la reparación, solicitando los materiales requeridos.
  - e. Finalmente se ajustarán los tornillos en la zona afectada. (El chequeo y ajuste de tornillos se deberá realizar cada mes).



f. Abrir lentamente la válvula, deberá estar abierta en su totalidad.

\* Las válvulas de compuerta siempre deberán trabajar totalmente cerradas o abiertas. No se admite un estado intermedio.

**Frecuencia:** cada tres meses.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** lubricante, reporte de campo (El.1 - Sección 1.2).

**Herramientas:** brocha o cepillo.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

#### 4.1.3 Medición de caudal y turbiedad (1.3-Op.).

**Descripción:** para una medición de caudal ideal, se debe adecuar una sección de la estructura en donde se pueda realizar la medición mediante una regleta (escala limnimétrica). En caso de no contar con el espacio acondicionado para la medición de caudal, se debe tomar por lo menos 3 medidas de caudal y luego realizar un promedio, para esto se lo debe realizar con un caudalímetro.

Abrir o cerrar las compuertas de ingreso a la captación con el fin de regular el caudal que va a ser tratado en la planta. Si el caudal es mayor a la capacidad de tratamiento, éste se lo deberá enviar por el vertedero de excesos.

Así mismo, se deberá medir la turbiedad en la captación. Para realizar esta actividad se deberá asegurar que los tubos de la muestra estén perfectamente limpios por dentro y por fuera, sin huellas digitales o ralladuras, se debe usar un poco de aceite de silicón para cubrir imperfecciones del vidrio y así no afectar el resultado.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** aceite de silicón, tubos de ensayo, reporte de campo (El.1 - Sección 1.3).

**Herramientas:** aforador de caudal, medidor electrónico de turbiedad.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule.

#### 4.1.4 Limpieza y lavado del desarenador (1.4-Op.).

**Descripción:** se tiene que realizar una limpieza completa de la estructura del desarenador, tanto de la cámara de entrada, cámara de sedimentación y cámara de salida.

Se realizará la evacuación de lodos, esto con el fin de evitar la colmatación de la unidad y que la turbiedad de salida al desarenador sea semejante a la turbiedad de entrada a la unidad.

La limpieza del desarenador se realizará mediante el siguiente proceso:

- a. Cerrar la válvula de entrada.
- b. Abrir la válvula de desagüe y esperar a que a que se desocupe el desarenador.
- c. Remover todo el lodo y sedimentos adheridos tanto en las paredes interiores como acumulado en el fondo de las cámaras (entrada, sedimentación y salida). Para ello usar pala, escoba y cepillo.

- d. Limpiar las paredes exteriores con agua, escoba y cepillo.
- e. Se retirará todo el material adherido a la estructura (arena, hojas, algas, etc.), para ello usar un cepillo metálico (nunca usar jabón o detergente).
- f. Cerrar la válvula de desagüe, e inmediatamente abrir la válvula de entrada para el paso normal del agua.



Fuente: adaptado de (CEPIS; OPS, 2005).  
Figura 33. Limpieza de un desarenador.

El personal encargado de realizar la actividad siempre deberá contar con la indumentaria de seguridad necesaria (casco, botas de hule, guantes, arnés de seguridad) debido al riesgo que puede representar esta labor; se debe realizar entre dos personas con el fin de prevenir algún accidente.

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte de campo (El.1 - Sección 1.4).

**Herramientas:** pala, escoba, cepillo metálico.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, gafas y mascarillas de protección, arnés.

#### 4.1.5 Revisión y limpieza del canal de derivación y canal de lavado (1.5-Mt).

**Descripción:** realizar una inspección general del canal, para ello verificar si existen grietas, filtraciones, fugas, o cualquier otra anomalía; y se registrará en el reporte de campo (El.1 - Sección 1.5).

La limpieza del canal se realizará mediante el siguiente proceso:

- a. Vaciar el canal de derivación, desviando el caudal de agua de entrada.
- b. Retirar el sedimento de mayor tamaño que se haya depositado en el fondo del canal, mediante el uso de una escoba.
- c. Retirar el material que se encuentre adherido a la estructura (arena, hojas, algas, etc.), para ello se requiere limpiar con cepillo metálico las paredes y el piso (nunca usar jabón o detergente).

Debido al posible riesgo de un accidente, las actividades deben hacerse entre dos personas. Los encargados deberán siempre contar con el equipo de seguridad (casco, botas de hule, guantes, arnés).

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte de campo (El.1 - Sección 1.5).

**Herramientas:** escoba, cepillo metálico, pico, pala, machete.

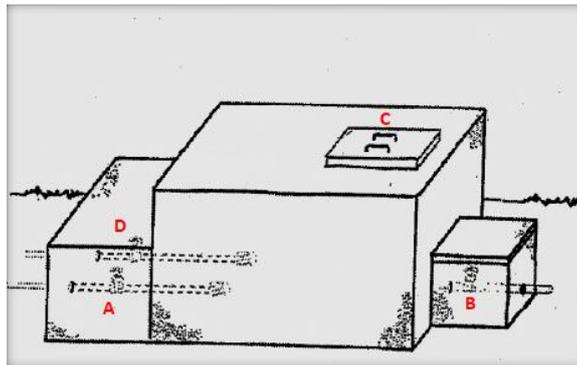
**Equipo de seguridad:** botas de hule, casco, guantes, arnés.

#### 4.1.6 Revisión y limpieza del tanque(s) recolector(es) (1.6-Mt).

**Descripción:** realizar una inspección general del tanque recolector, para ello verificar si existen grietas, filtraciones, fugas, o cualquier otra anomalía; anotar cualquier novedad en el reporte de campo (El.1 - Sección 1.6).

Se requiere realizar una limpieza del tanque recolector (caja reunidora) en un mínimo tiempo posible con el fin de no afectar la reserva presente en la planta de tratamiento. Para ello se debe seguir el siguiente procedimiento (ver Figura 34):

- Cerrar la válvula de salida (A) y de entrada del tanque (B).
- Quitar la tapa del tanque (C).
- Abrir la válvula de drenaje (D).
- Retirar todo material adherido al tanque como hojas, arena, musgos, algas, etc., y luego limpiar con cepillo metálico las paredes y piso (nunca usar jabón o detergente).
- Al ingresar al tanque, usar botas de hule limpias con el fin de evitar cualquier contaminación externa.
- Dejar correr el agua por el desagüe unos pocos minutos, terminado, cerrar la válvula de drenaje (D).



*Fuente: adaptado de (PC MANCUERNA, 2011).*

**Figura 34. Esquema de un tanque recolector.**

Se deberá contar con el equipo de seguridad (casco, botas de hule, gafas y mascarilla de protección, guantes, arnés de seguridad). En zonas remotas o que presenten algún daño de peligrosidad, se debe que ir acompañado con el fin de prevenir algún accidente (dos obreros).

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte de campo (El.1 - Sección 1.6).

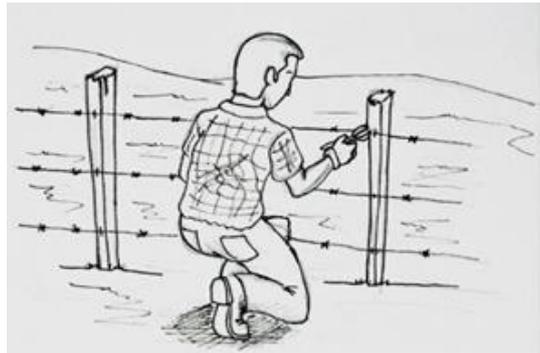
**Herramientas:** escoba, cepillo metálico, picos, pala, machete.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, gafas y mascarilla de protección, guantes, arnés.

#### 4.1.7 Revisión y limpieza general de la unidad (1.7-Mt).

**Descripción:** realizar una limpieza general de toda la unidad, en donde se deberá quitar la maleza, hojas, troncos, vegetación y demás residuos. Se debe verificar que no haya afectación sobre la estructura de hormigón.

Además, revisar minuciosamente el cerramiento que se encuentra alrededor de la captación. Si en algún caso se presenta rotura, deterioro de los postes o la malla se encuentra en mal estado, tratar de repararla de inmediato con las herramientas disponibles a mano o si el daño es mayor se deberá registrar en el reporte de campo (El.1 - Sección 1.7) e informar al profesional encargado del sistema.



*Fuente: adaptado de (PC MANCUERNA, 2011).*

**Figura 35. Revisión del cerramiento.**

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** clavos, alambre de púa, reporte de campo (El.1 - Sección 1.7).

**Herramientas:** escoba, cepillo metálico, picos, pala, machete, alicate.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, gafas y mascarilla de protección, guantes, arnés.

#### 4.1.8 Estado del metal y pintura (1.8-Mt.).

**Descripción:** verificar el estado del metal y de la pintura anticorrosiva de las estructuras metálicas. Los elementos que presenten corrosión se los deberá raspar mediante un cepillo metálico, limpiar y aplicar nuevamente la pintura anticorrosiva.

En el reporte de campo (El.1 - Sección 1.8), se deberá registrar el código, cantidad, de la pintura usada, y las anomalías presentadas en el estado del metal, como pérdida de sección, oxidación excesiva, pandeo de ciertos elementos, etc.

**Personal requerido:** peón, albañil.

**Materiales:** pintura anticorrosiva, reporte de campo (El.1 - Sección 1.8).

**Herramientas:** cepillo metálico, brochas, baldes.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.



## 4.2 Conducción.

La conducción es el componente mediante el cual se realiza el transporte de agua cruda proveniente de la captación, en donde aún no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento, potabilización y desinfección. Por lo tanto, la conducción es el conjunto de obras o red de tuberías que permiten transportar el agua cruda desde la captación hasta la planta de tratamiento, ya sea por gravedad o bombeo.

El responsable encargado de cada sistema, debe realizar una descripción identificando cada una de las partes constituyentes de la conducción. Ésta debe ser lo más detallada posible, separando por unidades que son sujetas de mantenimiento, especificando cada componente y su estado. Todo ello se va registrar en el reporte de campo (El.2 - Sección 2), incluyendo un esquema a detalle (en lo posible realizar un catastro) de todos los componentes constituyentes de la conducción.

En el conjunto de obras ubicadas a lo largo de la conducción, se encuentran tanques distribuidores de caudal, tanques rompe presión, ventosas o válvulas aireadoras, válvulas de limpieza o purga. El conjunto de actividades que se especifican en los siguientes ítems están destinados a la realización de la operación y mantenimiento preventivo de los elementos antes mencionados.

Para la desinfección de los elementos se utilizará cloro líquido, hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio, la cantidad utilizada de este desinfectante deberá ser registrada.

Cada una de las actividades van adjuntadas con una tabla de registro o reporte de campo, en ella se deben detallar las labores realizadas, anomalías presentadas, desperfectos encontrados, el material utilizado (cantidad), etc. El registro es de suma importancia y se lo realiza además de tener una evidencia de la actividad realizada, para tener datos, fechas y estadísticas que van a servir para la posterior toma de decisiones.

**Frecuencia en la conducción:** todas las actividades de la conducción van a tener la misma frecuencia, es decir, que cuando se visite este componente se van a realizar todas las actividades que se van a describir en los siguientes ítems. Esta frecuencia se va a establecer en función de las características topográficas, hidrológicas, climatológicas, geológicas, de los materiales de construcción empleados, etc. Sin embargo, este componente debe ser visitado por lo menos cada dos meses en épocas de verano y cada mes en época de invierno.

Los tiempos de las actividades de operación y mantenimiento que se establezcan no deberán ser mayores a los indicados anteriormente.

### 4.2.1 Revisión general de la tubería (2.1–Op.).

**Descripción:** se debe mantener despejada el área adyacente a la tubería o cualquier medio de conducción (canal); quitando la maleza, ramas, hojarasca con el fin de facilitar la inspección.

Realizar recorridos a lo largo de la tubería con el fin de verificar su estado y detectar riesgos de inestabilidad del suelo. Si se presenta esta anomalía (deslizamiento o asentamiento del suelo), reportar en el registro de campo (El.2 - Sección 2.1) e informar de manera inmediata al profesional a cargo del sistema.

Debe verificarse que ningún tramo de la tubería quede expuesto al sol, sobre todo si el material es de PVC o polietileno, ya que éste afecta la flexibilidad y la resistencia de la tubería. Si se presenta esta



situación, debe reportarse la longitud y ubicación del tramo descubierto en el registro de campo (El.2 - Sección 2.1).

En tramos donde la tubería tiene pasos aéreos o pasos de zanjón, se debe realizar una inspección general de las estructuras y verificar que no haya ningún peligro de pandeo o deterioro del armazón y elementos de hormigón.

Al realizar el recorrido por la conducción, detectar fugas, filtraciones y roturas de la tubería. Si la tubería se encuentre enterrada, se deberá aforar tanto el caudal de entrada como de salida de la conducción, para compararlos e identificar posibles pérdidas; también se podrá realizar estos aforamientos de caudales en tanques rompe presiones con el fin de identificar de forma más puntual el tramo de la conducción en donde se generan las pérdidas. Para una medición de caudal ideal, se debe adecuar una sección de la estructura en donde se pueda realizar la medición mediante una regleta (escala limnimétrica). En caso de no contar con el espacio acondicionado para la medición de caudal, se debe tomar por lo menos 3 medidas de caudal y luego realizar un promedio, para esto se lo debe realizar con un caudalímetro. Estas mediciones de caudal se deben registrar en el reporte de campo (El.2 - Sección 2.1) y la ubicación de los mismos se especificarán en la sección "Observaciones" del reporte.

En caso de presentarse fugas, pérdidas o roturas de la tubería que se la puede reparar de manera inmediata con la herramienta disponible se lo deberá hacer; caso contrario si el daño es mayor, se registrará en el reporte de campo (El.2 - Sección 2.1, sección observaciones) y se informará inmediatamente.

Debido a la naturaleza de las actividades que deben hacerse, existe riesgo de accidentes, por lo que la actividad debe hacerse entre dos personas. Los encargados de la actividad deberán siempre contar con el equipo de seguridad (casco, botas de hule, guantes, arnés).

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** alambre de amarre, pegamentos, uniones, secciones cortas de tubería, reporte de campo (El.2 - Sección 2.1).

**Herramientas:** machetes, pico, pala, alicate, alambre.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

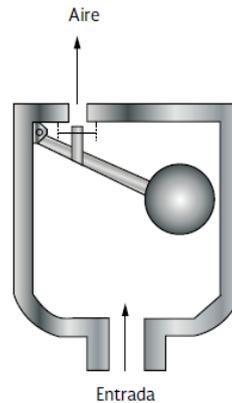
#### 4.2.2 Revisión y limpieza de las válvulas de aire o ventosas (2.2-Op.).

**Descripción:** el aire disuelto en el agua o aquel que queda dentro de la tubería, tiende a depositarse en los puntos más altos del perfil de la tubería. Por lo que la cantidad de aire que puede acumularse disminuye la sección de la tubería y, por tanto, reduce la capacidad de la conducción. Las válvulas automáticas de aire permiten tanto la salida del aire como su ingreso.

Realizar una inspección general del tanque en donde se encuentra la válvula, para ello verificar si existen grietas, filtraciones, fugas, o cualquier otra anomalía en la estructura; anotar cualquier novedad en el reporte de campo (El.2 - Sección 2.2, sección "Observaciones").

Se debe retirar todo el material presente en el tanque en donde se encuentra la válvula de aire, como hojarasca, tierra, arena, musgos, etc. Para ello usar una escoba y cepillo.

Verificar que las válvulas cumplan su función principal, es decir que expulsen aire; si se observa que lo anterior no se cumple, registrar en el reporte de campo (El.2 - Sección 2.2) e informar de manera inmediata al profesional a cargo del sistema. Inspeccionar el tanque y la zona alrededor de las válvulas con el fin de verificar que no se encuentren con agua. Además, revisar internamente la válvula de aire con el fin de verificar si existe óxido. Si se presenta tal situación anotar en el reporte de campo.



Fuente: (CONAGUA; SEMARNAT, s.f).

Figura 36. Esquema de una válvula eliminadora de aire.

\*Lo indicado anteriormente se debe realizar para cada caja de válvula aireadora, y así mismo tener un registro para cada una de ellas.

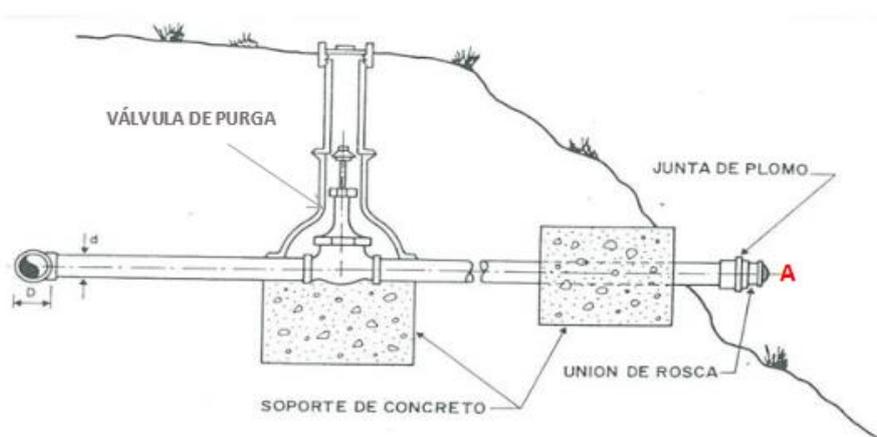
**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** reporte de campo (El.2 - Sección 2.2).

**Herramientas:** escoba, cepillo.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes.

#### 4.2.3 Acción y revisión de las válvulas de purga (2.3-Op.).



Fuente: (Arocha, 1980).

Figura 37. Corte transversal de una purga.

**Descripción:** abrir las válvulas de purga con el fin de drenar los sedimentos acumulados en las tuberías. Esta actividad se realizará en las horas de bajo consumo y cuando el tanque de reserva ubicado en la



planta de tratamiento se encuentre a un nivel alto (mayor a 70%). El tiempo que tarde en mantener la purga abierta va a depender de la cantidad de sedimentos que exista en la conducción.

Seguir el siguiente procedimiento (CEPIS; OPS, 2005):

Revisar el funcionamiento de las purgas haciendo girar lentamente para evitar el golpe de ariete; las válvulas deben abrir o cerrar fácilmente. Para esto se utilizará la llave maestra.

Verificar que los pernos y tuercas estén suficientemente apretados con el fin de evitar fugas.

Revisar el estado del vástago o eje del tornillo, observando si se encuentra torcido o inmovilizado debido al óxido. Cualquier anomalía registrar en el reporte de campo (El.2 - Sección 2.3, sección "Observaciones").

Inspeccionar las cajas en donde se encuentran las purgas, observando si hay filtraciones, destrucciones externas, empozamiento alrededor de ellas, tierra acumulada sobre las cajas, candados o elementos de cierre en mal estado, etc. Se deberá informar si es necesario reemplazarlas según sea el estado en la que se encuentran las válvulas. Anotar cualquier novedad en el reporte de campo (El.2 - Sección 2.3, sección "Observaciones").

Se debe retirar todo el material presente en el tanque en donde se encuentra la purga, como hojarasca, tierra, arena, musgos, etc. Para ello usar una escoba y cepillo.

\*Lo indicado anteriormente se debe realizar para cada caja purga, y así mismo tener un registro para cada una de ellas.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** reporte de campo (El.2 - Sección 2.3).

**Herramientas:** llave maestra para abrir las purgas, escoba, cepillo.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes.

#### 4.2.4 Revisión de equipo de bombeo (2.4-Op.).

**Descripción:** para ejecutar el mantenimiento de los equipos de bombeo debe revisarse en las especificaciones dadas por el proveedor de cada equipo. Sin embargo, a continuación, se van a resumir algunas actividades generales.

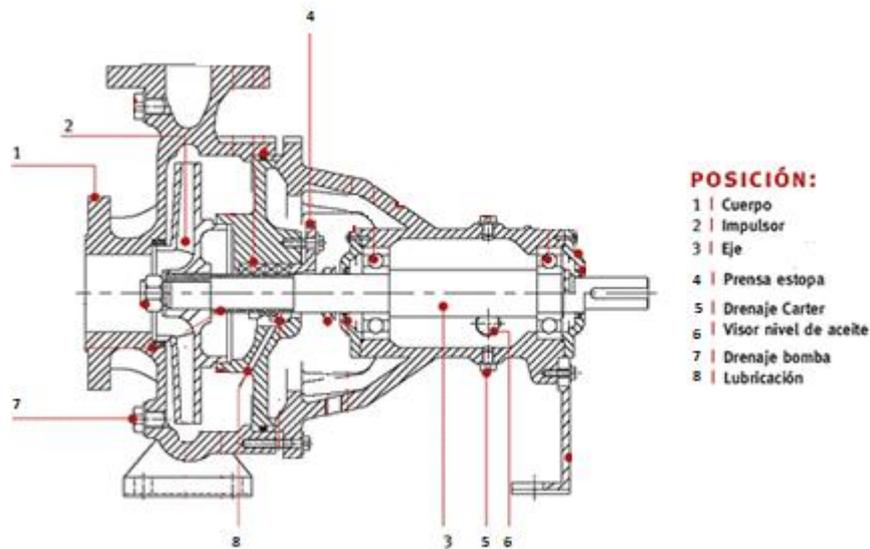
Revisar los niveles de combustible y lubricación tanto del motor como del eje de la bomba. Cambiar el aceite del cárter (*Figura 38: pieza 5*). Y en general mantener lubricados todos los tornillos y demás elementos que componen el motor de la bomba. Además, se debe verificar que los pernos y tuercas estén suficientemente apretados para evitar fugas.

Chequear la prensa estopa (*Figura 38: pieza 4*) y ajustar de ser necesario. Limpiar o soplear con aire limpio y seco la superficie del motor y sus partes internas.

En general se debe registrar en el reporte de campo (El.2 - Sección 2.4) y reportar cualquier síntoma de mal estado de funcionamiento de los equipos de bombeo.

Realizar una inspección general de la estructura en donde se encuentran los equipos de bombeo, para ello verificar si existen grietas, filtraciones, fugas, o cualquier otra anomalía en la estructura; y

registrarlas en el reporte de campo (El.2 - Sección 2.4, sección “observaciones”). Además, se deberá limpiar toda el área en donde se encuentra los equipos de bombeo.



Fuente: adaptado de (Perez, 2014).

Figura 38. Piezas principales que se encuentran en una bomba.

**Frecuencia:** las actividades descritas en este ítem son sólo una referencia de las principales labores que deben ejecutarse. Las frecuencias deben establecerse según las características del sistema y en función de las especificaciones dadas por el proveedor de cada equipo.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** combustible, lubricante (aceite), reporte de campo (El.2 - Sección 2.4).

**Herramientas:** escoba, cepillo metálico, brochas, llaves, desarmador.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

#### 4.2.5 Revisión y ajuste de válvulas, tapas y mecanismos de seguridad (2.5-Op.).

**Descripción:** realizar un recorrido a lo largo de toda la conducción con el fin de verificar el estado funcional de todos los tipos de válvulas existentes en la conducción, tapas, picaportes, aldabas, bisagras y candados de todos los elementos que componen la conducción, es decir, tanques distribuidores de caudales, tanques rompe presión, válvulas de aire o ventosas, purga. Revisar las válvulas con el fin no se endurezcan, para ello, girar lentamente en sentido horario y antihorario para evitar el golpe de ariete. Además, aplicar lubricante a todos estos elementos, para esto se utilizará una brocha o cepillo. La cantidad y marca de lubricante utilizado se anotará en el registro de campo (El.1 - Sección 2.5). No olvidar dejar las válvulas tal como se encontraron, totalmente abiertas o cerradas (no se admite un estado intermedio).

Reportar cualquier anomalía como rotura o pérdida de candados, indicios de forzamiento o apertura de las válvulas o tapas de tanques, para ello, anotar en el reporte de campo (El.2 - Sección 2.5).

En caso de presentarse algún desperfecto que se lo puede reparar de manera inmediata con la herramienta disponible se lo deberá hacer; caso contrario si el daño es mayor, se registrará en el reporte de campo (El.2 - Sección 2.5) y se informará inmediatamente.



**Frecuencia:** cada mes.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** lubricante, reporte de campo (El.2 - Sección 2.5).

**Herramientas:** brocha o cepillo.

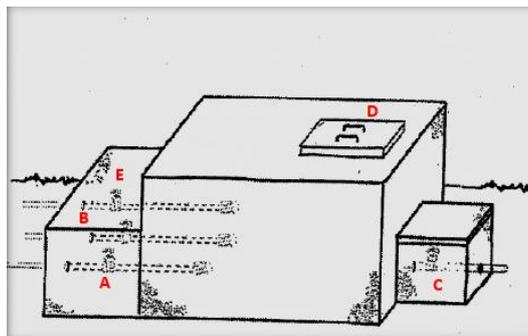
**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

#### 4.2.6 Revisión y limpieza de los tanques reunidores de caudales (2.6- Mt.).

**Descripción:** realizar una inspección general de los tanques reunidores, para ello verificar si existen grietas, filtraciones, fugas, o cualquier otra anomalía; anotar cualquier novedad en el reporte de campo (El.2 - Sección 2.6).

Se requiere realizar una limpieza de los tanques reunidores de caudales en un mínimo tiempo posible con el fin de no afectar la reserva presente en la planta de tratamiento. Para ello se debe seguir el siguiente procedimiento (*Figura 39*):

- Cerrar las válvulas de salida (A y B) y la válvula de entrada del tanque (C).
- Quitar la tapa del tanque (D).
- Abrir la válvula de drenaje (E).
- Retirar todo material adherido al tanque tanto en las paredes como en el fondo, como hojarasca, arena, musgos, algas, etc.; y luego limpiar con cepillo metálico las paredes y piso (nunca usar jabón o detergente).
- Al ingresar al tanque, usar botas de hule limpias con el fin de evitar cualquier contaminación externa.
- Dejar correr el agua por el desagüe unos pocos minutos, terminado, cerrar la válvula de drenaje (E).



*Fuente: adaptado de (PC MANCUERNA, 2011).*

**Figura 39.** Esquema de un tanque reunidor de caudal.

Se deberá contar con el equipo de seguridad (casco, botas de hule, gafas y mascarilla de protección, guantes, arnés de seguridad). En zonas remotas o que presenten algún riesgo, se debe ir acompañado con el fin de prevenir algún accidente (dos obreros).

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte de campo (El.2 - Sección 2.6).

**Herramientas:** escoba, cepillo metálico, picos, pala, machete.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, gafas y mascarilla de protección, guantes, arnés.

#### 4.2.7 Revisión y limpieza de los tanques rompe presión (2.7-Mt.).

**Descripción:** el tanque rompe presión es una estructura adecuada en forma de cámara o tanque utilizada para bajar la presión del agua que llega; así se evitan altas presiones en las instalaciones aguas abajo. Esta actividad requiere realizar una inspección general de las cajas rompe presión, para ello verificar si existen grietas, filtraciones, fugas, o cualquier otra anomalía en la estructura; y registrar en el reporte de campo (El.2 - Sección 2.7).

Se requiere realizar una limpieza de las cajas rompe presión en un mínimo tiempo posible con el fin de no afectar la reserva presente en la planta de tratamiento. Para ello se debe seguir el siguiente procedimiento:

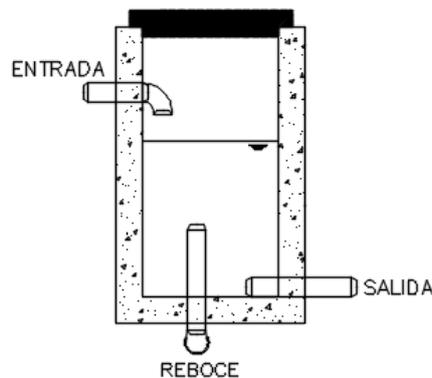


Figura 40. Corte longitudinal de un tanque rompe presión.

- Cerrar la válvula de salida y la válvula de entrada del tanque rompe presión.
- Quitar la tapa del tanque.
- Abrir la válvula de desfogado o rebose.
- Retirar todo material adherido al tanque tanto en las paredes como en el fondo, como hojarasca, tierra, arena, musgos, algas, etc., y luego limpiar con cepillo metálico las paredes y piso (nunca usar jabón o detergente).
- Al ingresar al tanque, usar botas de hule limpias con el fin de evitar cualquier contaminación externa.
- Dejar correr el agua sucia por el desagüe durante unos pocos minutos, terminado, cerrar la válvula de drenaje.

El personal encargado de realizar la actividad siempre deberá contar con la indumentaria de seguridad necesaria (casco, botas de hule, guantes, arnés de seguridad); y debido a la naturaleza del elemento y el riesgo que puede representar esta labor se la debe realizar entre dos personas con el fin de prevenir algún accidente.

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte de campo (El.2 - Sección 2.7).

**Herramientas:** escoba, cepillo metálico, picos, pala, machete.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, gafas y mascarilla de protección, guantes, arnés.



#### 4.2.8 Estado del metal y pintura (2.8-Mt.).

**Descripción:** realizar un recorrido a lo largo de toda la conducción con el fin de verificar el estado del metal y de la pintura anticorrosiva de los elementos metálicos, tales como: válvulas aireadoras o ventosas, purgas, tornillos, y todos los demás accesorios metálicos. Los elementos que presenten corrosión se los deberá raspar mediante un cepillo metálico, limpiar y aplicar nuevamente la pintura anticorrosiva.

Es importante registrar en el reporte de campo (El.2 - Sección 2.8) el código, cantidad de la pintura usada, y las anomalías presentadas en el estado del metal como pérdida de sección, oxidación excesiva, pandeo de ciertos elementos, etc.

**Personal requerido:** peón, albañil.

**Materiales:** pintura anticorrosiva, reporte de campo (El.2 - Sección 2.8).

**Herramientas:** cepillo metálico, brochas, baldes.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

#### 4.3 Planta de tratamiento.

El tratamiento es el proceso donde se llevan a cabo las diferentes acciones que se realizan con el fin de mejorar las características físico - químicas y bacteriológicas del agua, para que al final de esta fase el agua sea apta para el consumo humano.

Dependiendo del estado del agua cruda que es captada para el proceso de tratamiento, existen procesos físicos y químicos, que se organizan en etapas dentro de una estructura denominada planta de tratamiento de agua, en donde se pueden tener diferentes técnicas de potabilización, entre los más importantes en el ámbito local se encuentran las plantas de tipo convencional y en plantas de filtración de múltiples etapas:

El principio de los procesos físicos es dejar que el agua repose durante algún tiempo (sedimentador) para que la arena y la tierra que hacen que el agua sea turbia, se asienten y así el agua se aclare. Los materiales que son más pequeños y que no logran sedimentarse son retenidos por filtración. Las unidades que componen los procesos físicos son sedimentador, filtración dinámica, prefiltración, filtración lenta.

El tratamiento realizado por medios químicos (desinfección), es aquel realizado posterior al proceso físico, en donde el desinfectante más utilizado (por su costo y fácil manejo) es el cloro. El cloro es capaz de matar las bacterias o suprimir su desarrollo; éste puede encontrarse en estado sólido (hipoclorito de calcio), líquido (hipoclorito de sodio) y gaseoso (cloro gas).

El responsable encargado de la planta de tratamiento, debe realizar una breve descripción identificando cada una de las partes constituyentes. Ésta debe ser lo más detallada posible, separando por unidades que son sujetas de mantenimiento, especificando cada componente y su estado. Todo ello se va registrará en el reporte de campo (El.3 - Sección 3), incluyendo un esquema a detalle (en lo posible realizar un catastro) de todos los componentes constituyentes de la planta de tratamiento.

En los siguientes ítems se van a especificar las actividades de operación y mantenimiento que el personal debe realizar en las unidades de tratamiento con el fin de mantener la planta. Las frecuencias



de dichas labores están especificadas, las mismas van a depender de las características propias de la planta, de la calidad de materiales empleados (arena, grava), de las condiciones climáticas, etc. La frecuencia de labores de mantenimiento de cada planta es independiente de otra.

Cada una de las actividades van adjuntadas con una tabla de registro o reporte de campo, en ella se deben detallar las labores realizadas, anomalías presentadas, desperfectos encontrados, el material utilizado, etc. El registro es de suma importancia y se lo realiza además de tener una evidencia de la actividad realizada, para tener datos, fechas y estadísticas que van a servir para la posterior toma de decisiones.

### Plantas tipo filtración de múltiples etapas (Filtros gruesos y filtración lenta)

#### 4.3.1 Limpieza del prefiltro de grava (3.1-Op.).

**Descripción:** existen dos métodos con lo que se puede efectuar la limpieza del prefiltro de grava, a continuación, se van a especificar cada uno de ellos; el personal encargado de realizar esta actividad deberá registrar en el reporte de campo (El.3 - Sección 3.1) qué método se utilizó.

##### *Método hidráulico:*

- a. Impedir el flujo del agua hacia las unidades posteriores, para ello cerrar completamente las válvulas de compuerta.
- b. Realizar la descarga de la unidad de una manera gradual mediante la tubería de desfogue, de modo que, las partículas acumuladas aumenten su movimiento descendente natural hacia el fondo del prefiltro.
- c. Una vez realizada la descarga de la unidad, iniciar el proceso de limpieza del prefiltro, para ello se debe empezar por la sección de entrada, dado que la mayor parte de partículas removidas se acumulan en esta zona.
- d. Se realiza una limpieza inicial, para ello se ingresa agua lentamente ya sea por el vertedero de entrada o por medio de una manguera. Esperar a que el nivel de agua cubra toda la capa de grava.

\*Al llenar el filtro, se deberá tener cuidado de no arrastrar los sólidos acumulados en el fondo hacia la grava fina.

- e. Realizar un drenaje inicial del agua turbia, para ello realizarlo de una manera gradual mediante la tubería de desfogue.

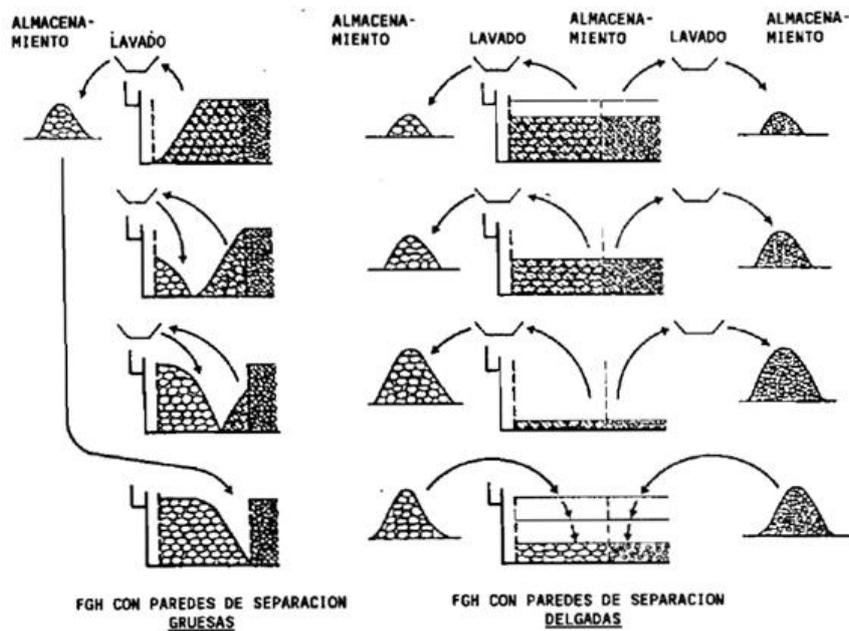
\*Se debe evitar un drenaje inicial muy fuerte en la sección final del prefiltro, ya que podría acarrear los sólidos acumulados en el resto de la unidad hacia ese punto y aumentar el riesgo de colmatación de la grava fina.

- f. Es importante realizar la descarga completa del prefiltro, en cada sección de la unidad, porque se expulsan las partículas acumuladas alrededor del punto de drenaje.
- g. Realizar nuevamente el procedimiento desde el punto c; y volver a descargar la unidad.
- h. Repetir el anterior procedimiento hasta que el agua drenada no sea turbia.

##### *Método manual:*

Este método debe aplicarse cuando los sólidos acumulados dentro de la grava, no pueden eliminarse mediante limpiezas hidráulicas.

- a. Se debe retirar toda la grava de la unidad.
- b. Lavar la grava mediante agua evitando la pérdida del material más fino. Para ello, se debe seguir:
  - i. Colocar la grava en un depósito de agua de lavado
  - ii. Agitar mecánicamente el depósito con el fin de que se remuevan los sólidos adheridos a la superficie del material.
- c. Volver a colocar la grava dentro de la unidad justo después del lavado con el fin de evitar una contaminación posterior. Además, se debe evitar perder material (grava) en este proceso.
- d. Cuando el prefiltro tiene tabiques estructuralmente resistentes (*Figura 41*), separando las secciones con grava de diferente tamaño, se debe realizar el anterior procedimiento sección por sección, retirando, lavando y reinstalando el material.



Fuente: (CEPIS, OPS, Cánepa de Vargas, & División de salud y ambiente, 1992)

Figura 41. Esquema de lavado de arena para filtros con paredes de separación (tabiques).

En el reporte de campo (El.3 - Sección 3.1) se deberá registrar el volumen de grava ocupado por la unidad.

El personal encargado de realizar la actividad siempre deberá contar con la indumentaria de seguridad necesaria (casco, botas de hule, guantes, arnés de seguridad); y debido al riesgo que puede representar esta labor se la debe realizar entre dos personas con el fin de prevenir algún accidente.

**Frecuencia:** se definirá según la época del año (invierno o verano). Las limpiezas deben programarse de acuerdo a la fluctuación anual de la calidad del agua cruda. Por lo tanto, la limpieza de esta unidad se la debe realizar antes del inicio de la temporada de lluvia.

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte de campo (El.3 - Sección 3.1).

**Herramientas:** escoba, cepillo metálico, manguera, palas, baldes.

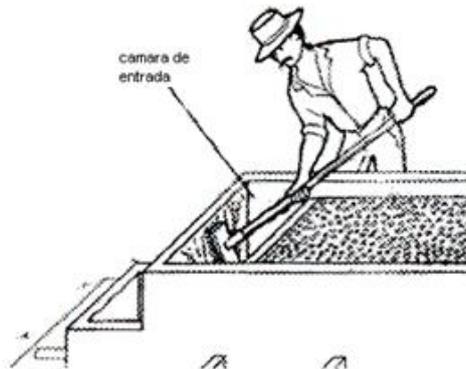
**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

#### 4.3.2 Limpieza de filtro gruesos dinámicos (3.2-Op.).

**Descripción:** la operación de los filtros gruesos dinámicos consiste en realizar actividades constantes de limpieza de la capa superficial de grava y de un lavado hidráulico. Las actividades para una limpieza de filtros gruesos dinámicos se resumen a continuación:

**3.2.1.** Remover el material adherido en las paredes y en el fondo de las cámaras de entrada y salida. Para ello retirar el sedimento mediante cepillos, escobas y agua a presión. Nunca usar jabón o detergente.

\*Realizar esta actividad una vez por semana.



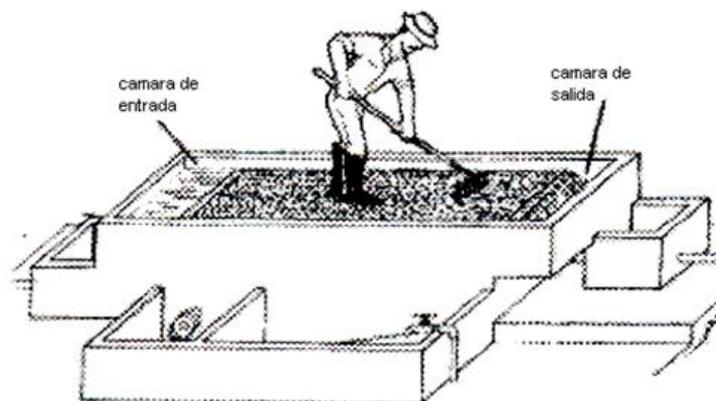
*Fuente: adaptado de (CEPIS; OPS, 2005).*

Figura 42. Lavado de la cámara de entrada (filtro dinámico).

**3.2.2.** Limpiar la capa superficial de grava, para ello:

- i. Utilizando un rastrillo, remover el lecho de grava superficial del filtro en sentido contrario al flujo. Iniciar en la zona de entrada y finalizar en la zona del vertedero de rebose. Remover el material filtrante (grava) hasta que sea posible apreciar agua clara en el desagüe.

\*Realizar esta actividad una o dos veces por semana, dependiendo de la naturaleza del sistema y las condiciones climáticas.



*Fuente: adaptado de (CEPIS; OPS, 2005).*

Figura 43. Limpieza de la capa superficial del lecho filtrante.

**3.2.3.** Realizar una limpieza hidráulica (de fondo), para ello:



- ii. Llenar toda la cámara del filtro con agua cruda.
- iii. Abrir y cerrar la válvula de apertura rápida entre 10 veces consecutivas.
- iv. Dejar abierta la válvula de apertura y la de drenaje, hasta que sea posible apreciar agua clara en el desagüe.

\*Realizar esta actividad una vez por semana.

El personal encargado de realizar las actividades mencionadas siempre deberá contar con la indumentaria de seguridad necesaria (casco, botas de hule, guantes, arnés de seguridad).

**Frecuencia:** la frecuencia se ha especificado en cada una de las actividades mencionadas.

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte semanal de campo (El.3 - Sección 3.2).

**Herramientas:** escobas, cepillos, manguera, rastrillo.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

#### 4.3.3 Limpieza de los filtros lentos (3.3-Op.).

**Descripción:** esta actividad se deberá programar de antemano para comunicar a los usuarios en caso de ser necesaria la suspensión del servicio, por no contar con otra unidad que realice la misma función. El mantenimiento de los filtros lentos consiste en realizar actividades constantes de limpieza de la capa superficial de arena y de la estructura. Las actividades para una limpieza de los filtros lentos se resumen a continuación:

- a. Remover el material adherido en las paredes y en el fondo de las cámaras de entrada y salida. Para ello retirar el sedimento mediante cepillos, escobas y agua a presión. Nunca usar jabón o detergente.
- b. Limpiar la capa superficial de arena, para ello:
  - i. Utilizando palas, remover una capa de espesor entre 3 y 5 cm de arena; el material retirado será almacenado para lavarlo según se especifica en el ítem 4.3.5 de esta tesis.

\*En caso de no contar con un espacio adaptado para el almacenamiento del material retirado, se deberá registrar en el reporte de campo (El. 3 - Sección 3.3, subsección "Observaciones") que se hizo con el mismo.

El personal encargado de realizar las actividades mencionadas siempre deberá contar con la indumentaria de seguridad necesaria (casco, botas de hule, guantes, arnés de seguridad).

**Frecuencia:** realizar esta actividad una o dos veces por semana, dependiendo de la naturaleza del sistema y las condiciones climáticas.

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte semanal de campo (El.3 - Sección 3.3).

**Herramientas:** escobas, cepillos, manguera, palas.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.



#### 4.3.4 Lavado de la grava de los filtros gruesos dinámicos (3.4-Mt.).

**Descripción:** esta actividad se deberá programar de antemano para comunicar a los usuarios en caso de ser necesaria la suspensión del servicio. El lavado del material filtrante se debe realizar en un mínimo tiempo posible; para efectuar el lavado del material filtrante (grava) del filtro grueso dinámico se debe seguir:

- a. Cerrar la válvula de salida del filtro.
- b. Cerrar la válvula de entrada del filtro dinámico.
- c. Retirar las capas de la grava de tal manera que éstas no se mezclen entre sí.
- d. Colocar la grava en un depósito de agua de lavado.
- e. Mediante una manguera con agua a presión y agitando mecánicamente el depósito, remover los sólidos adheridos a la superficie del material. Realizar este procedimiento para cada una de las capas de grava.
- f. Tamizar las fracciones de material que puedan estar mezcladas.
- g. Volver a colocar las capas de grava dentro de la unidad en el mismo orden que se encontraban inicialmente, justo después del lavado con el fin de evitar una contaminación posterior. Además, se debe evitar perder material (grava) en este proceso.
- h. Una vez limpio el material, abrir la válvula de entrada de agua cruda y posterior puesta en funcionamiento de la planta.

**Frecuencia:** se definirá según la época del año (invierno o verano). Las limpiezas deben programarse de acuerdo a la fluctuación anual de la calidad del agua cruda. Por lo tanto, la limpieza de esta unidad se la debe realizar antes del inicio de la temporada de lluvia.

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte de campo (El.3 - Sección 3.4).

**Herramientas:** manguera, palas, baldes.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

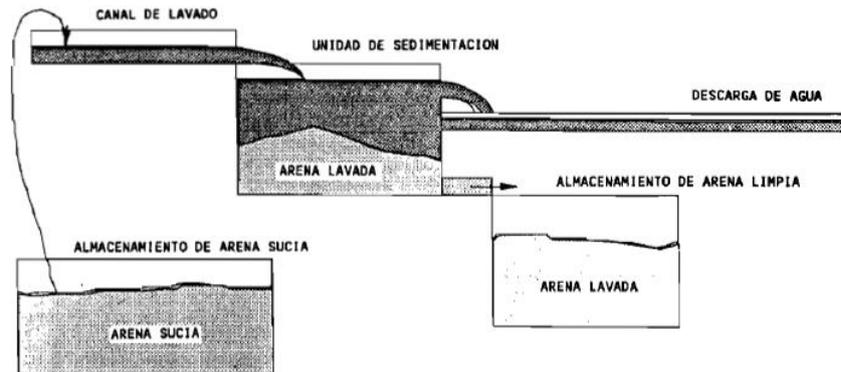
#### 4.3.5 Lavado completo de los filtros lentos & lavado de la arena (3.5-Mt.).

**Descripción:** al realizar esta actividad no es necesario reemplazar la arena extraída hasta que se haya alcanzado el espesor mínimo del lecho filtrante, el cual es 50 centímetros según (Galvis Castaño, Latorre Montero, & Teun Visscher, 1999).

Para el lavado de la arena de los filtros lentos se cumplirá con el siguiente proceso:

- a. Se debe retirar toda la arena de la unidad de filtros lentos.
- b. Lavar la arena empleando un canal de lavado y una unidad de sedimentación. Para ello se debe seguir (*Figura 44*):
  - i. Colocar la arena en el canal de lavado.
  - ii. Se realiza una limpieza inicial, para ello se ingresa agua lentamente ya sea por el vertedero de entrada o por medio de una manguera. Esperar a que el nivel de agua cubra toda la capa de arena.
  - iii. En el canal de lavado, remover todas las partículas de la arena utilizando un rastrillo y pala.

- iv. El flujo del agua trasladará la arena a una unidad de sedimentación. Entonces, el flujo del agua mantendrá en suspensión a los residuos y sedimentos de la arena. Y la arena lavada se sedimentará dentro del canal y los residuos serán removidos por la corriente del agua.
  - v. Enviar agua por el canal hasta que no haya partículas suspendidas y no se noten sedimentos en la arena.
- c. Una vez lavada la arena se trasladará a la unidad de filtros lentos.



Fuente: (CEPIS, OPS, Cánepa de Vargas, & División de salud y ambiente, 1992).

Figura 44. Esquema conceptual de un sistema de lavado manual de arena.

El personal encargado de realizar la actividad siempre deberá contar con la indumentaria de seguridad necesaria (casco, botas de hule, guantes, arnés de seguridad); y debido a la naturaleza del elemento y el riesgo que puede representar esta labor se la debe realizar entre dos personas con el fin de prevenir algún accidente.

**Frecuencia:** el lavado de la arena debe programarse de acuerdo a la actividad 4.3.3 (“Limpieza de los filtros lentos”). Si se trata de un lavado completo de los filtros lentos se realizará cada 5 meses, o se definirá según la época del año (invierno o verano); las limpiezas deben programarse de acuerdo a la fluctuación anual de la calidad del agua cruda.

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte de campo (El.3 - Sección 3.5).

**Herramientas:** rastrillo, manguera, palas.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

### Plantas tipo convencional

#### 4.3.6 Limpieza de filtros rápidos por gravedad (3.6-Op.).

Este tipo de filtros se pueden encontrar tanto en plantas de tipo convencional como en plantas de filtración de múltiples etapas.

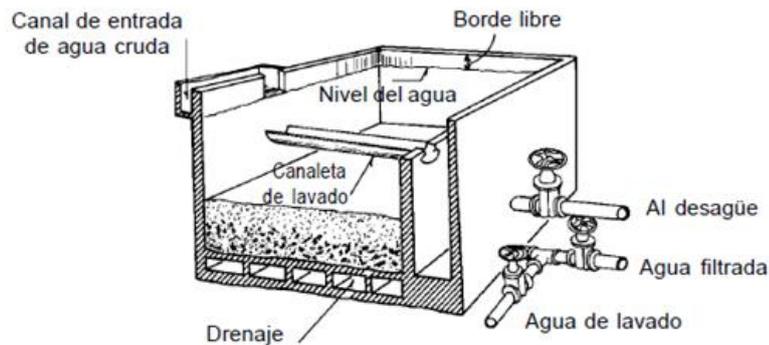
**Descripción:** esta actividad se deberá programar de antemano, ya que la limpieza de los filtros rápidos por gravedad se debe realizar en un mínimo tiempo posible; comunicar a los usuarios en caso de ser necesaria la suspensión del servicio. Para realizar el lavado de los filtros rápidos por gravedad se tiene que seguir el siguiente procedimiento:

- a. Cerrar la válvula de entrada de agua al filtro.



- b. Cerrar la válvula de salida del filtro (agua filtrada), cuando el nivel del agua en el tanque del filtro esté a 20 cm sobre el medio filtrante.
- c. Limpiar las paredes del filtro mediante el uso de cepillos, escobas, y mangueras. Nunca usar jabón o detergente.
- d. Abrir la válvula de lavado.
- e. Observar el proceso de lavado, e identificar zonas en donde haya lavado deficiente, pérdida del material filtrante, turbulencia excesiva, etc. Registrar cualquier anomalía en el reporte de campo respectivo (El.3 - Sección 3.6, subsección "Observaciones").
- f. Una vez realizado el proceso del lavado del filtro, cerrar la válvula de agua de lavado del filtro.
- g. Abrir la válvula de entrada de agua al filtro.
- h. Concluir el lavado dejando una capa de agua sobre el medio filtrante.
- i. Una vez limpia la unidad, cerrar la válvula de drenaje y posterior puesta en funcionamiento de la planta.

\*En caso de requerirse un lavado superficial del medio filtrante, se deberá remover el material de forma manual con un rastrillo, y se deberá desfogar el agua que hay sobre el medio filtrante por la válvula de desagüe. Y se retomará el proceso anteriormente detallado desde el inciso d.



Fuente: (CEPIS; OPS, 2005).

Figura 45. Esquema de un filtro rápido por gravedad.

Cada seis meses realizar el análisis granulométrico de una muestra del medio filtrante. El propósito de este análisis es comparar con resultados de pruebas anteriores y verificar el estado del medio filtrante; el cual puede presentar pérdida de material, aumento del tamaño efectivo, etc. El registro del análisis granulométrico del material filtrante se adjunta en el reporte de campo (El.3 - Sección 3.6).

**Frecuencia:** se definirá de acuerdo a las características propias de cada planta, y a las condiciones climáticas.

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte de campo (El.3 - Sección 3.6).

**Herramientas:** llave maestra para accionar las válvulas, rastrillos, escobas, cepillos, mangueras.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés, gafas y mascarilla de seguridad.



#### 4.3.7 Limpieza del floculador (3.7-Op.).

**Descripción:** en el caso de que la planta cuente con un solo floculador, se deberá programar una parada, siempre y cuando el tanque de reserva de agua esté cerca del límite de su capacidad (mayor a 70%).

Para el lavado de floculadores dispuestos en paralelo se deberá seguir el siguiente procedimiento:

- a. Cerrar las compuertas de la entrada de la unidad.
- b. Abrir la válvula de drenaje y esperar a que se vacíe la unidad.
- c. Ejecutar la limpieza de la unidad para ello:
  - i. Limpiar el piso mediante una manguera con agua a presión, cepillos y escobas; llevar el material residual hacia el punto de desfogue.
  - ii. Limpiar las paredes con agua a presión y con cepillos metálicos.
- d. Para las pantallas de los floculadores, éstas se limpian con agua a presión y mediante cepillos metálicos con el fin de remover todo el lodo y las algas adheridas.
- e. Si en algún caso se presenta crecimiento de algas, usar un equipo de fumigación. Se podrá aplicar una solución de sulfato de cobre a las paredes, para ello, “disolver un kilogramo de sulfato de cobre en 50 litros de agua” (CEPIS; OPS, 2005). O se utilizará cualquier otro fumigante que garantice la eliminación de las algas. Se deberá registrar el agente fumigante utilizado y la cantidad del mismo en el reporte de campo (El.3 - Sección 3.7).
- f. Una vez limpia la unidad, se procederá al llenado de la unidad.

Cuando el personal esté realizando la limpieza, por ningún motivo debe estar de pie sobre las pantallas del floculador, ya que se pueden presentar ondulaciones en éstas y un posterior mal funcionamiento de la unidad.

El personal encargado de realizar la actividad siempre deberá contar con la indumentaria de seguridad necesaria (casco, botas de hule, guantes, arnés de seguridad, gafas y mascarilla de seguridad).

**Frecuencia:** dos meses. Dependiendo de la capacidad de la tolva y las condiciones climáticas, podría realizarse la limpieza con una frecuencia menor.

**Personal requerido:** peones. El número de peones necesarios para ejecutar la limpieza va a depender del área de la unidad (paredes y pisos).

**Materiales:** agente fumigante (la cantidad va a depender de la superficie de las paredes de la unidad), reporte de campo (El.3 - Sección 3.7).

**Herramientas:** escobas, cepillos, mangueras, llaves para conectarlas.

**Equipos:** equipo de fumigación.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés, gafas y mascarilla de protección.

#### 4.3.8 Limpieza de canales y vertederos (3.8-Op.).

**Descripción:** esta actividad se deberá programar de antemano, ya que la limpieza de los canales y vertederos se debe realizar en un mínimo tiempo posible; comunicar a los usuarios en caso de ser necesaria la suspensión del servicio. Para realizar el lavado de los canales que conducen agua se tiene que seguir el siguiente procedimiento:



- a. Suspender el tratamiento del agua y el proceso de filtración.
- b. Cerrar las compuertas de la entrada de la unidad.
- c. Abrir la válvula de drenaje y esperar a que se vacíe el canal o vertedero.
- d. Efectuar la limpieza de la unidad. Para ello limpiar el piso mediante una manguera con agua a presión; de tal manera que se empuje el material con rastrillos hacia el desagüe. Limpiar las paredes con agua a presión y con cepillos metálicos.
- e. Fumigar las paredes y piso del canal “con una solución de 10 gramos de hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio por cada litro de agua” (CEPIS; OPS, 2005).

\*La cantidad del compuesto químico va a depender del tamaño de los canales. Anotar la cantidad usada en el reporte de campo (El.3 - Sección 3.8).

- f. Una vez limpia la unidad, cerrar la válvula de drenaje, y proceder al llenado de la unidad y posterior puesta en funcionamiento de la planta.

El personal encargado de realizar la actividad siempre deberá contar con la indumentaria de seguridad necesaria (casco, botas de hule, guantes, arnés de seguridad, gafas y mascarilla de seguridad).

**Frecuencia:** dos meses. Dependiendo de las condiciones climáticas, podría realizarse la limpieza con una frecuencia menor.

**Personal requerido:** peones. El número de peones necesarios para ejecutar la limpieza va a depender del área de la unidad (paredes y pisos).

**Materiales:** hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio (la cantidad va a depender de la superficie de las paredes y piso de la unidad), reporte de campo (El.3 - Sección 3.8).

**Herramientas:** rastrillos, escobas, cepillos, mangueras, llaves para conectarlas.

**Equipos:** equipo de fumigación.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés, gafas y mascarilla de seguridad.

#### 4.3.9 Operaciones de la cámara de cloración (3.9-Op.).

**Descripción:** en las cámaras de cloración se encuentran cilindros que contienen cloro gas o líquido, en donde éstos son enviados al punto de aplicación por medio de presión. Las principales actividades que se deben realizar en estos equipos se resumen a continuación:

- a. Ajustar la dosificación requerida por la planta rotando la perilla del clorador.
- b. Realizar mediciones del cloro residual en el efluente de la planta y anotarlo en el registro de campo (El.3 - Sección 3.9), esta medición se debe realizar cada hora, en el agua tratada (almacenada en el tanque de reserva). Para ello se debe seguir el siguiente procedimiento:
  - i. Enjuagar la muestra de agua un par de veces en el comparador o dispositivo de medición de cloro.
  - ii. Agregar al compartimiento de cloro residual una pastilla de DPD, el agua tomará una tonalidad rosada, agitar, tapar y ajustar. Esperar unos segundos a que se disuelva completamente la pastilla.
  - iii. Observar el color obtenido y compararlo con la escala de colores y valores de cloro.
  - iv. El valor correspondiente anotarlo en el registro de campo.



- c. En cloradores de control automático, verificar periódicamente (cada hora) que los manómetros (*Figura 46: A*) marquen las presiones establecidas para la operación normal del equipo. Estas presiones se deben verificar en el manual correspondiente a cada equipo. Registrar cualquier anomalía en el reporte de campo (El.3 - Sección 3.9, subsección "Observaciones").

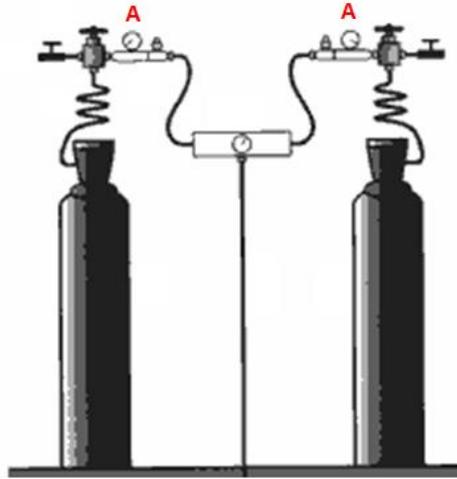


Figura 46. Clorador de control automático.

- d. Revisar la presencia de fugas en todos los cilindros contenedores de cloro gas por lo menos una vez al día. No se debe aceptar ninguna presencia de fugas, por lo que cualquier anomalía debe ser registrada en el reporte de campo (El.3 - Sección 3.9, subsección "Observaciones") y ser informada de inmediato. Además, el operador de la planta debe estar capacitado para poder reparar de inmediato una posible fuga, y deberá contar con las herramientas y el equipo de seguridad necesario (mascarilla, guantes, casco, botas de hule, gafas).
- e. Medir el cloro consumido diariamente. Para ello, al inicio del día pesar el cilindro y hacerlo también al final del día. La diferencia de pesos resultará el cloro consumido durante el día, anotararlo en el reporte de campo (El.3 - Sección 3.9).

El almacenamiento de cloro representa un peligro potencial para la instalación y sus alrededores ya que, al presentarse una fuga de cloro, por su naturaleza tóxica puede causar daños inmediatos a la salud humana (CEPIS; OPS, 2005). El organismo a cargo del sistema de abastecimiento debe proveer de conocimiento y capacitación a los operadores para saber actuar en tales casos, además de que es fundamental contar con instrumentos y equipo de protección para efectuar las reparaciones. El contar con especialistas en el manejo de sustancias peligrosas va a ser importante en caso de presentarse tal situación.

**Frecuencia:** la frecuencia se ha especificado en cada una de las actividades mencionadas.

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** indicador de cloro residual (pastilla DPD), tubos de ensayo, reporte de campo (El.3 - Sección 3.9).

**Equipos:** balanza de gran capacidad (120 kilogramos), medidor de cloro residual.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés, gafas y mascarilla de seguridad.



#### 4.3.10 Medición de caudal, turbiedad, color y nivel de reserva (3.10-Op.).

**Descripción:** se deberá tener un espacio acondicionado para medir el caudal mediante una regleta (escala limnimétrica). Así mismo, se deberá medir la turbiedad la planta. Estas mediciones se deben realizar en la entrada a la planta (agua cruda), en el agua sedimentada (en caso de que la planta cuente con un sedimentador), y en el agua tratada (almacenada en el tanque de reserva).

Además, se deberá medir el color tanto en el agua cruda, sedimentada y la tratada, para ello se usará un colorímetro. Por último, se debe tener un registro del porcentaje aproximado del nivel de reserva del tanque del almacenamiento. Todos estos datos de anotarán en registro de campo (El.3 - Sección 3.10).

Para realizar la medición de turbiedad se deberá asegurar que los tubos de la muestra estén perfectamente limpios por dentro y por fuera, sin huellas digitales o ralladuras, se debe usar un poco de aceite de silicón para cubrir imperfecciones del vidrio y así no afectar el resultado.

**Frecuencia:** esta actividad se requiere realizar por lo menos tres veces al día, pero se la debe realizar con una frecuencia mayor en época de lluvias ya que se puede presentar grandes variaciones de turbiedad, caudal y color en estas épocas, la cual se establecerá en función de las características propias de cada planta de tratamiento.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** aceite de silicón, tubos de ensayo, reporte de campo (El.3 - Sección 3.10).

**Herramientas:** aforador de caudal, medidor electrónico de turbiedad y color.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule.

Los valores medidos en este ítem, referentes a las características físicas del agua (turbidez y color), los mismos que serán comparados con los límites establecidos en la siguiente tabla, la cual ha sido extraída de la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN, 2014).



Fuente: (INEN, 2014).

Tabla 16. Características físicas, sustancia inorgánicas y radioactivas.

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b>Inorgánicos</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup> Po, <sup>224</sup> Ra, <sup>226</sup> Ra, <sup>232</sup> Th, <sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U, <sup>239</sup> Pu ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup> Co, <sup>89</sup> Sr, <sup>90</sup> Sr, <sup>129</sup> I, <sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>210</sup> Pb, <sup>226</sup> Ra		

**Nota:** cada dos semanas se deberán tomar muestras del agua tratada, para llevarlas al laboratorio y comprobar que cumplan todas las especificaciones de la norma **NTE INEN 1108 (Agua Potable. Requisitos, última revisión)**, la cual se encuentra en el portal digital del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

#### 4.3.11 Revisión y ajuste de válvulas y compuertas (3.11-Op.).

**Descripción:** realizar una revisión del estado funcional de todas las cajas de válvulas, compuertas, tapas de protección, picaportes, bisagras y en general todos los mecanismos de seguridad que componen las unidades de la planta de tratamiento. Ejecutar maniobras de apertura y cerrado de estos elementos, con el fin de verificar que no existan endurecimiento. Al abrir y cerrar estos elementos hacerlo lentamente. Asimismo, aplicar lubricante a todos estos elementos, para ello, usar una brocha o cepillo.

Cualquier anomalía que se presenten en estos elementos, registrarlos en el reporte de campo (EI.3 - Sección 3.11) e informar de inmediato.

En caso de presentarse desperfectos en la caja de válvulas o cualquier otro elemento antes mencionados, se lo deberá tratar de reparar de inmediato. Si se lo puede hacer con la herramienta disponible a mano, hacerlo, caso contrario dar aviso a la cuadrilla de arreglo con el fin de solucionar los problemas presentados lo más breve posible.

**Frecuencia:** cada mes.

**Personal requerido:** peón.



**Materiales:** lubricante, reporte de campo (El.3 - Sección 3.11).

**Herramientas:** brocha o cepillo, llave de pico.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

#### 4.3.12 Revisión y limpieza general de la planta (3.12-Mt.).

**Descripción:** realizar una limpieza general de toda la unidad, en donde se deberá quitar toda la maleza, troncos, vegetación y demás residuos. Además, se deberá cortar el césped, remoción de pequeños arbustos y árboles cuyas raíces pudieran afectar las estructuras de hormigón.

Se revisará minuciosamente el cerco de protección que se encuentra alrededor de toda la planta. Verificar que no exista ningún tipo de rotura, deterioro de los postes. Si en algún caso se presenta daño de estos elementos, tratarlos de reparar con la herramienta disponible a mano o si el daño es mayor se deberá registrar en el reporte de campo (El.3 - Sección 3.12) e informar de inmediato al profesional a cargo del sistema.

Realizar una inspección visual de todos los elementos de hormigón que componen la unidad de tratamiento (sedimentadores, floculadores, filtros, unidad de cloración, etc.). Verificar que no existan grietas, cuarteo, filtraciones o fugas de los elementos o cualquier otra anomalía. Si en tal caso se presentan estos problemas registrarlos en el reporte de campo e informar de inmediato para que se realicen las correcciones necesarias.

Se debe proteger el suelo contra la erosión, especialmente en estructuras de ingreso de agua superficial, escurrimiento superficial y canales de drenaje agua de lavado. Para ello sembrar una pequeña cobertura al suelo con plantas de bajo crecimiento que no afecten en ningún caso las estructuras de hormigón, funcionamiento de las unidades o el desenvolvimiento de los operadores de la planta.

**Frecuencia:** cada mes.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** clavos, reporte de campo (El.3 - Sección 3.12).

**Herramientas:** linterna, machete, picos, pala, alicate.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

#### 4.3.13 Estado del metal y pintura (3.13-Mt.).

**Descripción:** verificar el estado en el que se encuentren todas las estructuras metálicas como tuberías de hierro, vertederos, varillas calibradoras, cajas de válvulas, y demás elementos metálicos. Los elementos que presenten corrosión se los deberá raspar mediante un cepillo metálico, limpiar y aplicar nuevamente la pintura anticorrosiva.

Además de pintar todos los elementos metálicos con pintura anticorrosiva, se deberá pintar todas las estructuras de hormigón, postes del cerramiento, vivienda del operador, y demás elementos que componen la planta de tratamiento. Los código y cantidades de pinturas utilizadas en esta actividad deberán ser registrados en el reporte de campo (El.3 - Sección 3.13).



**Frecuencia:** cada año.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** pintura anticorrosiva, pintura las estructuras de hormigón, reporte de campo (El.3 - Sección 3.13).

**Herramientas:** cepillo metálico, brochas, baldes.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

#### 4.4 Sistema de distribución.

El sistema de distribución es el conjunto de obras y red de tuberías que permite transportar el agua potable, (es decir que ya ha sido sometida a tratamiento con el fin de mejorar sus características físico - químicas), desde la planta de tratamiento hasta los domicilios o puntos de consumo.

El responsable encargado de la red de distribución debe realizar una breve descripción identificando cada una de las partes constituyentes de la red de distribución. Ésta debe ser lo más detallada posible, separando por unidades que son sujetas de mantenimiento, especificando cada componente y su estado. Todo ello se registrará en el reporte de campo (El.4 - Sección 4), incluyendo un esquema a detalle (en lo posible realizar un catastro) de todos los componentes constituyentes a lo largo de la red de la distribución.

En el conjunto de obras ubicadas a lo largo del sistema de distribución además de las tuberías, se encuentran los tanques de almacenamiento, cajas rompe presión (en distribuciones abiertas), tanques distribuidores de caudal, ventosas o válvulas aireadoras, válvulas de compuerta de control, medidores de caudal. El conjunto de actividades que se especifican en los siguientes ítems están destinados a la realización de la operación y mantenimiento preventivo de los elementos antes mencionados, las cuales ayudarán a que el sistema funcione con menor riesgo de problemas eventuales.

Para la desinfección de los elementos se utilizará cloro líquido, hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio, la cantidad utilizada de este desinfectante igualmente deberá ser registrada.

Cada una de las actividades van adjuntadas con una tabla de registro o reporte de campo, en ella se deben detallar las labores realizadas, anomalías presentadas, desperfectos encontrados, el material utilizado (cantidad), etc. El registro es de suma importancia y se lo realiza además de tener una evidencia de la actividad realizada, para tener datos, fechas y estadísticas que van a servir para la posterior toma de decisiones.

##### 4.4.1 Revisión y limpieza del tanque de almacenamiento (4.1-Op.).

**Descripción:** inicialmente revisar el estado funcional de las válvulas de entrada, salida y drenaje, verificar que éstas no se hayan endurecido; para ello girar en sentido horario y antihorario y aplicar lubricante a estos elementos, para ello se utilizará una brocha o cepillo. Además, verificar que las tapas de las cajas de válvulas estén bien cerradas y aseguradas.

Realizar una inspección general del tanque de almacenamiento, para ello verificar si existen grietas, filtraciones, fugas en los muros, o cualquier otra anomalía; anotar cualquier novedad en el reporte de campo (El.4 - Sección 4.1).



Para realizar la limpieza del tanque de almacenamiento se deberá programar de antemano y en caso de no contar con más de un tanque de almacenamiento, comunicar a los usuarios en caso de ser necesario la suspensión del servicio. Para realizar la limpieza del tanque de almacenamiento se debe seguir el siguiente procedimiento (*Figura 47*):

- a. Limpiar el área circundante al tanque y eliminar cualquier medio de contaminación o suciedad.
- b. Cerrar las válvulas de entrada al tanque (A).
- c. Si no se cuenta con más de dos tanques de almacenamiento, realizar esta actividad en un mínimo tiempo posible con el fin de no afectar la continuidad de servicio a los usuarios.
- d. Cerrar las válvulas de salida del tanque (B) e inmediatamente abrir la válvula de desagüe (C).
- e. Quitar la tapa del tanque (D); esperar a que se vacíe el tanque e ingresar al mismo con botas de hule limpias con el fin de evitar cualquier contaminación externa.
- f. Mediante escobas y cepillos de cerda gruesa limpios, sacar el lodo adherido del fondo del tanque. Lavar también las paredes del tanque mediante un cepillo y una manguera a presión la cual se ubicará en la entrada del tanque.

\*No usar ningún tipo de detergente o jabón.

- g. Mediante la manguera a presión, dejar correr el agua durante unos pocos minutos con el fin de extraer toda la suciedad, terminado, cerrar la válvula de drenaje (C).
- h. Una vez limpio el tanque, abrir la válvula de entrada de agua al tanque (A) y finalmente abrir lentamente la válvula de la tubería de salida a la comunidad (B).

\*Al operar las válvulas hacerlo lentamente con el fin de evitar que se produzca el golpe de ariete.



Figura 47. Esquema de tanques de almacenamiento.

El personal encargado de esta actividad deberá contar con equipo de seguridad (casco, botas de hule, gafas y mascarillas de protección, guantes, arnés de seguridad.)

**Frecuencia:** esta actividad se la debe realizar de forma periódica, por lo tanto, la frecuencia va a depender de la calidad del agua, de las condiciones del ambiente y de la naturaleza misma del sistema. Programar la limpieza del tanque de tal forma que no se afecte la presión en la red de distribución, ni tampoco se suspenda totalmente el servicio a los usuarios. Se recomienda realizar esta actividad cada tres meses (PC MANCUERNA, 2011); sin embargo, no se podrá establecer una frecuencia menor a ésta.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** lubricante, reporte de campo (El.4 - Sección 4.1).



**Herramientas:** manguera, escobas, cepillos, linterna.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés, gafas y mascarilla de protección.

#### 4.4.2 Desinfección del tanque de almacenamiento (4.2-Op.).

**Descripción:** esta actividad se debe realizar inmediatamente después de haber realizado la revisión y limpieza del tanque de almacenamiento, según se especifica en el ítem 4.4.1 esta tesis.

La desinfección del tanque de almacenamiento se deberá programar de antemano y comunicar a los usuarios en caso de ser necesario la suspensión del servicio y en caso de no contar con más de un tanque de almacenamiento que abastezca a la comunidad. Para realizar la desinfección del tanque de almacenamiento se debe seguir el siguiente procedimiento (*Figura 47*):

- a. Cerrar las válvulas de entrada al tanque (A).
- b. Si no se cuenta con más de dos tanques de almacenamiento, realizar esta actividad en un mínimo tiempo posible con el fin de no afectar la continuidad de servicio a los usuarios.
- c. Cerrar las válvulas de salida del tanque (B) e inmediatamente abrir la válvula de desagüe (C).
- d. Quitar la tapa del tanque (D); esperar a que se vacíe el tanque e ingresar al mismo con botas de hule limpias con el fin de evitar cualquier contaminación externa.
- e. En baldes realizar una mezcla de agua y cloro líquido. La cantidad de cloro utilizada se deberá registrar en el reporte de campo (El.4 - Sección 4.3).
- f. Con la solución realizada, y mediante cepillos de plástico, limpiar las paredes y piso. Para ello usar guantes, gafas y mascarilla de protección.
- g. Mediante una manguera a presión, dejar correr el agua durante unos pocos minutos con el fin de extraer todo el cloro, terminado, cerrar la válvula de drenaje (C).
- h. Una vez desinfectado el tanque, abrir la válvula de entrada de agua al tanque (A) y finalmente abrir lentamente la válvula de la tubería de salida a la comunidad (B).

\*Al operar las válvulas hacerlo lentamente con el fin de evitar que se produzca el golpe de ariete.

**Frecuencia:** la desinfección y la limpieza son actividades que no tienen la misma frecuencia, (la limpieza de la unidad se realizará con mayor frecuencia que su desinfección), sin embargo, cuando se realice la desinfección del tanque se deberá programar también la limpieza del mismo. Esta actividad deberá realizarse de tal forma que no se afecte la presión en la red de distribución, ni tampoco se suspenda totalmente el servicio a los usuarios. Se recomienda realizar esta actividad cada seis meses (PC MANCUERNA, 2011); sin embargo, no se podrá establecer una frecuencia menor a ésta.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** cloro líquido, reporte de campo (El.4 - Sección 4.2).

**Herramientas:** manguera, escobas, cepillos.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés, gafas y mascarilla de protección.

#### 4.4.3 Revisión de los medidores de agua (4.3-Op.).

**Descripción:** los medidores de agua registran la cantidad de agua potable consumida por los usuarios, por lo tanto, se podrá saber si el caudal suministrado es igual al registrado en estas conexiones



prediales. Si no lo es, se deberá registrar e informar de inmediato en el reporte de campo (El.4 - Sección 4.3) y asumir que existen pérdidas en la red o bien la existencia de conexiones no autorizadas.

Reportar en el registro de campo la información del predio revisado, es decir el nombre del propietario y la ubicación del mismo.

Al realizar la lectura de los medidores, revisar la existencia de fugas en la tubería, grietas en la caja en donde se encuentran estas conexiones, etc. Registrar cualquier anomalía, como medidores obsoletos, pérdida de candados, etc.

**Frecuencia:** cada mes.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** reporte de campo (El.4 - Sección 4.3).

#### 4.4.4 Revisión general de la tubería (4.4-Op.).

**Descripción:** realizar una revisión general de la tubería de la red de distribución según lo descrito en el ítem 0 de esta tesis.

**Frecuencia:** cada mes.

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** alambre de amarre, pegamentos, uniones, secciones cortas de tubería, reporte de campo (El.4 - Sección 4.4).

**Herramientas:** machetes, pico, pala, alicate, alambre.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

#### 4.4.5 Revisión y limpieza de los tanques distribuidores (reserva) de caudales (4.5-Op.).

**Descripción:** realizar una revisión y limpieza de los tanques distribuidores de caudales presentes en la red según lo descrito en el ítem 4.2.6 de esta tesis.

**Frecuencia:** la frecuencia se debe establecer en función de las características propias de cada red de distribución, es decir en función de la topografía, arrastre de sedimentos, de la época del año (invierno o verano).

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte de campo (El.4 - Sección 4.5).

**Herramientas:** escoba, cepillo metálico, picos, pala, machete.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, gafas y mascarilla de protección, guantes, arnés.

#### 4.4.6 Revisión de las válvulas de aire o ventosas (4.6-Op.).

**Descripción:** realizar una revisión de las válvulas de aire presentes en la red según lo descrito en el ítem 4.2.2 de esta tesis.

**Frecuencia:** cada tres meses.



**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** reporte de campo (El.4 - Sección 4.6).

**Herramientas:** escoba, cepillo.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes.

#### 4.4.7 Revisión y ajuste de válvulas, tapas y mecanismos de seguridad (4.7-Op.).

**Descripción:** realizar un recorrido a lo largo de toda la red de distribución con el fin de verificar el estado funcional tanto de las válvulas, tapas, picaportes, aldabas, bisagras y candados de todos los elementos que componen la red, es decir, tanques de almacenamiento, tanques distribuidores de caudales, tanques rompe presión, válvulas de aire o ventosa, válvulas de compuerta, medidores de agua. Revisar las válvulas con el fin no se endurezcan, para ello, girar lentamente en sentido horario y antihorario para evitar el golpe de ariete. Además, aplicar lubricante a todos estos elementos, para esto se utilizará una brocha o cepillo. No olvidar dejar las válvulas tal como se encontraron, abiertas o cerradas (no se admite un estado intermedio).

Reportar cualquier anomalía como rotura o pérdida de candados, indicios de forzamiento o apertura de las válvulas o tapas de tanques, para ello, anotar en el reporte de campo (El.4 - Sección 4.7).

En caso de presentarse algún desperfecto que se lo puede reparar de manera inmediata con la herramienta disponible se lo deberá hacer; caso contrario si el daño es mayor, se registrará en el reporte de campo (El.4 - Sección 4.7) y se informará inmediatamente.

**Frecuencia:** cada mes.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** lubricante, reporte de campo (El.4 - Sección 4.7).

**Herramientas:** brocha o cepillo.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

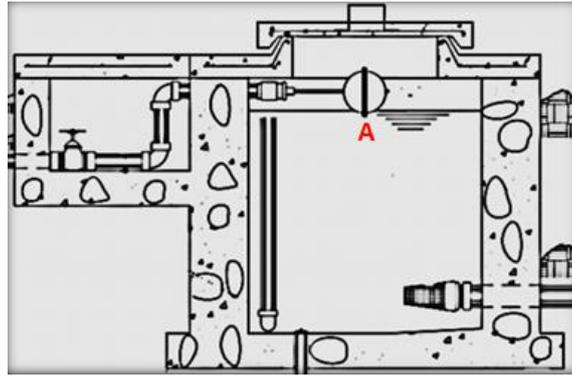
#### 4.4.8 Revisión y limpieza de las cajas rompe presión con válvulas de flote (4.8-Mt.).

Las cajas rompe presión dentro de la distribución de agua potable sólo se encuentran cuando se tiene una red abierta similar a una conducción de agua.

**Descripción:** realizar una inspección general de la caja rompe presión, para ello verificar si existen grietas, filtraciones, fugas o cualquier anomalía tanto en los muros, tapaderas o losas. Si se detectan estas anomalías, registrarlas en el reporte de campo (El.4 - Sección 4.8, subsección "Observaciones").

Verificar que el flote cierre completamente la válvula, para ello levantar el flotador (*Figura 48: A*), además se realizará la graduación necesaria, si éste lo requiere.

Se limpiará la caja rompe presión en un mínimo tiempo posible con el fin de no afectar el servicio a los usuarios. Para ello se debe seguir el siguiente procedimiento:



Fuente: adaptado de (PC MANCUERNA, 2011).

Figura 48. Esquema de una caja rompe presión con flote.

- Cerrar la válvula de salida y la válvula de entrada del tanque rompe presión.
- Quitar la tapa del tanque.
- Abrir la válvula de desfogue o rebose.
- Retirar todo material adherido al tanque tanto en las paredes como en el fondo, como hojarasca, tierra, arena, musgos, algas, etc., y luego limpiar con cepillo metálico las paredes y piso (nunca usar jabón o detergente).
- Al ingresar al tanque, usar botas de hule limpias con el fin de evitar cualquier contaminación externa.
- Dejar correr el agua sucia por el desagüe durante unos pocos minutos, terminado, cerrar la válvula de drenaje.

El personal encargado de realizar la actividad siempre deberá contar con la indumentaria de seguridad necesaria (casco, botas de hule, guantes, arnés de seguridad); y debido a la naturaleza del elemento y el riesgo que puede representar esta labor se la debe realizar entre dos personas con el fin de prevenir algún accidente.

**Frecuencia:** la frecuencia se debe establecer en función de las características propias de la red de distribución, es decir en función de la topografía, arrastre de sedimentos, de la época del año (invierno o verano).

**Personal requerido:** peón (2).

**Materiales:** reporte de campo (El.4 - Sección 4.8).

**Herramientas:** escoba, cepillo metálico, picos, pala, machete, balde de 5 galones.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, gafas y mascarilla de protección, guantes, arnés.

#### 4.4.9 Revisión de las válvulas de compuerta de control (4.9-Mt.).

**Descripción:** realizar una revisión general de la unidad, para ello verificar la presencia de grietas tanto en los muros como en las tapas del tanque en donde se encuentran las válvulas de control.

Revisar además el estado funcional tanto de las válvulas de control, de los picaportes, bisagras y candados. Inspeccionar las válvulas con el fin de que éstas no se endurezcan, para ello, girar lentamente en sentido horario y antihorario un par de veces; además aplicar lubricante a todos estos elementos, para ello, usar una brocha o cepillo.



Cualquier anomalía deberá ser registrada en el reporte de campo.

**Frecuencia:** cada mes.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** lubricante, reporte de campo (El.4 - Sección 4.9).

**Herramientas:** brocha o cepillo.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.

#### 4.4.10 Desinfección de los tanques distribuidores (reserva) de caudales (4.10-Mt.).

**Descripción:** esta actividad se debe realizar inmediatamente después de haber realizado la limpieza de los tanques distribuidores de caudales, según se especifica en el ítem 4.4.5 de esta tesis.

Se debe realizar la desinfección de los tanques distribuidores mediante cloro. Para ello, se debe seguir el siguiente procedimiento (*Figura 39*):

- a. Cerrar las válvulas de salida (A y B) y entrada del tanque (C).
- b. Abrir la válvula de drenaje (desagüe)(E). Luego esperar a que se vacíe el tanque distribuidor.
- c. Cerrar la válvula de drenaje (E).
- d. Echar cloro (la cantidad de cloro depende de la naturaleza y tamaño del tanque) en el tanque distribuidor y dejar que se llene de agua el tanque; luego dejar correr por el rebalse durante una hora y colocar la tapa del tanque (D).
- e. Abrir las válvulas de salida (A y B).

Considerar usar la indumentaria y equipos de protección con el fin de evitar afecciones a la salud del obrero. Para ello usar botas de hule, guantes, gafas y mascarilla de protección.

La cantidad de cloro a utilizar depende de la naturaleza y tamaño de los tanques distribuidores; la cantidad adoptada se deberá anotar en el reporte de campo (El.4 - Sección 4.10).

**Frecuencia:** la desinfección y la limpieza de los tanques distribuidores de caudales son actividades que no tienen la misma frecuencia, (la limpieza de la unidad se realizará con mayor frecuencia que su desinfección), sin embargo, cuando se realice la desinfección de los tanques distribuidores se deberá programar también la limpieza de los mismos.

**Personal requerido:** peón.

**Materiales:** cloro, reporte de campo (El.4 - Sección 4.10).

**Herramientas:** escobas, baldes, cepillo.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, gafas y mascarilla de protección, guantes, arnés.

#### 4.4.11 Estado del metal y pintura (4.11-Mt.).

**Descripción:** realizar un recorrido a lo largo de toda la red de distribución con el fin de verificar el estado del metal y de la pintura anticorrosiva de los elementos metálicos, tales como: válvulas de globo, válvulas aireadoras o ventosas, válvulas de compuerta, medidores de agua, tornillos, y todos los



demás accesorios metálicos. Los elementos que presenten corrosión se los deberá raspar mediante un cepillo metálico, limpiar y aplicar nuevamente la pintura anticorrosiva.

Es importante registrar en el reporte de campo (El.4 - Sección 4.11) el código, cantidad de la pintura usada, así como anomalías presentadas en el estado del metal como pérdida de sección, oxidación excesiva, pandeo de ciertos elementos, etc.

**Frecuencia:** tres meses.

**Personal requerido:** peón, albañil.

**Materiales:** pintura anticorrosiva, reporte de campo (El.4 - Sección 4.11).

**Herramientas:** cepillo metálico, brochas, baldes.

**Equipo de seguridad:** casco, botas de hule, guantes, arnés.



## 5 Resultados

En base a la guía elaborada en el capítulo anterior, la cual comprende una serie de ítems (técnicas) de operación y mantenimiento por cada componente del sistema de abastecimiento de agua potable (captación, conducción, planta de tratamiento y sistema de distribución), se han valorado los sistemas estudiados en esta tesis (Atuc-Loma, Tutupali Chico, Chiquintad, Chulco Soroche, Pillachiquir y Santa Ana). Para ello se han realizado visitas, inspecciones, recorridos de todos los sistemas además se han establecido conversaciones y recolección de información a los profesionales a cargo del manejo de los sistemas, los operadores mismos, la cuadrilla o personal de apoyo y a los usuarios.

Hay que mencionar que todos los sistemas estudiados están manejados por dos grupos de funcionarios de ETAPA EP, los primeros se componen de un profesional, un operador y un grupo de apoyo (cuadrilla) que se encarga básicamente se realizar reparaciones; todo este grupo se encarga de velar por el manejo y control desde las captaciones hasta la planta de tratamiento de agua potable (incluye tanques de almacenamiento). El segundo grupo maneja básicamente los problemas y anomalías que se den en la red de distribución. Hay que mencionar que esté último trabaja bajo operaciones en emergencia y mantenimiento en caso de falla, es decir no se trabaja en mantenimientos preventivo.

Con lo anterior ha sido posible saber la realidad del manejo de la muestra de sistemas seleccionados para el fin de este estudio, los cuales fueron seleccionados estratégicamente según su ubicación en el sector rural y por el tipo de sistema. Cabe recalcar que la información presentada sobre los sistemas de distribución es únicamente sobre elementos que están a cargo del operador, no se ha realizado la evaluación del resto de elementos.

Para mayor claridad de esta valoración se han elaborado cuadros con frecuencias, materiales y herramientas utilizadas y observaciones de cada una de las actividades estudiadas en los sistemas de abastecimiento estudiados, lo cuales se presentan en las siguientes páginas. Más adelante también se presenta cuadros comparativos (*Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 19*) que resumen el cumplimiento o no de las mismas por cada sistema.



SISTEMA DE ATUC-LOMA

		Frecuencia	Mat. y herramientas	Observaciones	
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	CAPTACIÓN	1.1 Limpieza de la rejilla.	Cada vez que se presenten problemas o disminución de caudal.	Cepillos.	Cuando se presente un problema en la captación se realiza esta actividad por parte de la cuadrilla o el operador. Todo depende del problema presentado. Ver Ilustración 4.
		1.2 Revisión y ajuste de válvulas, compuertas y elementos de seguridad.		Llave de válvulas.	Se accionan a las válvulas, conjuntamente con el mantenimiento de limpieza de toda la captación, y se manipulan solamente los accesorios necesarios para realizar el trabajo. No se realiza lubricación de los accesorios.
		1.3. Medición de caudal y turbiedad.	No se realiza.	-----	No se tiene adecuada la estructura con una regleta de escala limnimétrica.
		1.5. Revisión y limpieza del canal de derivación y de lavado.	No se realiza.	-----	En los últimos dos años se ha realizado solo una limpieza de esta unidad.
		1.7 Revisión y limpieza general de la unidad.	Cada que se presenten problemas en la captación.	-----	Solo se realiza una inspección visual de la captación, más no se realiza una limpieza de áreas verdes. La captación no cuenta con cerramiento.
		1.8 Estado del metal y pintura.	-----	-----	No se realiza esta actividad, es decir en toda la vida útil de las captaciones no se ha aplicado pintura anticorrosiva a los elementos metálicos ni elementos de hormigón.
	CONDUCCIÓN	2.1 Revisión general de la tubería.	Solo cuando hay problemas de pérdida de caudal.	-----	Esta actividad se realiza únicamente cuando hay problemas de caudal y se sospeche de acomedidas clandestinas. Para lo cual se coordina con la comunidad.
		2.2 Revisión y limpieza de las válvulas de aire o ventosas.		-----	-----
		2.3 Acción y revisión de las válvulas de purga.		Llave de válvulas.	Las purgas se accionan con el fin de eliminar los sedimentos y el aire en la conducción. Se revisan las válvulas ya que personas ajenas al manejo del sistema tienden a abrir para riego en sembríos.
		2.5 Revisión y ajuste de válvulas, tapas y mecanismos de seguridad.	Sólo cuando hay problemas de pérdida de caudal.	Llave de válvulas.	-----
2.6 Revisión y limpieza de los tanques reunidores (reserva) de caudales.		Solo cuando hay problemas de pérdida de caudal.	Escobas, cepillos.	Estas actividades sólo constan de una limpieza muy general del tanque, quitando maleza, sedimentos y especialmente el lodo acumulado. Ver Ilustración 9, Ilustración 10 e Ilustración 12.	
2.7 Revisión y limpieza de los tanques rompe presión.					
2.8 Estado del metal y pintura.		No se realiza.	-----	No se recubre los accesorios metálicos con pintura anticorrosiva. Y las estructuras de hormigón a lo largo de la conducción no han sido repintadas.	



SISTEMA DE ATUC-LOMA

		Frecuencia	Mat. y herramientas	Observaciones
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	3.1 Limpieza del prefiltro de grava.	Cada semana.	Hipoclorito, palas, cepillo. Se cepillan las paredes de los filtros, se remueve la capa superficial de la grava y se aplica hipoclorito en las pares. Ver Ilustración 20.
		3.3 Limpieza de los filtros lentos.	El primer filtro cada 5 semanas; el segundo filtro cada 2 semanas.	Hipoclorito, palas, cepillo. Se remueve la capa superficial (1/2 cm) y se desinfectan las paredes con hipoclorito. Ilustración 20.
		3.5 Lavado completo de los filtros lentos & lavado de la arena.	Dos años.	Hipoclorito, manguera con agua a presión. Se realiza el desarmado de los filtros, que comprende el lavado de toda la arena y la desinfección de toda la estructura.
		3.8 Limpieza de canales y vertederos.	Cada semana.	Hipoclorito, cepillo. Se cepilla las paredes de los vertederos y se desinfectan.
		3.9 Operaciones de la cámara de cloración.	3 veces al día (7 am, 12:30 pm, y 5 pm) se mide el cloro residual.	Medidor e indicador de cloro residual. (Ver Anexos: A). El dosificador presenta falta de calibración, por lo que la dosis de cloro aplicada es en base de la experiencia del operador. El cilindro de cloro dura aproximadamente 3 meses, pero no se tiene un registro de consumo diario de cloro gas.
		3.10. Medición de caudal, turbiedad, color y nivel de reserva.	2 veces al día (7 am, y 5:30 pm).	Caudalímetro electromagnético. Se mide únicamente el caudal de agua cruda y se aproxima el nivel de reserva del tanque de almacenamiento. Ilustración 17.
		3.11 Revisión y ajuste de válvulas y compuertas.	No se realiza.	----- Se verifica únicamente que todas las válvulas funcionen correctamente pero no se aplica ningún tipo de lubricante.
		3.12 Revisión y limpieza general de la planta.	No se realiza.	Máquina corta césped. Se realiza únicamente la limpieza de áreas verdes y jardineras. Esta actividad la realiza la cuadrilla de ETAPA EP.
		3.13 Estado del metal y pintura.	-----	----- No se ha realizado el pintado de los elementos de hormigón y metálicos por cuestiones administrativas y de presupuesto.
	SIST. DISTRIBUCIÓN	4.1 Revisión y limpieza del tanque de almacenamiento.	Cuando hay presencia de coliformes en los tanques y problemas que puedan hacer parar la PTAP.	Cepillos, escobas. La desinfección del tanque de reservas, se realiza cada vez que se hace su limpieza. Consta en aplicar hipoclorito, y se raspa las paredes y piso con escobas y cepillos.
4.2 Desinfección del tanque de almacenamiento.		Hipoclorito. Estas actividades la realizan la cuadrilla de ETAPA EP conjuntamente con el operador. Ver Ilustración 24.		



SISTEMA DE TUTUPALI CHICO

		Frecuencia	Mat. y herramientas	Observaciones	
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	CAPTACIÓN	1.2 Revisión y ajuste de válvulas, compuertas y elementos de seguridad.	Cada 3 meses.	Llave de válvulas.	Se accionan a las válvulas y compuertas, conjuntamente con el mantenimiento de limpieza de toda la captación, y se manipulan solamente los accesorios necesarios para realizar el trabajo. No se realiza lubricación de los accesorios. Esta actividad la realiza el operador o cuadrilla.
		1.3. Medición de caudal y turbiedad.	No se realiza.	-----	La cuadrilla en turno, se encarga de chequear los niveles de agua. Sin embargo, no se visita la captación con una frecuencia fija, más se realiza el recorrido cuando se presentan inconvenientes como disminución de caudal.
		1.6 Revisión y limpieza del tanque recolector.	Cada 3 meses.	Escoba y cepillos.	Los recorridos hacia las captaciones no se hacen con una frecuencia fija; comúnmente se realizan los recorridos cuando se presentan problemas. Esta limpieza se realiza cada vez que se visita la captación por medio del operador y la cuadrilla conformada entre 3 y 4 personas.
		1.7 Revisión y limpieza general de la unidad.	Cuando se observa la necesidad.	Máquina corta césped.	Se realiza un corte de maleza (manualmente o si es necesario con máquina) y se recoge la basura que se encuentre alrededor de la obra de captación. Las tomas no se encuentran protegidas por cercos. Esta actividad la realizan el operador y la cuadrilla conformada entre 3 y 4 personas.
		1.8 Estado del metal y pintura.	No se realiza.	-----	Los accesorios metálicos no son recubiertos por pinturas anticorrosivas, y no han sido sujetos a ningún mantenimiento. El último pintado de las estructuras de hormigón se realizó hace un año.
	CONDUCCIÓN	2.1 Revisión general de la tubería.	Cada vez que se visite la captación. O cuando se presentan problemas.	-----	Las actividades a lo largo de la conducción se realizan cada vez que se haya visitado la captación. Sin embargo, se observa que lo más común es que se recorre la línea de conducción cuando se presentan problemas. Esta actividad la realizan el operador y la cuadrilla conformada entre 3 y 4 personas.
		2.2 Revisión y limpieza de las válvulas de aire o ventosas.		-----	Se realiza un recorrido cuando se tienen inconvenientes de disminución de caudal, debido al aire acumulado en la tubería. Si el daño es mayor se comunica al encargado del sistema para que envíe la cuadrilla a reparar el daño. Esta actividad la realizan el operador y la cuadrilla conformada entre 3 y 4 personas.
		2.3 Acción y revisión de las válvulas de purga.		Llave de válvulas.	Generalmente se abren las purgas cuando se necesita desviar el caudal, para realizar actividades de limpieza o reparaciones en la línea de conducción. Esta actividad la realiza el operador o cuadrilla.
		2.5 Revisión y ajuste de válvulas, tapas y mecanismos de seguridad.	Cada vez que se visite la captación o cuando se presentan problemas.	Llave de válvulas.	No se lubrica los accesorios metálicos que existen a lo largo de la conducción. Esta actividad la realiza el operador o cuadrilla.
		2.7 Revisión y limpieza de los tanques rompe presión.	Cada vez que se visite la captación o cuando se presentan problemas.	Escoba y cepillos.	La limpieza consta en realizar un raspado de las paredes del tanque para hacer caer el material que se haya adherido a la estructura, para posteriormente retirarlo. Esta actividad la realiza el operador o cuadrilla de ETAPA EP.
2.8 Estado del metal y pintura.	No se realiza.	-----	No se recubre los accesorios metálicos con pintura anticorrosiva. Y las estructuras de hormigón a lo largo de la conducción no han sido repintadas.		



SISTEMA DE TUTUPALI CHICO

		Frecuencia	Mat. y herramientas	Observaciones	
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	3.1 Limpieza del prefiltro de grava.	Generalmente 1 vez por semana, y en épocas de invierno 2 veces por semana.	Hipoclorito, escoba, cepillos y manguera (agua a presión).	Se raspa las paredes del prefiltro, y se desvía el caudal por el desfogue. Además, se tapa el paso del caudal hacia los siguientes componentes.
		3.2 Limpieza de filtros gruesos dinámicos.	Cada dos días.	-----	Cada 2 días se realiza un retro lavado de los filtros, accionando las válvulas provocando que el filtro se vacíe, y que el caudal arrastre los sedimentos retenidos. Cada vez que se realice un retro lavado el caudal debe ser desviado por el desfogue.
		3.3 Limpieza de los filtros lentos.	Cada tres semanas.	Palas y carretillas.	Se retira una capa superficial de 2 cm de arena, y se la coloca en una instalación donde existe una llave para lavar la arena removiéndola. Las paredes de los filtros se raspan con escobas y cepillos. La realiza el operador o cuadrilla de ETAPA EP.
		3.4 Lavado de la grava de los filtros gruesos dinámicos.	2 veces por semana.	Palas.	Se remueve la capa superficial de la grava para que se levante los sedimentos retenidos, y se desvía el caudal por el desfogue.
		3.5 Lavado completo de los filtros lentos & lavado de la arena.	No ha observado el operador, pero le han comentado que se hace cada 5 años.	-----	Se desarma todo el filtro, es decir que se retira toda la arena para lavarla y volverla a poner en capas según la granulometría. Además, cada vez que se desarma se raspan las paredes de los filtros. La realiza la cuadrilla de ETAPA conformada entre 3 y 4 personas.
		3.8 Limpieza de canales y vertederos.	Cada 3 días.	Hipoclorito y cepillos.	Consta en raspar las paredes de los canales, y los vertederos, con el objetivo de retirar el material adherido; para recogerlo y retirarlo. Durante esta limpieza se cierra el paso del caudal hacia las demás unidades.
		3.9 Operaciones de la cámara de cloración.	El cloro residual se mide tres veces al día (8am, 12am y 3pm).	Medidor e indicador de cloro residual. (Ver Anexos: A).	Se mide únicamente el cloro residual. El operador se encarga de controlar que los niveles de cloro residual no se encuentren fuera de 0.8 a 1.5 mg/l.
		3.10. Medición de caudal, turbiedad, color y nivel de reserva.	3 veces al día medición de turbiedad y color. Medición de caudal varias veces al día.	Medidor electrónico de turbiedad y color y regleta para medir el caudal.	El caudal de ingreso se controla mediante la lectura de la regleta en el vertedero de entrada, de forma constante en el día. Las tomas de color y turbiedad, se toman y registran para control de calidad tres veces al día. Los límites máximos permitidos para el agua tratada son de 3 a 15 unidades de turbiedad y color respectivamente.
		3.11 Revisión y ajuste de válvulas y compuertas.	Cada que sea necesario.	-----	Sólo se accionan los accesorios cuando se realizan las limpiezas, pero no se da una lubricación. Según el operador las válvulas y compuertas son difíciles de accionar.
		3.12 Revisión y limpieza general de la planta.	Cuando es necesario.	Máquina corta césped.	Cuando se dificultan la realización de las actividades de limpieza, se solicita realizar un corte de maleza, y mantenimiento del cerco que rodea la PTAP. La realiza una cuadrilla de ETAPA EP conformada entre 3 y 4 personas.
	3.13 Estado del metal y pintura.	No se realiza.	-----	No se recubre los accesorios metálicos con pintura anticorrosiva. La última vez que se realizó un pintado de las estructuras de hormigón, fue hace aproximadamente un año.	
	SIST. DISTRIBUCIÓN	4.1 Revisión y limpieza del tanque de almacenamiento.	Cada dos meses.	escobas, cepillos y manguera (agua a presión).	Esta actividad la realiza el operador la cuadrilla de ETAPA EP conformada entre 3 y 4 personas.
		4.2 Desinfección del tanque de almacenamiento.	Cada dos meses.	Hipoclorito, escobas, cepillos y manguera (agua a presión).	Se realiza cada vez que se hace su limpieza. Consta en aplicar hipoclorito, y se raspa las paredes y piso con escobas y cepillos, luego se lava con agua a presión y se desvía el caudal por el desfogue. La realiza el operador y la cuadrilla de ETAPA EP conformada entre 3 y 4 personas.



SISTEMA DE CHIQUINTAD

		Frecuencia	Mat. y herramientas	Observaciones	
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	CAPTACIÓN	1.1 Limpieza de la rejilla.	Después de cada crecida del río o cada mes en épocas de invierno y en verano sólo cuando hay problemas de caudal.	Escoba o cepillos	El caudal captado ingresa directamente por una tubería en donde se tiene únicamente una malla. Ver Ilustración 49.
		1.2 Revisión y ajuste de válvulas, compuertas y elementos de seguridad.		Llave de válvulas.	Se accionó únicamente una compuerta de excesos. No se realiza la lubricación del mismo. Ver Ilustración 50.
		1.3. Medición de caudal y turbiedad.	No se realiza.	-----	No se tiene adecuada la estructura con una regleta de escala limnimétrica.
		1.4 Limpieza y lavado del desarenador.	Cada mes.	Escoba Cepillo	Ver Ilustración 51.
		1.5. Revisión y limpieza del canal de derivación y de lavado.	-----	-----	Esta captación toma directamente el agua por una tubería, es decir la captación no cuenta con canales.
		1.7 Revisión y limpieza general de la unidad.	Cuando se observa la necesidad.	Machete.	Solo se realiza la limpieza de la maleza y camino de acceso al desarenador. La toma de agua no está protegida con un cerco, únicamente el desarenador.
		1.8 Estado del metal y pintura.	En los último 10 meses no se ha realizado.	-----	No se ha aplicado ningún lubricante ni pintura anticorrosiva a los elementos metálicos. No se ha quitado la corrosión.
		CONDUCCIÓN	2.1 Revisión general de la tubería.	En tiempos "muertos".	-----
2.2 Revisión y limpieza de las válvulas de aire o ventosas.	1 a 2 veces al mes.		-----	Solo se revisa que no haya anomalías conjuntamente con los tanques rompe presión. Sólo si se encuentran sedimentos u hojarasca se procede a retirarlos.	
2.3 Acción y revisión de las válvulas de purga.	Sólo cuando hay bajo caudal de llega en la PTAP.		Llave de válvulas.	Se tiene únicamente una válvula de purga en la entrada de la PTAP, la cual se acciona únicamente cuando se dan problemas de caudal de ingreso.	
2.5 Revisión y ajuste de válvulas, tapas y mecanismos de seguridad.	Cuando se observa la necesidad.		Llave de válvulas.	Sólo se manipulan los accesorios necesarios para realizar un trabajo. Sólo en caso de presentarse algún problema se trata de arreglarlo de inmediato.	
2.7 Revisión y limpieza de los tanques rompe presión.	1 a 2 veces al mes.		Escoba Cepillo	El operador realiza una limpieza general de sedimentos, lodos, y maleza alrededor de un único tanque rompe presión presente en la conducción. Ver Ilustración 53.	
2.8 Estado del metal y pintura.	-----		-----	No se ha aplicado ningún lubricante ni pintura anticorrosiva a todos los elementos metálicos de la conducción. No se ha quitado la corrosión.	



**SISTEMA DE CHIQUINTAD**

		Frecuencia	Mat. y herramientas	Observaciones	
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	3.6 Limpieza de filtros rápidos por gravedad.	En verano: un filtro diario. En invierno: un filtro en la mañana y otro en la noche.	Escoba Cepillo Agua a presión	La limpieza sólo incluye limpieza de la estructura como tal. Hace un año se realizó el desarmado de toda esta unidad que incluyó lavado de la grava, arena y antracita.
		3.7 Limpieza del floculador.	Cada semana.	Escoba Cepillo Agua a presión	Mediante agua a presión se lavan conjuntamente todas las pantallas del floculador y paredes del canal. Esta operación dura aproximadamente 45 minutos. Recientemente (2 meses) se hicieron dos desfuegos para la limpieza de estos elementos, antes sólo se realizaba levemente estas limpiezas.
		3.8 Limpieza de canales y vertederos.			
		3.9 Operaciones de la cámara de cloración.	5 veces al día (8 am, 10 am, 12 pm, 3 pm y 5 pm) se mide el cloro residual.	Medidor e indicador de cloro residual. (Ver Anexos: A).	El dosificador presenta falta de calibración. Se realiza una dosificación de 5 mg de cloro gas por litro de agua a tratar. El cilindro de cloro dura aproximadamente 10 semana, pero no se tiene un registro de consumo diario de cloro gas.
		3.10. Medición de caudal, turbiedad, color y nivel de reserva.	3 veces al día (8 am, 12 pm, y 5 pm).	Medidor electrónico de turbiedad y color y regleta para medir el caudal.	Se mide únicamente el caudal, turbiedad y color en la entrada, es decir solo agua cruda.
		3.11 Revisión y ajuste de válvulas y compuertas.	Con cada limpieza de las unidades.	-----	Se verifica únicamente que todas las válvulas funcionen correctamente pero no se aplica ningún tipo de lubricante.
		3.12 Revisión y limpieza general de la planta.	Cuando se observa la necesidad.	Escoba, máquina corta césped.	El operador colabora con la limpieza general de la planta (aunque no sea su función), con los jardines, siembra de plantas, etc.
		3.13 Estado del metal y pintura.	No se realiza.	Pintura para estructuras de hormigón.	No se aplica ningún tipo de pintura anticorrosiva a los elementos metálicos. En el tiempo de trabajo del operador (10 meses) únicamente se han pintado las paredes del floculador y sedimentador.
	SIST. DISTRIBUCIÓN	4.1 Revisión y limpieza del tanque de almacenamiento.	Cada seis meses.	Escoba Cepillo	Solo se realiza una limpieza muy general de los tanques de almacenamiento, es decir, solo se elimina sedimentos u hojarasca.
		4.2 Desinfección del tanque de almacenamiento.	No se realiza.	-----	-----



SISTEMA DE CHULCO SOROCHÉ

		Frecuencia	Mat. y herramientas	Observaciones	
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	CAPTACIÓN	1.1 Limpieza de la rejilla.	En verano: una vez por semana En invierno: dos a cuatro veces por semana.	Rastrillo	Se realiza la limpieza de las tres rejillas presentes en la captación. Ver Ilustración 66.
		1.2 Revisión y ajuste de válvulas, compuertas y elementos de seguridad.	Cuando se observa la necesidad.	-----	Únicamente se realiza la revisión de la compuerta del canal de excesos.
		1.3. Medición de caudal y turbiedad.	No se realiza.	-----	No se tiene adecuada la estructura con una regleta de escala limnimétrica.
		1.5. Revisión y limpieza del canal de derivación y de lavado.	En crecidas o dos veces al año.	Escoba Cepillo	Ver Ilustración 66.
		1.7 Revisión y limpieza general de la unidad.	No se realiza.	-----	No se evidenció rastro de mantenimiento del césped, limpieza de hojarasca, etc. La captación si cuenta con cerramiento.
		1.8 Estado del metal y pintura.	No se realiza.	-----	No se ha aplicado ningún lubricante ni pintura anticorrosiva a los elementos metálicos. Las compuertas son de hierro galvanizado.
	CONDUCCIÓN	2.1 Revisión general de la tubería.	Ya que la conducción se realiza mediante tubería de hierro dúctil de 250 milímetro de diámetro, las actividades de operación y mantenimiento están a cargo de la cuadrilla de ETAPA EP (conformada entre 3 y 4 personas). Pero éstos se encargan solamente en caso de operaciones de emergencia y mantenimiento en caso de falla.		
		2.2 Revisión y limpieza de las válvulas de aire o ventosas.			
		2.3 Acción y revisión de las válvulas de purga.			
		2.4 Revisión de equipo de bombeo.			
		2.5 Revisión y ajuste de válvulas, tapas y mecanismos de seguridad.			
		2.6 Revisión y limpieza de los tanques reunidores (reserva) de caudales.			
2.7 Revisión y limpieza de los tanques rompe presión.					
2.8 Estado del metal y pintura.					



SISTEMA DE CHULCO SOROCHÉ

		Frecuencia	Mat. y herramientas	Observaciones	
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	3.6 Limpieza de filtros rápidos por gravedad.	Se lava uno en la mañana y otro en la tarde. Es decir, cada filtro se lava cada dos días.	-----	Se cuenta con 4 filtros. La limpieza de los mismos se realiza mediante retro lavado.
		3.7 Limpieza del floculador.	Cada mes.	Hipoclorito Escobas.	La limpieza de estas unidades se realiza mediante una cuadrilla de ETAPA EP conformada entre 5 a 6 personas. Esta operación dura aproximadamente 4 horas.
		3.8 Limpieza de canales y vertederos.			
		3.9 Operaciones de la cámara de cloración.	4 veces al día (8 am, 12 pm, 4 pm y 8 pm) se mide únicamente el cloro residual.	Medidor e indicador de cloro residual. (Ver Anexos: A).	. Se realiza una dosificación de 1.85 mg de cloro gas por litro de agua a tratar. El cilindro de cloro dura aproximadamente 12 a 15 días, pero no se tiene un registro de consumo diario de cloro gas.
		3.10. Medición de caudal, turbiedad, color y nivel de reserva.	4 veces al día (8 am, 12 pm, 4 pm y 8 pm).	Medidor electrónico de turbiedad y color y aforador de caudal automático.	Se mide únicamente el caudal y turbiedad en agua cruda, caudal de agua tratada y se aproxima el % de reserva de los dos tanques de almacenamiento.
		3.11 Revisión y ajuste de válvulas y compuertas.	Cada mes.	Equipo de revisión de compuertas.	Esta operación se realiza con técnicos de ETAPA EP, los cuales revisan y chequean todas las válvulas y compuertas presentes en la PTAP.
		3.12 Revisión y limpieza general de la planta.	Cada tres meses.	Máquina corta césped.	Esta actividad se realiza mediante una cuadrilla de ETAPA entre 5 a 6 personas. La cual realiza una limpieza general de toda la PTAP que incluye corte de hierba.
		3.13 Estado del metal y pintura.	No se realiza.	-----	No se aplica ningún tipo de pintura anticorrosiva a los elementos metálicos.
	SIST. DISTRIBUCIÓN	4.1 Revisión y limpieza del tanque de almacenamiento.	Cada año.	Escoba Cepillo	Solo se realiza una limpieza muy general de los tanques de almacenamiento, es decir, solo se elimina sedimentos u hojarasca. Ver Ilustración 74
		4.2 Desinfección del tanque de almacenamiento.	No se realiza.	-----	-----



SISTEMA DE PILLACHIQUIR

		Frecuencia	Mat. y herramientas	Observaciones		
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	CAPTACIÓN	1.1 Limpieza de la rejilla.	En verano: cada seis meses.	Rastrillo.	Las frecuencias son solo una referencia, ya que el operador realiza con mayor frecuencia cuando se presentan problemas de caudal y turbiedad en la PTAP. Ver Ilustración 77.	
		1.2 Revisión y ajuste de válvulas, compuertas y elementos de seguridad.	En invierno: cada tres meses.			Llave de válvulas.
		1.3. Medición de caudal y turbiedad.	No se realiza.	-----		No se tiene adecuada la estructura con una regleta de escala limnimétrica.
		1.5. Revisión y limpieza del canal de derivación y de lavado.	En verano: cada seis meses. En invierno: cada tres meses.	-----		Todas estas actividades se realizan cuando se visita la captación, en donde se hace una revisión general de todos estos elementos más no se revisa minuciosamente uno por uno. Ver Ilustración 78 e Ilustración 79.
		1.6 Revisión y limpieza del tanque recolector.		-----		
		1.7 Revisión y limpieza general de la unidad.		-----		
		1.8 Estado del metal y pintura.		-----		
	CONDUCCIÓN	2.1 Revisión general de la tubería.	Todas estas actividades no tienen una frecuencia fija de revisión y limpieza. El operador recorre toda la conducción el mismo día que visita la captación. En ese recorrido verifica alguna anomalía presente más no se hace una revisión minuciosa de los elementos. En caso de presentarse alguna emergencia como pérdidas de agua, el operador comunica a la cuadrilla de ETAPA para que se busque la fuga de agua y se repare. Es decir, sólo se actúa en operaciones en emergencia y mantenimiento en caso de falla. Ver Ilustración 80.			
		2.2 Revisión y limpieza de las válvulas de aire o ventosas.				
		2.3 Acción y revisión de las válvulas de purga.				
		2.4 Revisión de equipo de bombeo.				
		2.5 Revisión y ajuste de válvulas, tapas y mecanismos de seguridad.				
		2.6 Revisión y limpieza de los tanques reunidores (reserva) de caudales.				
		2.7 Revisión y limpieza de los tanques rompe presión.				
2.8 Estado del metal y pintura.						



**SISTEMA DE PILLACHIQUIR**

		Frecuencia	Mat. y herramientas	Observaciones	
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	3.2 Limpieza de filtros gruesos dinámicos.	Cada día; en invierno: hasta 3 veces al día. Cada 4 días se desinfecta.	Hipoclorito	La limpieza se realiza mediante retro lavado (ver Ilustración 83). Las paredes se desinfectan mediante hipoclorito.
		3.4 Lavado de la grava de los filtros gruesos dinámicos.	Cada año.	Palas, tamices, baldes.	Se desarma toda la unidad, se lava y se tamiza la grava.
		3.6 Limpieza de filtros rápidos por gravedad.	Cada 5 días.	-----	Mediante retro lavado se ejecuta la limpieza de esta unidad. Cada año se realiza el lavado completo de la unidad, que incluye limpieza de la arena, desinfección, y tamizado.
		3.7 Limpieza del floculador.	Todos los días.	-----	Así mismo se realiza la limpieza de esta unidad mediante retro lavado.
		3.8 Limpieza de canales y vertederos.	Cada 4 días.	Escobas Cepillo	Únicamente se realiza una limpieza manual de los sedimentadores.
		3.9 Operaciones de la cámara de cloración.	3 veces al día (8 am, 12 pm, 5 pm)	Medidor e indicador de cloro residual. (Ver Anexos: A).	Se mide únicamente el cloro residual.
		3.10. Medición de caudal, turbiedad, color y nivel de reserva.	3 veces al día (8 am, 12 pm, 5 pm)	Medidor electrónico de turbiedad y color y aforador de caudal automático.	Se mide únicamente el caudal, color y turbiedad en agua cruda. No se tiene un registro diario de % de nivel de reserva.
		3.11 Revisión y ajuste de válvulas y compuertas.	No se realiza.	-----	-----
		3.12 Revisión y limpieza general de la planta.	No se realiza.	Máquina corta césped.	En los últimos tres años se ha realizado solo una vez la limpieza de áreas verdes por parte de la cuadrilla de ETAPA EP.
		3.13 Estado del metal y pintura.	No se realiza.	Pintura para estructuras de hormigón.	No se aplica ningún tipo de pintura anticorrosiva a los elementos metálicos. Cada año se pintan todas las unidades, para ello se realiza un contrato con una empresa externa de pintado.
	SIST. DISTRIBUCIÓN	4.1 Revisión y limpieza del tanque de almacenamiento.	Cada tres meses.	Escoba Cepillo	Solo se realiza una limpieza muy general de los tanques de almacenamiento, es decir, solo se elimina sedimentos u hojarasca. Ver Ilustración 86.
		4.2 Desinfección del tanque de almacenamiento.	No se realiza.	-----	-----



SISTEMA DE SANTA ANA

		Frecuencia	Mat. y herramientas	Observaciones	
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	CAPTACIÓN	1.2 Revisión y ajuste de válvulas, compuertas y elementos de seguridad.	Cada visita a las captaciones.	Llave de válvulas.	En base a su experiencia el operador menciona que, en época de verano, normalmente el caudal disminuye en 0.5 l/s cada 3 semanas; en caso de tener un bajón brusco de caudal se revisan las captaciones. Y se realiza una limpieza completa retirando el lodo, y demás sedimentos que se acumulan; siendo necesario accionar las válvulas que existen; pero estas no son lubricadas. Esta actividad la realiza el operador y la cuadrilla (5 personas).
		1.3. Medición de caudal y turbiedad.	No se realiza.	-----	No se tiene adecuada la estructura con una regleta de escala limnimétrica
		1.6 Revisión y limpieza del tanque recolector.	Cada visita a las captaciones.	Escobas y cepillos.	Cada vez que realiza un recorrido hasta las captaciones se aprovecha para regresar realizando una limpieza de todos los elementos que forman la captación, en los tanques se raspan las paredes para hacer caer el sedimento y se los retira. Esta actividad la realiza el operador y la cuadrilla (5 personas).
		1.7 Revisión y limpieza general de la unidad.		-----	No se limpia el llano que se tiene alrededor de las captaciones, la limpieza consta en retirar únicamente los sedimentos que dificultan la entrada del caudal de agua. Tampoco se realiza un mantenimiento a los cercos que rodean las captaciones. Esta actividad la realiza el operador y la cuadrilla (5 personas).
		1.8 Estado del metal y pintura.	No se realiza.	-----	Lo que se da es una limpieza de los accesorios retirando el lodo que se adhiere, sin embargo, no se recubre a los elementos metálicos con pintura anticorrosiva.
	CONDUCCIÓN	2.1 Revisión general de la tubería.	Cada visita a las captaciones o cuando hay problemas de caudal.	-----	Cuando se hace una visita a la captación se regresa realizando un recorrido por toda la línea de conducción. O se la revisa cada vez que se tiene pérdidas de caudal, pero no se encuentran anomalías en las captaciones; lo que significa que deben existir daños a lo largo de la conducción.
		2.2 Revisión y limpieza de las válvulas de aire o ventosas.	Cada visita las captaciones o cuando se da limpieza a las mismas.	-----	Se chequea el estado de las válvulas de aire en cada recorrido por la conducción, y se las acciona cuando se ha realizado la limpieza de la captación, debido a que se acumula aire en la tubería, provocando que disminuya el caudal. Esta actividad la realiza el operador y la cuadrilla (5 personas).
		2.3 Acción y revisión de las válvulas de purga.	Cuando se da limpieza de las captaciones.	Llave de válvulas.	Cuando se ha limpiado la captación, o cuando llueve mucho el agua baja turbia, por lo que se abren las purgas para eliminar el agua con sedimentos, a más de que se realiza un lavado de la tubería. Para tener un buen lavado se tienen abiertas las purgas por lo menos 20 minutos, hasta ver que el agua que sale tenga mejores características de turbiedad. Esta actividad la realiza el operador y la cuadrilla (5 personas).
		2.4 Revisión de equipo de bombeo.	No se realiza.	-----	En la estación de bombeo se cuenta con dos bombas sumergidas en una laguna, las cuales se han quemado en algunas ocasiones por el lodo que no se controla para realizar el bombeo. El operador menciona que estas bombas no son sujetas a mantenimiento, sino que se recambian cada vez que se queman.
		2.5 Revisión y ajuste de válvulas, tapas y mecanismos de seguridad.	Cuando se visitan las captaciones.	-----	En cada recorrido por la conducción se revisa el estado de los elementos, pero no se les da ninguna clase de lubricación. Esta actividad la realiza el operador y la cuadrilla (5 personas).
		2.6 Revisión y limpieza de los tanques reunidores (reserva) de caudales.	Cada recorrido por la conducción.	Escobas y cepillos.	Se raspan las paredes de los tanques para retirar el sedimento adherido a la estructura, y se manda el agua por el desfogue.
		2.8 Estado del metal y pintura.	No se realiza.	-----	No se da un recubrimiento a los elementos metálicos.



SISTEMA DE SANTA ANA

		Frecuencia	Mat. y herramientas	Observaciones	
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	3.1 Limpieza del prefiltro de grava.	Cada 3 semanas.	Hipoclorito, escobas, cepillos y manguera.	Se diluye el hipoclorito en agua para aplicarlo en las paredes con el fin de desinfectarla, para posteriormente rasparlas para eliminar el material adherido y finalmente lavarlo con agua a presión. Además, se realiza un retro lavado del prefiltro una vez al día.
		3.3 Limpieza de los filtros lentos.	Cada semana.	Hipoclorito, escobas, cepillos, manguera y carretillas.	Se seca por completo el filtro, y se quita una capa superficial de arena de aproximadamente 2 cm de espesor para lavarla con agua a presión; para posteriormente volver a colocar la capa de arena lavada en el filtro, ya que no se cuenta con un espacio apto para el almacenamiento de la arena. También, se aplica hipoclorito en las paredes y se las raspa. Este proceso se realiza de forma alternada entre los dos filtros existentes, es decir que cada semana se limpia un filtro.
		3.5 Lavado completo de los filtros lentos & lavado de la arena.	Se hizo a los 7 años.	Hipoclorito, escobas, cepillos, manguera y carretillas.	Se desarma completamente los filtros, es decir que se retira toda la arena para lavarla mediante agua a presión. Además, se lavan las paredes con hipoclorito y se las raspa mediante escobas o cepillos. Luego que se seca la arena se la vuelve a reponer, para que el filtro esté listo para ponerlo en marcha.
		3.7 Limpieza del floculador.	Varía entre 7 a 15 días.	Hipoclorito y manguera.	Este proceso se realiza en conjunto con el sedimentador. Se seca completamente las unidades, para aplicar el hipoclorito diluido en agua sobre todos los elementos del floculador y sedimentador; y se los deja por unos momentos, para luego lavar las unidades mediante agua a presión. Durante el tiempo de duración de la limpieza no se realiza el tratamiento en la PTAP.
		3.8 Limpieza de canales y vertederos.	Se lava con el filtro al que conduce el caudal	Hipoclorito, escobas, cepillos, manguera y carretillas.	El lavado de los canales y vertederos se realiza cada vez que se lavan los filtro hacia lo que conducen el caudal; se aplica el hipoclorito diluido sobre las paredes del canal y el vertedero, para luego rasparlos con una escoba, y finalmente lavarlos con agua a presión.
		3.9 Operaciones de la cámara de cloración.	2 veces al día solo se mide cloro residual.	Indicador de cloro residual, tubos de ensayo y medidor de cloro residual.	Sobre el agua se aplica hipoclorito diluido en balde, lo cual es muy ineficiente. Esto se realiza debido a que el clorinador se encuentra dañado. Las muestras para conocer el cloro residual se toman 2 veces al día. (Ver Anexos: A).
		3.10. Medición de caudal, turbiedad, color y nivel de reserva.	2 veces al día.	Tubos de ensayo y medidor electrónico de turbiedad y color.	Las muestras se toman del agua cruda, agua sedimentada y agua tratada; y se registran los resultados para tener un conocimiento de la eficiencia de los procesos, así como un control de calidad del agua suministrada.
		3.11 Revisión y ajuste de válvulas y compuertas.	Cuando se realiza la limpieza de las unidades.	-----	Los accesorios que se tienen en la PTAP se accionan solamente cuando se realizan las actividades de limpieza y cuando se realizan algún trabajo. No se les da una lubricación.
		3.12 Revisión y limpieza general de la planta.	Cuando es necesario.	Máquina corta césped.	Se realiza un mantenimiento de las áreas verdes de la PTAP cuando se ha convertido en un inconveniente para los procesos de tratamiento del agua, y cuando genera incomodidad de la realización de las actividades.
		3.13 Estado del metal y pintura.	No se realiza.	-----	Ningún accesorio metálico es recubierto con pintura anticorrosiva, ni tampoco se ha realizado el repintado de las unidades o elementos de hormigón.



## SISTEMA DE SANTA ANA

		Frecuencia	Mat. y herramientas	Observaciones	
ACTIVIDADES DE LA GUÍA	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	4.1 Revisión y limpieza del tanque de almacenamiento.	Cada año.	Escobas, cepillos y manguera.	La limpieza del tanque de almacenamiento se realiza al mismo tiempo que se planifica una desinfección; no se realizan limpiezas frecuentes.
		4.2 Desinfección del tanque de almacenamiento.	Cada año.	Hipoclorito, escobas, cepillos y manguera.	Según el operador la desinfección y limpieza del tanque de almacenamiento normalmente se realiza con la frecuencia indicada, aunque últimamente no se han dado. Cuando se realiza esta actividad se raspa las paredes y piso con hipoclorito diluido y luego se lava con agua a presión.
		4.6 Revisión de las válvulas de aire o ventosas.	Cada día.	-----	Debido a que el caudal que es tratado no es suficiente para satisfacer las necesidades de la comunidad, se cierran las válvulas todos los días para que se puedan llenar las reservas. Por lo que es necesario accionar las ventosas para que no se den taponamientos por el aire contenido en las tuberías.



Tabla 17. Cuadro de resumen comparativo - Parte 1.

		Sistemas de abastecimiento de agua potable						
		Atuc-Loma	Tutupali Chico	Chiquintad	Chulco Soroche	Pillachiquir	Santa Ana	
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	CAPTACIÓN	1.1 Limpieza de la rejilla.	Cuando hay problemas		Cada mes en invierno y en verano cuando hay problemas	En verano: cada semana; en invierno: dos veces por semana	En verano: cada 6 meses; en invierno: cada 3 meses	
		1.2 Revisión y ajuste de válvulas, compuertas y elementos de seguridad.	Cuando hay problemas	Cada tres meses		Cuando hay problemas		Cada visita a las captaciones por problemas
		1.3 Medición de caudal y turbiedad.						
		1.4 Limpieza y lavado del desarenador.			Cada mes			
		1.5 Revisión y limpieza del canal de derivación y de lavado.	Una vez en dos años			En crecidas o cada seis meses	En verano: cada 6 meses; en invierno: cada 3 meses	
		1.6 Revisión y limpieza del tanque recolector.		Cada tres meses				Cada visita a las captaciones por problemas
		1.7 Revisión y limpieza general de la unidad.	Cuando hay problemas	Cuando hay problemas	Cuando hay problemas			
		1.8 Estado del metal y pintura.						
	CONDUCCIÓN	2.1 Revisión general de la tubería.			En tiempos "muertos"		En verano: cada 6 meses; en invierno: cada 3 meses. O cuando haya problemas	Cada visita a las captaciones por problemas
		2.2 Revisión y limpieza de las válvulas de aire o ventosas.	Cuando hay problemas de caudal	Cuando hay problemas o se visite la captación (3 meses)	1 a 2 veces al mes	Cuando hay problemas		Cada visita a las captaciones por problemas
		2.3 Acción y revisión de las válvulas de purga.			Cuando hay problemas de caudal			Cuando se da limpieza a las captaciones
		2.4 Revisión de equipo de bombeo.						
		2.5 Revisión y ajuste de válvulas, tapas y mecanismos de seguridad.	Cuando hay problemas de caudal	Cuando se visite la captación	Cuando hay problemas			Cuando se da limpieza a las captaciones

El color de celda se refiere a las siguientes condiciones:

	Se realiza
	No se realiza
	No se tiene la unidad

En las celdas de color  se especifica la frecuencia con la que se realiza cada actividad.



Tabla 18. Cuadro de resumen comparativo - Parte 2.

		Sistemas de abastecimiento de agua potable						
		Atuc-Loma	Tutupali Chico	Chiquintad	Chulco Soroche	Pillachiquir	Santa Ana	
ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	CONDUCCIÓN	2.6 Revisión y limpieza de los tanques reunidores (reserva) de caudales.	Cuando hay problemas de caudal					Cuando hay problemas
		2.7 Revisión y limpieza de los tanques rompe presión.	Cuando hay problemas de caudal	Cuando hay problemas.	1 a 2 veces al mes			
		2.8 Estado del metal y pintura.						
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	3.1 Limpieza del prefiltro de grava.	Cada semana	1 o 2 vez por semana				Cada 3 semanas
		3.2 Limpieza de filtros gruesos dinámicos.		Cada dos días			En invierno: 1 vez al día; en verano: 3 veces al día	
		3.3 Limpieza de los filtros lentos.	Cada dos semanas	Cada 3 semanas				Cada semana
		3.4 Lavado de la grava de los filtros gruesos dinámicos.		2 veces por semana			Cada año	
		3.5 Lavado completo de los filtros lentos & lavado de la arena.	Cada dos años	Cada 5 años				Se hizo a los 7 años.
		3.6 Limpieza de filtros rápidos por gravedad.			En verano: cada dos días; en invierno: cada día	Cada dos días	Cada 5 días	
		3.7 Limpieza del floculador.					Cada día	Entre 7 a 15 días.
		3.8 Limpieza de canales y vertederos.	Cada semana	Cada 3 días	Cada día	Cada mes	Cada 4 días	Con el lavado del filtro que conduce el agua.
3.9 Operaciones de la cámara de cloración.	3 veces al día	3 veces al día	5 veces al día	4 veces al día	3 veces al día	2 veces al día.		
3.10. Medición de caudal, turbiedad, color y nivel de reserva.	2 veces al día	3 veces al día	3 veces al día	4 veces al día	3 veces al día	2 veces al día.		
3.11 Revisión y ajuste de válvulas y compuertas.	Cuando dé problemas	Cuando dé problemas	Con cada limpieza de las unidades	Cada mes		Con cada limpieza de las unidades.		

El color de celda se refiere a las siguientes condiciones:

	Se realiza
	No se realiza
	No se tiene la unidad

En las celdas de color  se especifica la frecuencia con la que se realiza cada actividad.



Tabla 19. Cuadro de resumen comparativo - Parte 3.

		<b>Sistemas de abastecimiento de agua potable</b>						
		<b>Atuc-Loma</b>	<b>Tutupali Chico</b>	<b>Chiquintad</b>	<b>Chulco Soroche</b>	<b>Pillachiquir</b>	<b>Santa Ana</b>	
<b>ACTIVIDADES DE LA GUÍA DE OP. Y MANT.</b>	<b>PTAP</b>	3.12 Revisión y limpieza general de la planta.	Cuando hay problemas.	Cuando hay problemas.	Cuando hay problemas	Cada tres meses	Una vez en tres años	Cuando hay problemas
		3.13 Estado del metal y pintura.					Cada año únicamente se pinta elementos de hormigón	
	<b>SIST. DISTRIBUCIÓN</b>	4.1 Revisión y limpieza del tanque de almacenamiento.	Cuando hay problemas	Cada dos meses	Cada seis meses	Cada año	Cada 3 meses	Cada año
		4.2 Desinfección del tanque de almacenamiento.	Cuando hay problemas	Cada dos meses				Cada año
		4.6 Revisión de las válvulas de aire o ventosas.						Cada día

El color de celda se refiere a las siguientes condiciones:

	Se realiza
	No se realiza
	No se tiene la unidad

En las celdas de color  se especifica la frecuencia con la que se realiza cada actividad.



## 6 Conclusiones y recomendaciones

- Actualmente no se tiene una planificación en cuanto a la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable, por lo que, es necesario contar con la presencia de una guía de operación y mantenimiento, para estandarizar las actividades, técnicas y frecuencias que se deban aplicar.
- Las frecuencias de cada actividad no se pueden definir de manera general en la guía elaborada, ya que estas dependen de las características e inconvenientes que presente cada sistema de abastecimiento de agua potable.
- El llenado y archivado de registros servirá para formar una base de datos, que posteriormente ayudará en la toma de decisiones respecto a mantenimientos, reparaciones, cambios de equipos y posibles remodelaciones del sistema de abastecimiento. Además, de que facilitará la identificación de los principales problemas que generan ineficiencia en el servicio.
- Según los cuadros comparativos de resultados, se observa que la mayor parte de sistemas actúan en base a mantenimientos y operaciones correctivas. La disminución de caudal es una de las principales razones por la cual se toman acciones correctivas, cuando esto sucede en la mayoría de los casos se recorre las conducciones hasta llegar a las captaciones para identificar y solucionar el problema. Es así en la mayoría de las veces estos componentes son inspeccionadas sólo cuando se dan problemas.
- Los elementos metálicos en todos los sistemas no son sujetos a mantenimiento, es decir, no se da tratamiento a la corrosión, ni lubricación y algunos de ellos son susceptibles de daño al encontrarse en la intemperie y sin protección.
- En el sector rural del cantón Cuenca, la presencia de acometidas o conexiones clandestinas a lo largo tanto de la conducción como de la red de distribución, significan un problema económico y social, que tiene gran impacto en los modos de construcción y materiales empleados; así como, en la eficiencia que se tiene en el servicio de abastecimiento.
- En lo que tiene que ver al sistema de abastecimiento de agua potable de Santa Ana, aparte de que no se tiene un plan de mantenimiento preventivo, presenta muchas deficiencias entre las más importantes sobresale inicialmente que el sistema tiene un total de 15 captaciones con aproximadamente 26.5 kilómetros de longitud de tubería de conducción que abastece un caudal de 5 l/s a la PTAP, lo cual implícitamente resulta dificultoso, por cuestiones de recursos, llevar un mantenimiento preventivo y cuando ocurren problemas en los componentes el tiempo de solución de alto. Este caudal tan bajo que se maneja es insuficiente para cubrir toda la demanda de usuarios de Santa Ana por lo cual éstos tienen acceso al agua sólo 4 horas al día (de 8 am a 12 pm) todo esto porque el sistema ya ha culminado su vida útil. Otro problema evidente se da en todos los elementos que constituyen el sistema, estos se encuentran muy deteriorados por causa misma de falta de mantenimiento.



- El sistema de distribución de agua potable de Chiquintad no es manejado por la Empresa Pública si no por los propios usuarios del sector, por lo que no se tiene un control en este aspecto.
- En las caracterizaciones de los sistemas de abastecimiento estudiados se han tomado puntos de ubicación de los principales elementos, para ello se ha usado un GPS Timple R4. Pero algunos de estos puntos tomados (principalmente en las tuberías de conducción) no coinciden con los proporcionados con el departamento de catastro de ETAPA (ver Anexos C), por lo cual se concluye que los operadores del sistema no tienen un conocimiento exacto de la ubicación del trazado de la conducción.
- Las plantas de tratamiento de filtración en múltiples etapas (FIME) representan menores costos de operación y mantenimiento que otros sistemas, ya que, sus demandas de energía eléctrica son inferiores, al igual que no necesitan de productos químicos para realizar procesos como coagulación y floculación.
- Las personas encargadas de la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable, deben estar en constante capacitación para conocer las tecnologías implementadas más nuevas, y los métodos más óptimos de intervención en la infraestructura; además se les deberá proporcionar de conocimiento para atender y controlar situaciones de emergencia.
- En la administración y gestión de los sistemas de abastecimiento de agua potable, no debe existir división de cargos entre diferentes autoridades, con la finalidad de tener un mejor control de calidad del servicio, como de las actividades de operación, mantenimiento y reparaciones que se realizan.
- A lo largo de la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable Santa Ana, se observan tanques de reserva en los domicilios de los usuarios; lo que puede generar una contaminación del agua suministrada debido al tiempo de almacenamiento, además de las condiciones sanitarias de estas reservas. Por lo que se recomienda realizar un estudio, en el que se analice el grado de contaminación que se produce en estos tanques de reserva domiciliarios, y las consecuentes afecciones en términos de salud, económicos y sociales.
- Para la mejora continua de la guía realizada en este trabajo, se recomienda realizar la valoración de las actividades de operación y mantenimiento de otros sistemas de abastecimiento de agua potable, con el fin de incluir elementos y actividades faltantes.
- Si bien la guía se la elaborado de manera general, se recomienda aplicarla de manera específica en diferentes sistemas de abastecimiento de agua potable, tomando en cuenta aspectos como condiciones climáticas, topográfica, actividades antrópicas del sector, así como las características físicas, químicas y biológicas, tanto del agua cruda como del agua tratada; con el fin de adaptar las actividades, técnicas y frecuencias para cada sistema, según sus propias peculiaridades que pudiesen afectar al estado de la infraestructura.



## 7 Bibliografía y referencias

- Albany, N. Y., & otros. (1962).** Manual de tratamiento de aguas. N. Y., Estados Unidos: Limusa Wiley.
- AME, & INEC. (2016).** Registro de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado.
- Arocha, S. (1980). *Abastecimientos de agua*. (Vega, Ed.) Madrid, España.
- Cajas Ávila, C., & CARE. (1999).** Introducción a la gestión local de los Sistemas de Agua Potable. *Agua para el Consumo Humano*. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Cajas, C. (2000).** Administración de los sistemas de agua potable. *Agua para el consumo humano*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Gráficas Hernández.
- CARE Internacional, & Avina. (Enero de 2012).** Módulo 5: operación y mantenimiento de sistemas de agua potable. Ecuador.
- CEPIS, OPS, Cánepa de Vargas, L., & División de salud y ambiente. (Julio de 1992).** Programa regional de mejoramiento de calidad de agua para consumo humano. *Manual III: operación, mantenimiento y control*.
- CEPIS; OPS. (2002).** Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. *Manual de capacitación para operadores*. Lima, Perú.
- CEPIS; OPS. (2005).** Guías para la operación y mantenimiento de sistemas de filtración de múltiples etapas. Lima, Perú.
- CEPIS; OPS. (2005).** Manual IV: Operación, mantenimiento y control de calidad. *Tratamiento de agua para el consumo humano*. Lima, Perú.
- CEPIS; OPS. (2005).** Procedimientos para la operación y mantenimiento de la red de distribución. Lima, Perú.
- CEPIS; OPS. (2005).** Tratamiento de agua para consumo humano (Plantas de filtración rápida). *Manual III: Evaluación de plantas de tecnología apropiada*. Lima, Perú.
- CONAGUA; SEMARNAT. (s.f).** Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. *Conducciones*. México.
- CONAGUA; SEMARNAT. (s.f).** Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. *Diseño de redes de distribución de agua potable*. México.
- CONAGUA; SEMARNAT. (s.f).** Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. *Desinfección para sistemas de agua potable y saneamiento*. México.
- Consorcio Saneamiento Lima Sur. (Enero de 2015).** Manual de procedimientos de operación y mantenimiento Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. Lima, Perú.
- ETAPA. (07 de Septiembre de 2018).** Obtenido de Plantas de Potabilización Cuenca: <http://www.etapa.net.ec>
- ETAPA. (2019).** *Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y saneamiento de Cuenca*. Obtenido de ETAPA: <https://www.etapa.net.ec/>
- Fábrica de compuertas Riego Nacional S.A. (s.f).** *Compuerta deslizante [figura]*. Recuperado el 27 de Febrero de 2019, de <http://www.riegonacional.com/compuertas-deslizantes.html>

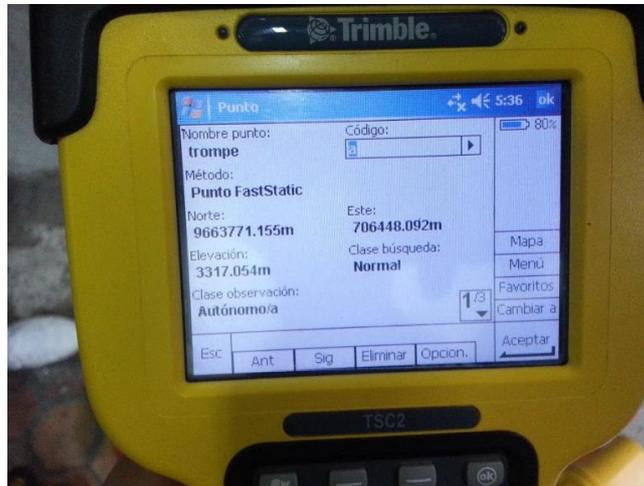


- Flinn, A., Weston, R., & Bogert, C. (1952).** *Abastecimiento de aguas.* (MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC, Ed.) Barcelona, España: Labor, S.A.
- Flintsch, G., & Bryce, J. (2014).** *Sustainable Pavement Management.* (Springer, Berlín, & Heidelberg, Edits.)
- Galárraga, R., & Sánchez. (15 de Febrero de 2000).** Informe Nacional sobre la gestión del agua en el Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Galvis Castaño, G., Latorre Montero, J., & Teun Visscher, J. (1999).** *Filtración en Múltiples Etapas Tecnología innovativa para el tratamiento de agua.* Santiago de Cali.
- Helene, P., & Pereira, F. (2007).** *Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto.* (P. Helene, & F. Pereira, Edits.) São Pablo, Brasil.
- Huebner, W. (Abril de 1996).** Desinfección de Aguas de Desecho Humano. *Seminario, Agua de México.* México.
- Idrovo, D., Becerra, R., Espinoza, L., Ochoa, F., Reyes, E., & Vásquez, P. (1999).** Diseño, construcción, operación, mantenimiento y evaluación de sistemas de agua potable. *Agua para Consumo Humano.* Quito, Azuay, Ecuador: Gráficas Hernández.
- INEN. (Enero de 2014).** Norma Técnica Ecuatoriana. *Agua Potable. Requisitos.* Quito, Ecuador.
- Krochin, S. (1986).** *Diseño Hidráulico* (Tercera ed.). Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Lloret, P. (2005).** Gestión de Cuencas Hidrográficas. Cuenca, Azuay, Ecuador: Gráficas Hernández.
- Mays, Larry W. (2002).** *Manual de Sistemas de Distribución de Agua* (Traducido de la primera edición en inglés ed.). (D. d. Arizona, Ed., & Invaring, S.L., Trad.) Madrid, España.
- OMS. (2006).** *Guías para la calidad del agua potable.* Primer apéndice a la tercera edición.
- PC MANCUERNA. (2011).** Manual de Administración, Operación y Mantenimiento de Sistemas de agua y saneamiento. Guatemala.
- Perez, L. (22 de Septiembre de 2014).** *Operaciones petroleras.* Recuperado el 15 de Enero de 2019, de <http://operadorpetrolero.blogspot.com/2014/12/tipos-de-bombas-en-operaciones.html>
- Pittman, R. A. (1997).** *Agua potable para poblaciones rurales (sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento).* Lima, Perú: Asociación Servicio Educativos Rurales (SER).
- Steel, E. (1958).** *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado.* Barcelona, España: Gustavo Gili, S.A.
- Trujillo, A. (Febrero de 2007).** Principios básicos de calidad y tratamiento de agua potable. Colombia: Universidad de Caldas.
- Tutoriales de ingeniería civil. (S/F).** *Tutoriales de ingeniería civil.* Recuperado el 15 de Febrero de 2019, de <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/red-de-distribucion-de-agua-potable-abierta-o-cerrada/>
- Visscher, J., Paramasivam, R., Raman, A., & Heijnen, H. (1992).** *Filtración Lenta en Arena: Tratamiento de Agua para Comunidades.* (CINARA, Trad.) Cali, Colombia.



### 8 Anexos

Anexo A. Fotografías de las inspecciones realizadas a los sistemas de abastecimiento de agua potable y equipos utilizados.



Controlador: GPS Trimble R4.

Nombre	Norte	Este	Elevación
capta	9696190.645	719279.210	3171.647
planta	9692355.155	721817.804	3103.042
puent	9694596.106	720980.007	2966.098
trz1	9695466.088	720060.226	3132.776
trz2	9695062.324	720439.658	3084.041
trz3	9694917.216	720537.455	3035.284
trz4	9694646.617	720779.017	2980.941
trz5	9694389.657	720933.604	2989.001
trz7	9693080.548	721101.224	3002.033
trz8	9692430.617	721638.459	3078.422
trz9	9692287.022	721757.303	3059.206
tsz6	9693608.807	720858.805	2946.819

Coordenadas del sistema Chulco Soche tomadas con GPS Trimble R4.

Norte	Este	Elevación	Código	No
9670963.762	733675.878	2997.522	planta	
9669942.378	737178.287	3042.433	captacion	
9669933.745	737170.708	3041.235	captacion-ta	
9669920.209	737145.658	3041.326	aeradora1	
9669900.741	737126.344	3035.385	conduccion	
9669890.981	737116.936	3035.374	conduccion2	
9669847.002	736760.770	2997.875	purga1	
9669828.843	736662.324	3004.271	conduccion3	
9669995.117	736321.462	2995.270	conduccion4	
9669828.843	736662.324	3004.271	conduccion3	
9669995.117	736321.462	2995.270	conduccion4	
9670336.211	735773.985	2957.239	conduccion5	
9670549.233	735453.204	2965.602	conduccion6	
9670596.777	734909.580	2914.281	conduccion7	
9670689.152	734580.662	2913.247	conduccion8	
9670714.928	734227.185	2976.017	conduccion9	
9670556.636	733952.180	2950.221	purga2	
9670946.065	733678.972	3000.609	valv llq	

Coordenadas del sistema Santa Ana tomadas con GPS Trimble R4.



Indicador de cloro residual: Vario Chlorine DPD.



a)

b)

Medidor de cloro residual: a). De comparación visual y b) Digital.



Medidor electrónico de turbiedad y color.



Anexo B. Tablas de registro de la guía de operación y mantenimiento de un sistema de abastecimiento de agua potable.

Anexo B. 1 Tablas de registro del componente: captación.

Anexo B. 2 Tablas de registro del componente: conducción.

Anexo B. 3 Tablas de registro del componente: planta de tratamiento de agua potable.

Anexo B. 4 Tablas de registro del componente: sistema de distribución.





ANEXO B. 1

Reporte de campo El.1 - Sección 1.1 a 1.4

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

Nombre del responsable: \_\_\_\_\_

1. CAPTACIÓN.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso
--------	--------------	-----------	----------------------	---------	---------	----------

1.1. Limpieza de la rejilla: se debe retirar todo el material retenido en la rejilla y el volumen retirado se aproximará en galones.

Actividades realizadas	Material observado	Total de material retirado
	Vegetación	Volumen: _____ *Se aproxima en galones
	Piedras	
	Residuos	
	Otros	

Observaciones: \_\_\_\_\_

1.2. Revisión y ajuste de válvulas, compuertas y elementos de seguridad: verificar el estado funcional de válvulas, compuertas, picaportes, bisagras. Aplicar lubricante.

Actividades realizadas	Número de elementos	Lubricante utilizado (litros)
	Válvulas: _____	Cantidad: _____ litros Marca: _____
	Compuertas: _____	
	Picaportes: _____	
	Bisagras: _____	

Observaciones: \_\_\_\_\_

1.3. Medición de caudal y turbiedad: tomar por lo menos 3 mediciones de caudal y turbiedad y obtener el promedio.

Actividades realizadas	Caudal medido	Turbiedad medida
	1 _____ (l/s)	1 _____ NTU
	2 _____ (l/s)	2 _____ NTU
	3 _____ (l/s)	3 _____ NTU
	4 _____ (l/s)	4 _____ NTU

Observaciones: \_\_\_\_\_

1.4. Limpieza y lavado del desarenador: realizar la limpieza de la cámara de entrada, sedimentación y cámara de salida. Limpiar todas las paredes y retirar el lodo.

Actividades realizadas	Material observado
	Vegetación
	Piedras
	Residuos
	Otros _____

Observaciones: \_\_\_\_\_

\*\*La vegetación incluye ramas, hojas, etc.

\*\*Los residuos incluyen todo tipo de basura como plásticos, vidrios, cauchos, etc.

\*\*En el ítem 1.2, en caso de encontrar indicios de manipulaciones o forzajes en las válvulas, compuertas y mecanismos de seguridad, se registrará en "observaciones" indicando la ubicación del elemento.

\*\*En el ítem 1.2, cualquier actividad realizada sobre una válvula en específico deberá ser anotada con detalles de las acciones ejecutadas.



ANEXO B. 1

Reporte de campo El.1 - Sección 1.5 a 1.8

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

Nombre del responsable: \_\_\_\_\_

1. CAPTACIÓN.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso
--------	--------------	-----------	----------------------	---------	---------	----------

1.5. Revisión y limpieza del canal de derivación y canal de lavado: verificar la presencia de grietas, filtraciones, fugas. Limpiar y retirar el material presente en las paredes y el fondo.

Actividades realizadas	Material observado	
	Vegetación	<input type="checkbox"/>
	Piedras	<input type="checkbox"/>
	Residuos	<input type="checkbox"/>
	Otros _____	

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

1.6. Revisión y limpieza del tanque(s) recolector(es): verificar la presencia de grietas, filtraciones. Retirar el material adherido en las paredes del tanque. Cepillar las paredes.

Actividades realizadas	Material observado	
	Vegetación	<input type="checkbox"/>
	Piedras	<input type="checkbox"/>
	Residuos	<input type="checkbox"/>
	Otros _____	

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

1.7. Revisión y limpieza general de la unidad: limpiar toda la zona dentro del cerramiento de la captación (vegetación, troncos, maleza). Revisar y anotar el estado del hormigón.

Actividades realizadas	Material observado	Estado del cerramiento
	Vegetación	<input type="checkbox"/> Bueno _____
	Piedras	<input type="checkbox"/> Regular _____
	Residuos	<input type="checkbox"/> Deteriorado _____
	Otros _____	<input type="checkbox"/> Muy deteriorado _____

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

1.8. Estado de pintura y metal: verificar el estado del metal y pintura de todos los elementos metálicos. Aplicar pintura anticorrosiva.

Actividades realizadas	Estado del pintura	Estado del metal
	Buena	<input type="checkbox"/> Bueno _____
	Regular	<input type="checkbox"/> Corroído _____
	Deteriorada	<input type="checkbox"/> Muy corroído _____
	Muy deteriorada	<input type="checkbox"/> _____

Pintura utilizada: Cod. \_\_\_\_\_ /Cant. \_\_\_\_\_ galones.

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

\*\*La vegetación incluye ramas, hojas, etc.

\*\*Los residuos incluyen todo tipo de basura como plásticos, vidrios, cauchos, etc.

\*\*En caso de encontrar una fisura o fuga de cualquiera de las estructuras, se deberá registrar en las observaciones en el ítem correspondiente; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación.

\*\*En el ítem 1.7, en caso de encontrar una rotura en la malla o poste de protección, se deberá registrar en observaciones; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación.





ANEXO B. 2

Reporte de campo El.2 - Sección 2.1 a 2.4

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

Nombre del responsable: \_\_\_\_\_

2. CONDUCCIÓN.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso
--------	--------------	-----------	----------------------	---------	---------	----------

2.1. Revisión general de la tubería: realizar un recorrido a lo largo de la tubería. Detectar fugas, filtraciones, roturas y posibles amenazas. Mantener despejada el área adyacente de la tubería.

Actividades realizadas	Caudal (l/s)	Estado de la tubería	Estabilidad del suelo
	Q1= _____; Q2= _____	Buena	
	Q2= _____; Q3= _____	Regular	
	Q3= _____; Q4= _____	Deteriorada	
	Q4= _____; Q5= _____	Muy deteriorada	

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.2. Revisión y limpieza de las válvulas de aire o ventosas: realizar una inspección del tanque en donde se encuentran las válvulas, verificar que las válvulas expulsen aire.

Actividades realizadas	Material observado	Estado de la válvula de aire
	Vegetación	Correcto _____
	Piedras	Expulsa parcialmente el aire _____
	Residuos	No expulsa aire _____
	Otros _____	Otro: _____

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.3. Acción y revisión de las válvulas de purga: abrir las válvulas purga y drenar los sedimentos acumulados en las tuberías. Revisar y limpiar las válvulas y las caja de protección.

Actividades realizadas	Material observado	Acción de la válvula
	Vegetación	Hora de apertura: _____
	Piedras	
	Residuos	Hora de cierre: _____
	Otros _____	

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.4. Revisión de equipos de bombeo: revisar los equipos de bombeo y las estructuras que las componen. Lubricar los elementos del motor de la bomba. Cambiar los aceites.

Actividades realizadas	Cambio de aceites: Fecha - Cantidad
	Cárter: _____/_____/_____ galones
	Cabezal de mando: _____/_____/_____ galones
	Otro: _____/_____/_____ galones

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

\*\*En "estabilidad del suelo" se especificará las condiciones del suelo, presencia de deslizamientos, asentamientos, etc.

\*\*La vegetación incluye ramas, hojas, troncos etc. Los residuos incluyen todo tipo de basura como plásticos, vidrios, cauchos, etc.

\*\*En caso de encontrar una fisura o fuga de cualquiera de las estructuras, se deberá registrar en las observaciones en el ítem correspondiente; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación, indicando la ubicación del elemento.

\*\*En el ítem 2.4, en "cambio de aceites" debe especificarse la fecha en que se realizó el cambio de aceite y la cantidad utilizada. En el campo "otro", se debe especificar cualquier otra pieza

\*\*En la sección "Caudal" del ítem 2.1: se deben registrar de manera que Q1 sea el punto de aforamiento del inicio de la conducción, y los siguientes (Q2, Q3...) corresponden a los aforamientos en los tanques rompe presiones; el último caudal aforado es el punto final de la conducción.



ANEXO B. 2

Reporte de campo El.2 - Sección 2.5 a 2.8

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

Nombre del responsable: \_\_\_\_\_

2. CONDUCCIÓN.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso
--------	--------------	-----------	----------------------	---------	---------	----------

2.5. Revisión y ajuste de válvulas, tapas y mecanismos de seguridad: verificar el estado funcional de válvulas, tapas, picaportes, etc. de todos los elementos de la conducción. Aplicar lubricante.

Actividades realizadas	Lubricante utilizado (litros)
	Cantidad: _____ litros Marca: _____

Observaciones: \_\_\_\_\_

2.6. Revisión y limpieza de los tanques reunidores de caudales: realizar una revisión (posibles grietas, filtraciones, fugas) y limpieza de los tanque reunidores de caudales.

Actividades realizadas	Material observado
	Vegetación <input type="checkbox"/> Piedras <input type="checkbox"/> Residuos <input type="checkbox"/> Otros _____

Observaciones: \_\_\_\_\_

2.7. Revisión y limpieza de los tanques rompe presión: realizar una revisión (posibles grietas, filtraciones, fugas) y limpieza de los tanque rompe presión.

Actividades realizadas	Material observado
	Vegetación <input type="checkbox"/> Piedras <input type="checkbox"/> Residuos <input type="checkbox"/> Otros _____

Observaciones: \_\_\_\_\_

2.8. Estado de pintura y metal: verificar el estado del metal y pintura de todos los elementos metálicos a lo largo de la conducción. Aplicar pintura anticorrosiva.

Actividades realizadas	Estado de pintura	Estado del metal	Pintura utilizada
	Buena <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Deteriorada <input type="checkbox"/> Muy deteriorada <input type="checkbox"/>	Bueno <input type="checkbox"/> Corroído <input type="checkbox"/> Muy Corroído <input type="checkbox"/>	Código: _____ Cantidad: _____ galones

Observaciones: \_\_\_\_\_

\*\*La vegetación incluye ramas, hojas, troncos etc. Los residuos incluyen todo tipo de basura como plásticos, vidrios, cauchos, etc.  
\*\*En caso de encontrar una fisura o fuga de cualquiera de las estructuras, se deberá registrar en las observaciones en el ítem correspondiente; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación indicando la ubicación del elemento.  
\*\*En el ítem 2.5, en caso de encontrar indicios de manipulaciones o forzajes en las válvulas, tapas y mecanismos de seguridad, se registrará en "observaciones" indicando la ubicación del elemento.  
\*\*En el ítem 2.5, cualquier actividad realizada sobre una válvula en específico deberá ser anotada con detalles de las acciones ejecutadas.





ANEXO B. 3

Reporte de campo El.3 - Sección 3.1

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

3.1. Limpieza del prefiltro de grava: efectuar la limpieza del prefiltro ya sea por el método hidráulico o manual.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
Personal empleado	Actividades realizadas					Método utilizado	Volumen de grava	Firma del responsable
Peón:						Hidráulico		
Albañil:						Manual		
						Otro _____		

Observaciones: \_\_\_\_\_

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
Personal empleado	Actividades realizadas					Método utilizado	Volumen de grava	Firma del responsable
Peón:						Hidráulico		
Albañil:						Manual		
						Otro _____		

Observaciones: \_\_\_\_\_

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
Personal empleado	Actividades realizadas					Método utilizado	Volumen de grava	Firma del responsable
Peón:						Hidráulico		
Albañil:						Manual		
						Otro _____		

Observaciones: \_\_\_\_\_

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
Personal empleado	Actividades realizadas					Método utilizado	Volumen de grava	Firma del responsable
Peón:						Hidráulico		
Albañil:						Manual		
						Otro _____		

Observaciones: \_\_\_\_\_

\*\*En la subsección "Otro" de la sección "método utilizado", se deberá especificar que método se utilizó para el lavado de la grava del prefiltro.

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargados tenga otra ocupación se deberá agregar.

\*\*El volumen de la grava del prefiltro será registrado en metros cúbicos (ej. 1/2 m3)



ANEXO B. 3

**Reporte semanal de campo El.3 - Sección 3.2**

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE:** \_\_\_\_\_

**3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.**

**3.2. Limpieza de filtros gruesos dinámicos:** consiste en realizar la limpieza de las cámaras de entrada y salida (1 vez por semana), de la capa superficial de grava (2 veces por semana) y un lavado hidráulico (1 vez por semana).

**4.2.1 Limpieza de las cámaras de entrada y salida.**

<b>Fecha:</b>	<b>Hora inicio:</b>	<b>Hora fin:</b>	<b>Condición climática:</b>	Soleado	Nublado	Lluvioso	
<b>Personal empleado</b>	<b>Actividades realizadas</b>						<b>Firma del responsable</b>
Peón:							
Albañil:							
<i>Observaciones:</i> _____							

**4.2.2 Limpieza de la capa superficial de grava.**

<b>Fecha:</b>	<b>Hora inicio:</b>	<b>Hora fin:</b>	<b>Condición climática:</b>	Soleado	Nublado	Lluvioso	
<b>Personal empleado</b>	<b>Actividades realizadas</b>						<b>Firma del responsable</b>
Peón:							
Albañil:							
<i>Observaciones:</i> _____							

**4.2.3 Limpieza hidráulica.**

<b>Fecha:</b>	<b>Hora inicio:</b>	<b>Hora fin:</b>	<b>Condición climática:</b>	Soleado	Nublado	Lluvioso	
<b>Personal empleado</b>	<b>Actividades realizadas</b>						<b>Firma del responsable</b>
Peón:							
Albañil:							
<i>Observaciones:</i> _____							

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargado tenga otra ocupación se deberá agregar.

\*\*En caso de encontrar una fisura o fuga en el filtro, se deberá registrar en las observaciones; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación.



ANEXO B. 3

Reporte de campo El.3 - Sección 3.3

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

3.3. Limpieza de los filtro lentos: realizar la limpieza de la capa superficial de arena y de toda la estructura.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio
<b>Personal empleado</b>		<b>Actividades realizadas</b>				<b>Espesor de cada retirada</b>	<b>Firma del responsable</b>
Peón:						Espesor de la capa de arena en cm.	
Albañil:							
Observaciones: _____							
-----							
-----							
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio
<b>Personal empleado</b>		<b>Actividades realizadas</b>				<b>Espesor de cada retirada</b>	<b>Firma del responsable</b>
Peón:						Espesor de la capa de arena en cm.	
Albañil:							
Observaciones: _____							
-----							
-----							
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio
<b>Personal empleado</b>		<b>Actividades realizadas</b>				<b>Espesor de cada retirada</b>	<b>Firma del responsable</b>
Peón:						Espesor de la capa de arena en cm.	
Albañil:							
Observaciones: _____							
-----							
-----							
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio
<b>Personal empleado</b>		<b>Actividades realizadas</b>				<b>Espesor de cada retirada</b>	<b>Firma del responsable</b>
Peón:						Espesor de la capa de arena en cm.	
Albañil:							
Observaciones: _____							
-----							
-----							

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargado tenga otra ocupación se deberá agregar.

\*\*En caso de encontrar una fisura o fuga en el filtro, se deberá registrar en las observaciones; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación.



ANEXO B. 3

Reporte de campo El.3 - Sección 3.4

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

**3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.**

**3.4. Lavado de la grava de filtros gruesos dinámicos:** se debe retirar el material filtrante de la unidad y lavarlo.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio
<b>Personal empleado</b>							<b>Firma del responsable</b>
<b>Actividades realizadas</b>							
Peón:							
Albañil:							
<i>Observaciones:</i> _____							
-----							
-----							
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio
<b>Personal empleado</b>							<b>Firma del responsable</b>
<b>Actividades realizadas</b>							
Peón:							
Albañil:							
<i>Observaciones:</i> _____							
-----							
-----							
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio
<b>Personal empleado</b>							<b>Firma del responsable</b>
<b>Actividades realizadas</b>							
Peón:							
Albañil:							
<i>Observaciones:</i> _____							
-----							
-----							
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio
<b>Personal empleado</b>							<b>Firma del responsable</b>
<b>Actividades realizadas</b>							
Peón:							
Albañil:							
<i>Observaciones:</i> _____							
-----							
-----							

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargado tenga otra ocupación se deberá agregar.

\*\*En caso de encontrar una fisura o fuga en el filtro, se deberá registrar en las observaciones; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación.



ANEXO B. 3

**Reporte de campo El.3 - Sección 3.5**

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE:** \_\_\_\_\_

**3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.**

**3.5. Lavado completo de los filtros lentos & lavado de la arena:** se debe retirar toda la arena de la unidad para posteriormente lavarla.

<b>Fecha:</b>	<b>Hora inicio:</b>	<b>Hora fin:</b>	<b>Condición climática:</b>	Soleado	Nublado	Lluvioso
<b>Personal empleado</b>	<b>Actividades realizadas</b>					<b>Firma del responsable</b>
Peón:						
Albañil:						
<i>Observaciones:</i> _____						
-----						
-----						
<b>Fecha:</b>	<b>Hora inicio:</b>	<b>Hora fin:</b>	<b>Condición climática:</b>	Soleado	Nublado	Lluvioso
<b>Personal empleado</b>	<b>Actividades realizadas</b>					<b>Firma del responsable</b>
Peón:						
Albañil:						
<i>Observaciones:</i> _____						
-----						
-----						
<b>Fecha:</b>	<b>Hora inicio:</b>	<b>Hora fin:</b>	<b>Condición climática:</b>	Soleado	Nublado	Lluvioso
<b>Personal empleado</b>	<b>Actividades realizadas</b>					<b>Firma del responsable</b>
Peón:						
Albañil:						
<i>Observaciones:</i> _____						
-----						
-----						
<b>Fecha:</b>	<b>Hora inicio:</b>	<b>Hora fin:</b>	<b>Condición climática:</b>	Soleado	Nublado	Lluvioso
<b>Personal empleado</b>	<b>Actividades realizadas</b>					<b>Firma del responsable</b>
Peón:						
Albañil:						
<i>Observaciones:</i> _____						
-----						
-----						

\*\*En la subsección "Otro" de la sección "método utilizado", se deberá especificar que método se utilizó para el lavado de la arena del filtro lento.

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargado tenga otra ocupación se deberá agregar.



ANEXO B. 3

**Reporte de campo El.3 - Sección 3.6**

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE:** \_\_\_\_\_

**3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.**

**3.6. Limpieza de filtros rápidos por gravedad:** limpiar las paredes del filtro y efectuar un retrolavado de la unidad.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio
<b>Personal empleado</b>			<b>Actividades realizadas</b>				<b>Firma del responsable</b>
Peón:							
Albañil:							
<i>Observaciones:</i> _____							
-----							
-----							
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio
<b>Personal empleado</b>			<b>Actividades realizadas</b>				<b>Firma del responsable</b>
Peón:							
Albañil:							
<i>Observaciones:</i> _____							
-----							
-----							
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio
<b>Personal empleado</b>			<b>Actividades realizadas</b>				<b>Firma del responsable</b>
Peón:							
Albañil:							
<i>Observaciones:</i> _____							
-----							
-----							
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio
<b>Personal empleado</b>			<b>Actividades realizadas</b>				<b>Firma del responsable</b>
Peón:							
Albañil:							
<i>Observaciones:</i> _____							
-----							
-----							

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargado tenga otra ocupación se deberá agregar.

\*\*En caso de encontrar una fisura o fuga en el filtro, se deberá registrar en las observaciones; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación.



ANEXO B. 3

Reporte de campo El.3 - Sección 3.6

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

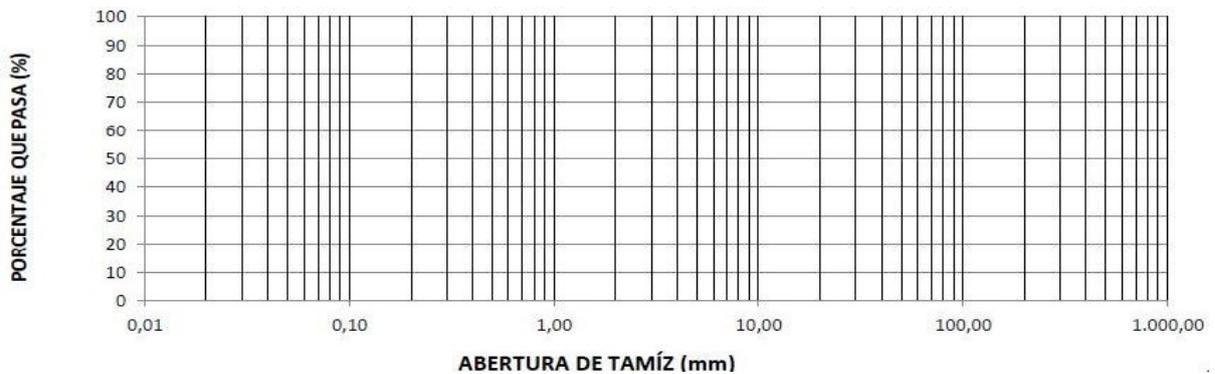
3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

3.6. Filtros rápidos por gravedad - Análisis granulométrico del medio filtrante.

Fecha:						
TAMIZ #	ABERTURA	PESO RETEN.	P. RET. ACUM.	%	%	ESPECIF.
	mm.	gr.	gr.	RETENIDO	PASA	
2"	50.00					
1 1/2"	37.50					
1"	25.00					
3/4"	19.00					
1/2"	12.50					
3/8"	9.50					
N.4	4.75					
N.8	2.38					
N.10	2.00					
N.16	1.19					
N.20	0.84					
N.30	0.59					
N.40	0.42					
N.50	0.267					
N.60	0.246					
N.80	0.177					
N.100	0.149					
N.200	0.074					
PASA N.200						
<b>TOTAL</b>						

PESO ANTES ENSAYO = \_\_\_\_\_ gr. PESO ANTES LAVADO (seco) = \_\_\_\_\_ gr.  
 PESO DESPUÉS ENSAYO = \_\_\_\_\_ gr. PESO DESP. LAVADO (seco) = \_\_\_\_\_ gr.

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



DATOS DE LA GRÁFICA		
D10=		mm
D30=		mm
D60=		mm

RESULTADOS		
<i>Diámetro efectivo</i>		
D10 =		mm
<i>Coefficiente de uniformidad</i>		
Cu =		mm
<i>Coefficiente de curvatura</i>		
Cc =		mm

Coef. de uniformidad  $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$   
 Coef. de curvatura  $C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{60} * D_{10})}$

Observaciones generales: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_   
 Responsable



ANEXO B. 3

**Reporte de campo El.3 - Sección 3.7**

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE:** \_\_\_\_\_

**3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.**

**3.7. Limpieza del floculador:** limpiar el piso, paredes y pantallas del flocularor. Fumigar en caso de presencia de algas.

<b>Fecha:</b>	<b>Hora inicio:</b>	<b>Hora fin:</b>	<b>Condición climática:</b>	Soleado	Nublado	Lluvioso	<b>Suspensión del servicio</b>
<b>Personal empleado</b>	<b>Actividades realizadas</b>					<b>Fumigante utilizado</b>	<b>Firma del responsable</b>
Peón:						Nombre: _____	
Albañil:						Cantidad: _____ kg.	

*Observaciones:* \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

<b>Fecha:</b>	<b>Hora inicio:</b>	<b>Hora fin:</b>	<b>Condición climática:</b>	Soleado	Nublado	Lluvioso	<b>Suspensión del servicio</b>
<b>Personal empleado</b>	<b>Actividades realizadas</b>					<b>Fumigante utilizado</b>	<b>Firma del responsable</b>
Peón:						Nombre: _____	
Albañil:						Cantidad: _____ kg.	

*Observaciones:* \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

<b>Fecha:</b>	<b>Hora inicio:</b>	<b>Hora fin:</b>	<b>Condición climática:</b>	Soleado	Nublado	Lluvioso	<b>Suspensión del servicio</b>
<b>Personal empleado</b>	<b>Actividades realizadas</b>					<b>Fumigante utilizado</b>	<b>Firma del responsable</b>
Peón:						Nombre: _____	
Albañil:						Cantidad: _____ kg.	

*Observaciones:* \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

<b>Fecha:</b>	<b>Hora inicio:</b>	<b>Hora fin:</b>	<b>Condición climática:</b>	Soleado	Nublado	Lluvioso	<b>Suspensión del servicio</b>
<b>Personal empleado</b>	<b>Actividades realizadas</b>					<b>Fumigante utilizado</b>	<b>Firma del responsable</b>
Peón:						Nombre: _____	
Albañil:						Cantidad: _____ kg.	

*Observaciones:* \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargado tenga otra ocupación se deberá agregar.

\*\*En caso de encontrar una fisura o fuga en la estructura del floculador, se deberá registrar en las observaciones; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación.

\*\* En nombre del "Fumigante utilizado" se anotará el químico utilizado. Y la cantidad del mismo será registrado en kilogramos (kg).



ANEXO B. 3

**Reporte de campo El.3 - Sección 3.8**

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

**3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.**

**3.8. Limpieza de canales y vertederos:** limpiar todas las paredes y piso de los canales y vertederos. Desinfectarlos con hipoclorito.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio	
<b>Personal empleado</b>			<b>Actividades realizadas</b>			<b>Cant. De hipoclorito</b>	<b>Firma del responsable</b>	
Peón:							_____ mg.	
Albañil:								
<i>Observaciones:</i> _____								
-----								
-----								
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio	
<b>Personal empleado</b>			<b>Actividades realizadas</b>			<b>Cant. De hipoclorito</b>	<b>Firma del responsable</b>	
Peón:							_____ mg.	
Albañil:								
<i>Observaciones:</i> _____								
-----								
-----								
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio	
<b>Personal empleado</b>			<b>Actividades realizadas</b>			<b>Cant. De hipoclorito</b>	<b>Firma del responsable</b>	
Peón:							_____ mg.	
Albañil:								
<i>Observaciones:</i> _____								
-----								
-----								
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	Suspensión del servicio	
<b>Personal empleado</b>			<b>Actividades realizadas</b>			<b>Cant. De hipoclorito</b>	<b>Firma del responsable</b>	
Peón:							_____ mg.	
Albañil:								
<i>Observaciones:</i> _____								
-----								
-----								

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargado tenga otra ocupación se deberá agregar.

\*\*En caso de encontrar una fisura o fuga en cualquier canal, se deberá registrar en las observaciones; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación.

\*\*El desinfectante usado para fumigar la estructura podrá ser hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio.

\*\*La cantidad de hipoclorito de calcio se registrará en miligramos.







ANEXO B. 3

Reporte de campo El.3 - Sección 3.11

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

3.11. Revisión y ajuste de válvulas y compuertas: verificar el estado funcional de válvulas, compuertas, picaportes y todos los mecanismos de seguridad de la PTAP. Aplicar lubricante.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	
Personal empleado	Actividades realizadas						Firma del responsable
Peón:							
Albañil:							

Observaciones: \_\_\_\_\_

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	
Personal empleado	Actividades realizadas						Firma del responsable
Peón:							
Albañil:							

Observaciones: \_\_\_\_\_

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	
Personal empleado	Actividades realizadas						Firma del responsable
Peón:							
Albañil:							

Observaciones: \_\_\_\_\_

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso	
Personal empleado	Actividades realizadas						Firma del responsable
Peón:							
Albañil:							

Observaciones: \_\_\_\_\_

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargado tenga otra ocupación se deberá agregar.

\*\*En caso de encontrar indicios de manipulaciones o forzado de las válvulas, compuertas y mecanismos de seguridad, se registrará en "observaciones" indicando en que parte de la planta está ubicado el elemento.

\*\*Cualquier actividad realizada sobre una válvula en específico deberá ser anotada con detalles de las acciones ejecutadas.



ANEXO B. 3

**Reporte de campo El.3 - Sección 3.12**

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE:** \_\_\_\_\_

**3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.**

**3.12. Revisión y limpieza general de la planta:** limpiar toda la zona dentro del cerramiento de la PTAP (vegetación, troncos, maleza). Revisar y anotar el estado del del hormigón de las unidades.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
Personal empleado	Actividades realizadas				Material observado		Estado del cerramiento	Firma del responsable
Peón:						Vegetación	Bueno	_____
Albañil:						Piedras	Regular	_____
						Residuos	Deteriorado	_____
						Otros _____	Muy deteriorado	_____

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
Personal empleado	Actividades realizadas				Material observado		Estado del cerramiento	Firma del responsable
Peón:						Vegetación	Bueno	_____
Albañil:						Piedras	Regular	_____
						Residuos	Deteriorado	_____
						Otros _____	Muy deteriorado	_____

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
Personal empleado	Actividades realizadas				Material observado		Estado del cerramiento	Firma del responsable
Peón:						Vegetación	Bueno	_____
Albañil:						Piedras	Regular	_____
						Residuos	Deteriorado	_____
						Otros _____	Muy deteriorado	_____

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
Personal empleado	Actividades realizadas				Material observado		Estado del cerramiento	Firma del responsable
Peón:						Vegetación	Bueno	_____
Albañil:						Piedras	Regular	_____
						Residuos	Deteriorado	_____
						Otros _____	Muy deteriorado	_____

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

\*\*La vegetación incluye ramas, hojas, troncos etc.

\*\*Los residuos incluyen todo tipo de basura como plásticos, vidrios, etc.

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargado tenga otra ocupación se deberá agregar.

\*\*En caso de encontrar una rotura en el cerramiento, se deberá registrar en observaciones; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación.



ANEXO B. 3

<b>Reporte de campo El.3 - Sección 3.13</b>									
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: _____									
3. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.									
3.13. Estado del metal y pintura: verificar el estado del metal y pintura de todos los elementos metálicos. Aplicar pintura anticorrosiva.									
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso			
Personal empleado	Actividades realizadas				Estado de pintura	Estado del metal	Pintura anticorrosiva	Pintura acrílica	Firma del responsable
Peón:					Buena	Bueno	Código:	Código:	
Albañil:					Regular	Corroído	_____	_____	
					Deteriorada	Muy corroído	Cantidad:	Cantidad:	
					Muy deteriorada		_____	_____	
Observaciones: _____									
-----									
-----									
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso			
Personal empleado	Actividades realizadas				Estado de pintura	Estado del metal	Pintura anticorrosiva	Pintura acrílica	Firma del responsable
Peón:					Buena	Bueno	Código:	Código:	
Albañil:					Regular	Corroído	_____	_____	
					Deteriorada	Muy corroído	Cantidad:	Cantidad:	
					Muy deteriorada		_____	_____	
Observaciones: _____									
-----									
-----									
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso			
Personal empleado	Actividades realizadas				Estado de pintura	Estado del metal	Pintura anticorrosiva	Pintura acrílica	Firma del responsable
Peón:					Buena	Bueno	Código:	Código:	
Albañil:					Regular	Corroído	_____	_____	
					Deteriorada	Muy corroído	Cantidad:	Cantidad:	
					Muy deteriorada		_____	_____	
Observaciones: _____									
-----									
-----									
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso			
Personal empleado	Actividades realizadas				Estado de pintura	Estado del metal	Pintura anticorrosiva	Pintura acrílica	Firma del responsable
Peón:					Buena	Bueno	Código:	Código:	
Albañil:					Regular	Corroído	_____	_____	
					Deteriorada	Muy corroído	Cantidad:	Cantidad:	
					Muy deteriorada		_____	_____	
Observaciones: _____									
-----									
-----									

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargado tenga otra ocupación se deberá agregar.

\*\*La cantidad de pintura utilizada se registrará como galones (ej. 3/4 galones).





ANEXO B. 4

Reporte de campo El.4 - Sección 4.1

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

4. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

4.1. Revisión y limpieza del tanque de almacenamiento.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
<b>Personal empleado</b>		<b>Actividades realizadas</b>					<b>Firma del responsable</b>	
Peón:								
Albañil:								
<i>Observaciones:</i> _____								
-----								
-----								
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
<b>Personal empleado</b>		<b>Actividades realizadas</b>					<b>Firma del responsable</b>	
Peón:								
Albañil:								
<i>Observaciones:</i> _____								
-----								
-----								
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
<b>Personal empleado</b>		<b>Actividades realizadas</b>					<b>Firma del responsable</b>	
Peón:								
Albañil:								
<i>Observaciones:</i> _____								
-----								
-----								
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
<b>Personal empleado</b>		<b>Actividades realizadas</b>					<b>Firma del responsable</b>	
Peón:								
Albañil:								
<i>Observaciones:</i> _____								
-----								
-----								

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargado tenga otra ocupación se deberá agregar.

\*\*En caso de encontrar una fisura o fuga en la estructura del tanque, se deberá registrar en las observaciones; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación.



ANEXO B. 4

Reporte de campo El.4 - Sección 4.2

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

4. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

4.2. Desinfección del tanque de almacenamiento.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
<b>Personal empleado</b>		<b>Actividades realizadas</b>				<b>Cantidad de cloro utilizado</b>	<b>Firma del responsable</b>	
Peón:						_____ mg		
Albañil:								
<i>Observaciones:</i> _____								
_____								
_____								
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
<b>Personal empleado</b>		<b>Actividades realizadas</b>				<b>Cantidad de cloro utilizado</b>	<b>Firma del responsable</b>	
Peón:						_____ mg		
Albañil:								
<i>Observaciones:</i> _____								
_____								
_____								
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
<b>Personal empleado</b>		<b>Actividades realizadas</b>				<b>Cantidad de cloro utilizado</b>	<b>Firma del responsable</b>	
Peón:						_____ mg		
Albañil:								
<i>Observaciones:</i> _____								
_____								
_____								
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso		
<b>Personal empleado</b>		<b>Actividades realizadas</b>				<b>Cantidad de cloro utilizado</b>	<b>Firma del responsable</b>	
Peón:						_____ mg		
Albañil:								
<i>Observaciones:</i> _____								
_____								
_____								

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargado tenga otra ocupación se deberá agregar.

\*\*En caso de encontrar una fisura o fuga en la estructura del tanque, se deberá registrar en las observaciones; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación.

\*\*La cantidad de cloro utilizado (hipoclorito de calcio o hipoclorito de calcio) se registrará en miligramos.



ANEXO B. 4

<b>Reporte de campo El.4 - Sección 4.3</b>										
<b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: _____</b>										
<b>4. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.</b>										
<b>4.3. Revisión de los medidores de agua.</b>										
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso				
Personal empleado		Información del predio revisado					Caudal registrado	Firma del responsable		
Peón:		Nombre del Dueño:					_____ l/s			
Albañil:										
Observaciones: _____										
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso				
Personal empleado		Información del predio revisado					Caudal registrado	Firma del responsable		
Peón:		Nombre del Dueño:					_____ l/s			
Albañil:										
Observaciones: _____										
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso				
Personal empleado		Información del predio revisado					Caudal registrado	Firma del responsable		
Peón:		Nombre del Dueño:					_____ l/s			
Albañil:										
Observaciones: _____										
Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso				
Personal empleado		Información del predio revisado					Caudal registrado	Firma del responsable		
Peón:		Nombre del Dueño:					_____ l/s			
Albañil:										
Observaciones: _____										

\*\*En "personal requerido" se especificará la cantidad de personas que se incluyan en cada grupo laboral. En caso de que el/los encargado tenga otra ocupación se deberá agregar.



ANEXO B. 4

Reporte de campo El.4 - Sección 4.4 a 4.7

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

Nombre del responsable: \_\_\_\_\_

4. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso
--------	--------------	-----------	----------------------	---------	---------	----------

4.4. Revisión general de la tubería: realizar un recorrido a lo largo de la tubería. Detectar fugas, filtraciones, roturas y posibles amenazas. Mantener despejada el área adyacente de la tubería.

Actividades realizadas	Estado de la tubería	Estabilidad del suelo
	Buena	
	Regular	
	Deteriorada	
	Muy deteriorada	

Observaciones: \_\_\_\_\_

4.5. Revisión y limpieza de los tanques distribuidores (reserva) de caudales: realizar una revisión (posibles grietas, filtraciones, fugas) y limpieza de los tanque reunidores de caudales.

Actividades realizadas	Material observado
	Vegetación
	Piedras
	Residuos
	Otros _____

Observaciones: \_\_\_\_\_

4.6. Revisión de las válvulas de aire o ventosas: realizar una inspección del tanque en donde se encuentran las válvulas, verificar que las válvulas expulsen aire.

Actividades realizadas	Material observado	Estado de la válvula de aire
	Vegetación	Correcto _____
	Piedras	Expulsa parcialmente el aire _____
	Residuos	No expulsa aire _____
	Otros _____	Otro: _____

Observaciones: \_\_\_\_\_

4.7. Revisión y ajuste de válvulas, tapas y mecanismos de seguridad: verificar el estado funcional de válvulas, tapas, picaportes, etc., de todos los elementos de la conducción. Aplicar lubricante.

Actividades realizadas	Otro material utilizado	Lubricante utilizado (litros)
		Cantidad: _____ litros
		Marca: _____

Observaciones: \_\_\_\_\_

\*\*En "estabilidad del suelo" se especificará las condiciones del suelo, presencia de deslizamientos, asentamientos, etc.

\*\*La vegetación incluye ramas, hojas, troncos etc. Los residuos incluyen todo tipo de basura como plásticos, vidrios, cauchos, etc.

\*\*En caso de encontrar una fisura o fuga de cualquiera de las estructuras, se deberá registrar en las observaciones en el ítem correspondiente; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación indicando la ubicación del elemento.

\*\*En el ítem 4.7, en caso de encontrar indicios de manipulaciones o forzajes en las válvulas, tapas y componentes de seguridad, se registrará en "observaciones" indicando la ubicación del elemento.

\*\*En el ítem 4.7, cualquier actividad realizada sobre una válvula en específico deberá ser anotada con detalles de las acciones ejecutadas.



ANEXO B. 4

Reporte de campo El.4 - Sección 4.8 a 4.11

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: \_\_\_\_\_

Nombre del responsable: \_\_\_\_\_

4. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

Fecha:	Hora inicio:	Hora fin:	Condición climática:	Soleado	Nublado	Lluvioso
--------	--------------	-----------	----------------------	---------	---------	----------

4.8. Revisión y limpieza de las cajas rompe presión con válvula de flote: realizar una revisión (posibles grietas, filtraciones, fugas) y limpieza de los tanque rompe presión.

Actividades realizadas	Material observado	
	Vegetación	<input type="checkbox"/>
	Piedras	<input type="checkbox"/>
	Residuos	<input type="checkbox"/>
	Otros _____	

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

4.9. Revisión de las válvulas de compuerta de control: revisar la presencia de grietas, filtraciones y las tapas del tanque en donde se ubican estas válvulas. Revisar el estado funcional de las válvulas de control.

Actividades realizadas

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

4.10. Desinfección de los tanques distribuidores (reserva) de caudales: para ello utilizar cloro. Realizar esta actividad inmediatamente después de haber realizado la actividad 4.5.

Actividades realizadas	Anomalías presentadas	Cantidad de cloro
		_____ mg

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

4.11. Estado de pintura y metal: verificar el estado del metal y pintura de todos los elementos metálicos a lo largo de la red de distribución. Aplicar pintura anticorrosiva.

Actividades realizadas	Estado de pintura	Estado del metal	Pintura utilizada
	Buena	Bueno	Código: _____ Cantidad: _____ galones
	Regular	Corroído	
	Deteriorada	Muy Corroído	
	Muy deteriorada		

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

\*\*La vegetación incluye ramas, hojas, troncos etc. Los residuos incluyen todo tipo de basura como plásticos, vidrios, cauchos, etc.  
 \*\*En caso de encontrar una fisura o fuga de cualquiera de las estructuras, se deberá registrar en las observaciones en el ítem correspondiente; y se dará aviso inmediatamente al personal a cargo de la reparación indicando la ubicación del elemento.



Anexo C. Planos de la red de distribución de los sistemas de abastecimiento estudiados.

Anexo C. 1 Red de distribución de Atuc-Loma.

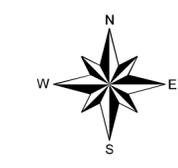
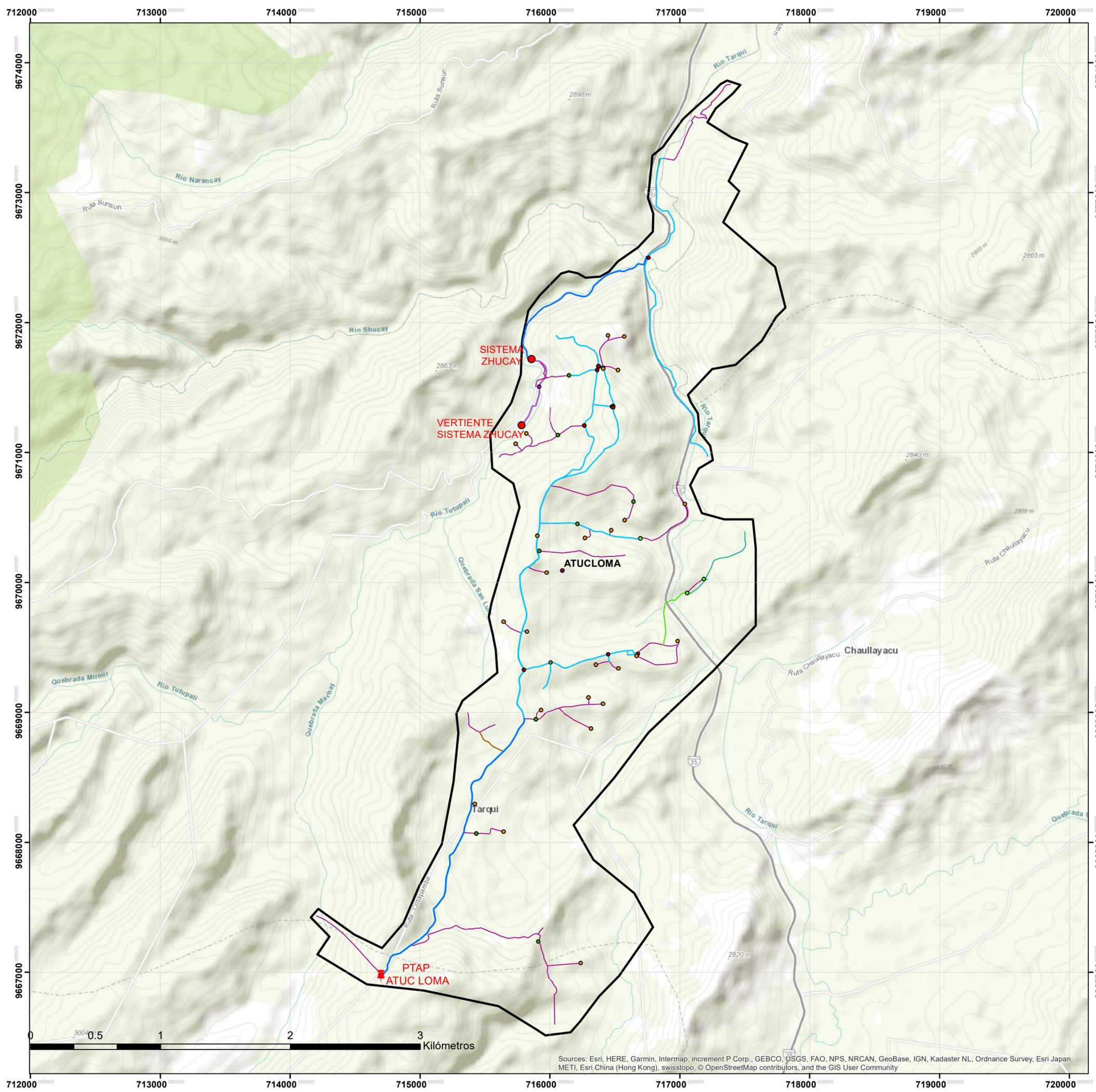
Anexo C. 2 Red de distribución de Tutupali Chico.

Anexo C. 3 Red de distribución de Chiquintad.

Anexo C. 4 Red de distribución de Chulco Soroche.

Anexo C. 5 Red de distribución de Pillachiquir.

Anexo C. 6 Red de distribución de Santa Ana.

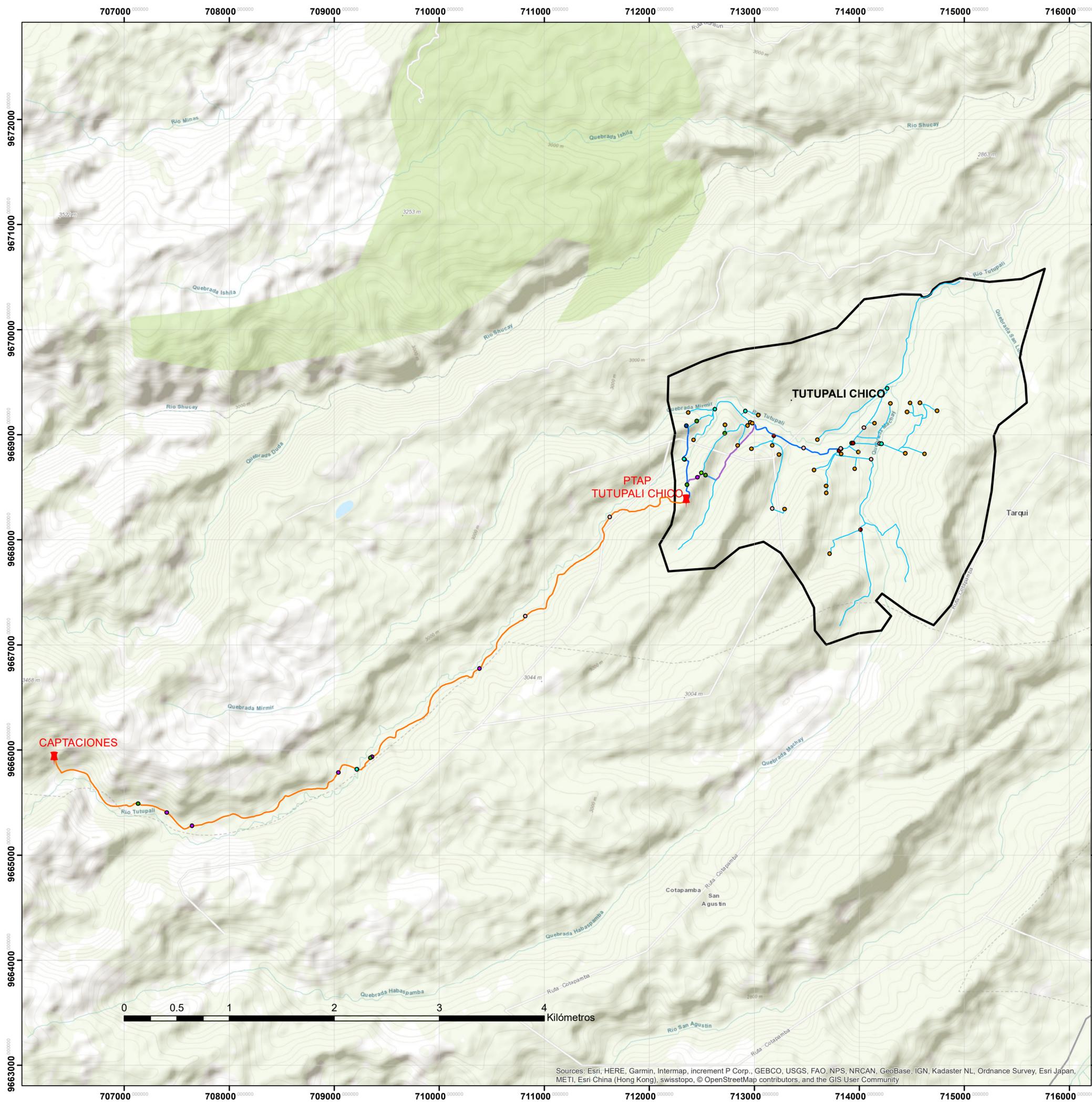


Leyenda	
	TANQUE_ROMPE_PRESIÓN
	TAPONES
	VÁLVULA_DE_AIRE
	VÁLVULA_DE_CONTROL
	REDUCTOR
	TANQUE DE RESERVA
	ESTRUCTURAS
	PTAP
	SECTOR
	DISTRIBUCIÓN_PVC_25
	DISTRIBUCIÓN_PVC_32
	DISTRIBUCIÓN_PVC_40
	DISTRIBUCIÓN_PVC_50
	DISTRIBUCIÓN_PVC_63
	DISTRIBUCIÓN_PVC_90
	DISTRIBUCIÓN_PVC_110

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE "ATUC LOMA"	
<p>CONTIENE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Red de distribución.</li> <li>*Planta de tratamiento.</li> <li>*Sectores.</li> <li>*Elementos hidráulicos.</li> </ul>	<p>INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR ETAPA EP Y ADAPTADA POR:</p> <p>Erick Vicuña Ch. Jonnathan Barrera C.</p>
Observaciones:	
FECHA:	Marzo 2019
ESCALA:	1:20000



Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

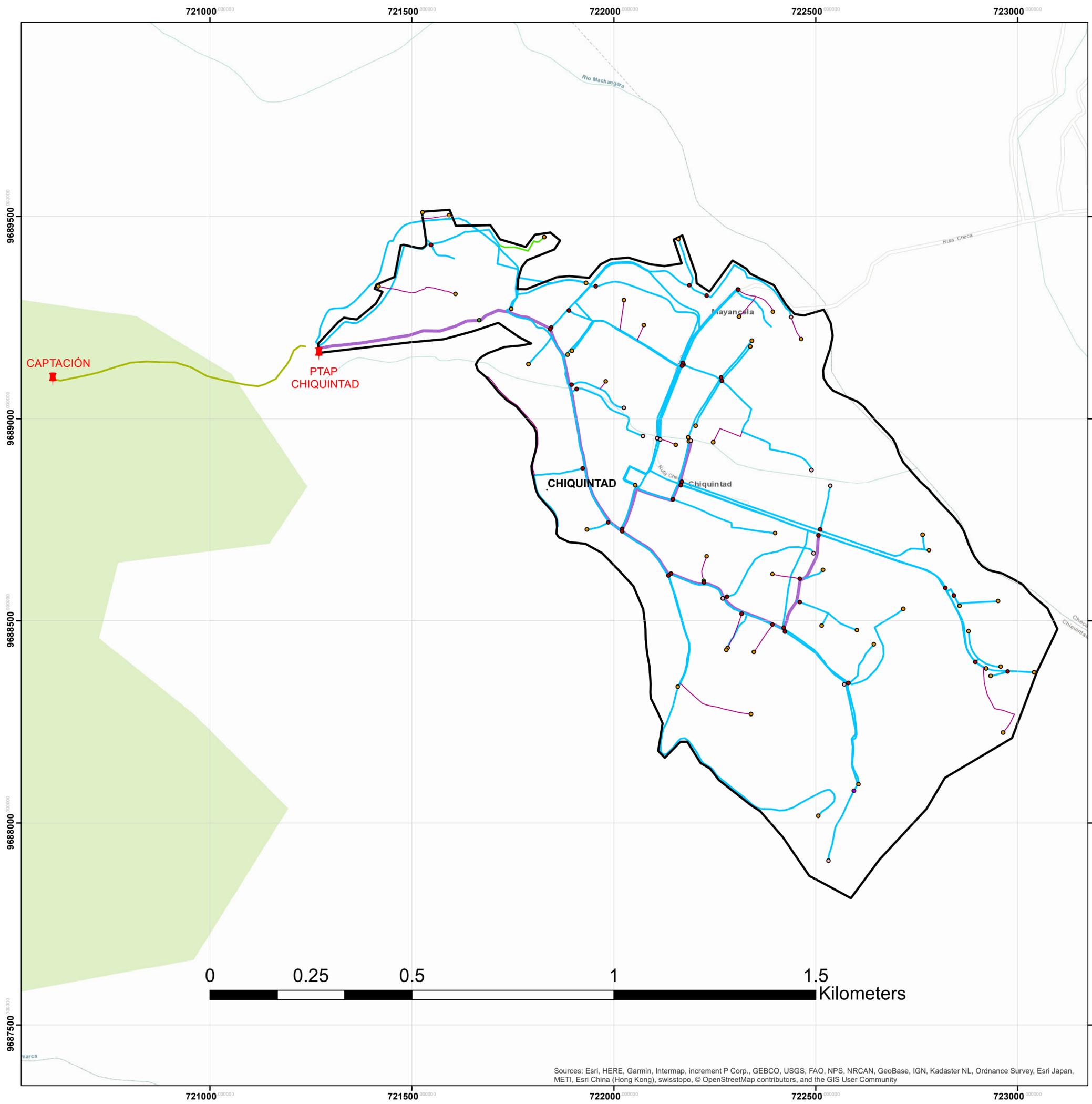


Leyenda	
	HIDRANTE
	ESTRUCTURAS_DE_PASO
	TANQUE DE RESERVA
	TANQUE_ROMPE_PRESIÓN
	TAPÓN
	VÁLVULA_DE_AIRE
	VÁLVULA_DE_CONTROL
	VÁLVULA_PURGA
	VÁLVULA_ROMPE_PRESIÓN
	REDUCTOR
	ESTRUCTURA_ESPECIAL
	CAPTACIONES_Y_PTAP
	SECTOR
	DISTRIBUCIÓN_PVC_63
	CONDUCCIÓN_PVC_90
	DISTRIBUCIÓN_PVC_90
	DISTRIBUCIÓN_PVC_110

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE "TUTUPALI CHICO"	
<p>CONTIENE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Línea de conducción.</li> <li>*Red de distribución.</li> <li>*Captaciones.</li> <li>*Planta de tratamiento.</li> <li>*Sectores.</li> <li>*Elementos hidráulicos.</li> </ul>	<p>INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR ETAPA EP Y ADAPTADA POR:</p> <p>Erick Vicuña Ch. Jonnathan Barrera C.</p>
Observaciones:	
FECHA:	Marzo 2019
ESCALA:	1:25000

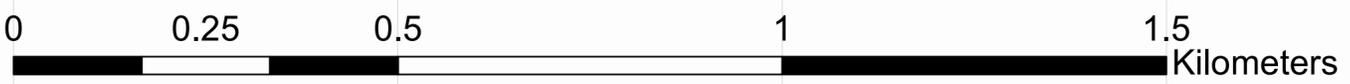


Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



**Leyenda**

- VÁLVULA\_PURGA
- VÁLVULA\_DE\_CONTROL
- VÁLVULA\_DE\_AIRE
- TAPÓN
- TANQUE\_ROMPE\_PRESIÓN
- REDUCTOR
- CAPTACIÓN\_Y\_PTAP
- SECTOR
- DISTRIBUCIÓN\_PVC\_32
- DISTRIBUCIÓN\_PVC\_50
- DISTRIBUCIÓN\_PVC\_63
- CONDUCCIÓN\_PVC\_63
- DISTRIBUCIÓN\_PVC\_110

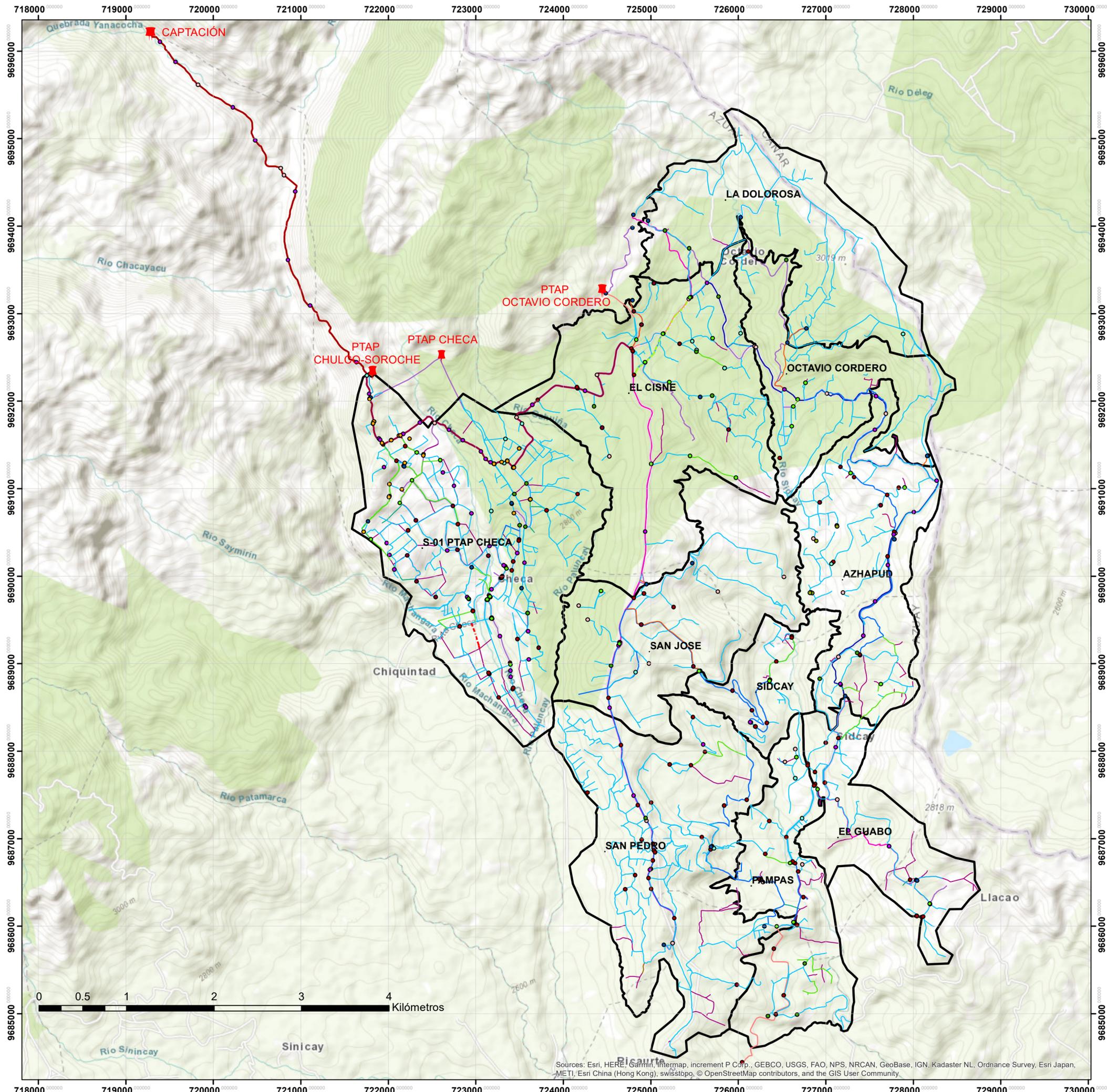


**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE "CHIQUINTAD"**

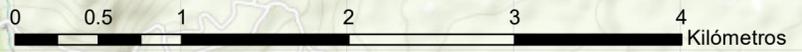
CONTIENE:	INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR ETAPA EP Y ADAPTADA POR:
*Línea de conducción. *Red de distribución. *Captación. *PTAP Chiquintad. *Sector. *Elementos hidráulicos.	Erick Vicuña Ch. Jonnathan Barrera C.
Observaciones:	
FECHA:	Marzo 2019
ESCALA:	1:6500



Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



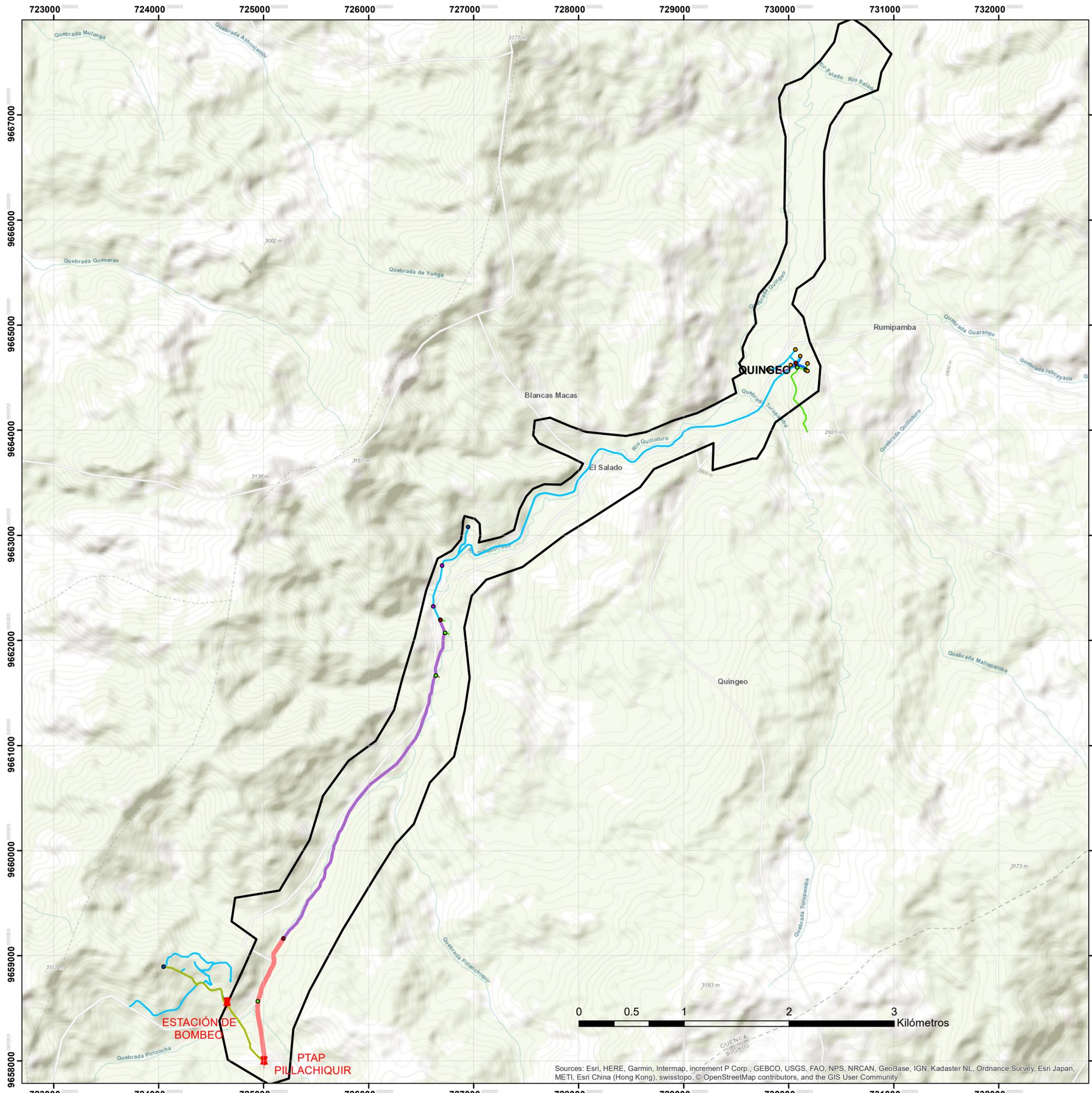
Leyenda	
	EMPALME
	REDUCTOR
	TANQUE_DE_RESERVA
	TANQUE_ROMPE_PRESIÓN
	UNIÓN
	VÁLVULAS_DE_AIRE
	VÁLVULAS_DE_CONTROL
	ESTRUCTURAS_ESPECIALES
	VÁLVULAS_PURGA
	VÁLVULAS_ROMPE_PRESIÓN
	CAPTACIÓN_Y_PTAP
	SECTORES
	DISTRIBUCIÓN_PVC_25
	DISTRIBUCIÓN_PVC_32
	DISTRIBUCIÓN_PVC_40
	DISTRIBUCIÓN_PVC_50
	DISTRIBUCIÓN_PVC_63
	DISTRIBUCIÓN_HD_80
	DISTRIBUCIÓN_PVC_90
	DISTRIBUCIÓN_HD_100
	DISTRIBUCIÓN_PVC_110
	DISTRIBUCIÓN_HD_150
	DISTRIBUCIÓN_PVC_160
	DISTRIBUCIÓN_HD_200
	DISTRIBUCIÓN_HD_250
	CONDUCCIÓN_HD_250
	DISTRIBUCIÓN_HF_300



SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE "CHULCO SOROCHÉ"	
CONTIENE:	INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR ETAPA EP Y ADAPTADA POR:
*Red de conducción. *Línea de distribución. *Captación. *Planta de tratamiento. *Sectores. *Elementos hidráulicos.	Erick Vicuña Ch. Jonnathan Barrera C.
Observaciones:	
FECHA:	Marzo 2019
ESCALA:	1:30000



Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community.

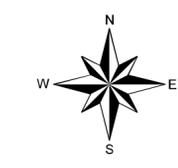
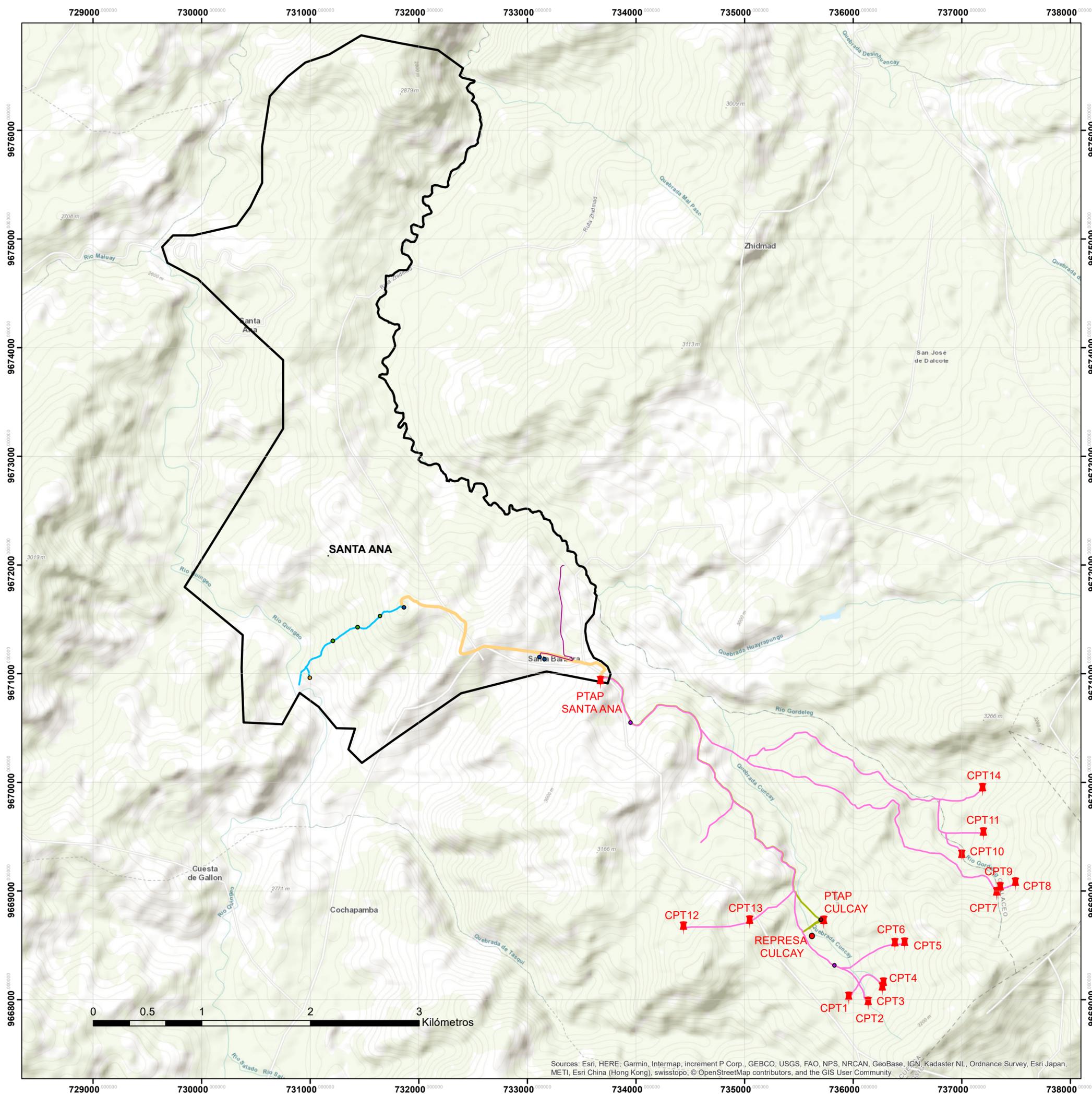


Leyenda	
<span style="color: red;">●</span>	VÁLVULA_DE_CONTROL
<span style="color: purple;">●</span>	VÁLVULA_DE_AIRE
<span style="color: orange;">●</span>	TAPÓN
<span style="color: blue;">●</span>	TANQUE_DE_RESERVA
<span style="color: green;">●</span>	REDUCTOR
<span style="color: red;">■</span>	ESTACIÓN_DE_BOMBEO_Y_PTAP
<span style="border-bottom: 2px solid black; width: 20px; display: inline-block;"></span>	SECTOR
<span style="border-bottom: 2px solid pink; width: 20px; display: inline-block;"></span>	DISTRIBUCIÓN_PVC_32
<span style="border-bottom: 2px solid brown; width: 20px; display: inline-block;"></span>	DISTRIBUCIÓN_PVC_40
<span style="border-bottom: 2px solid green; width: 20px; display: inline-block;"></span>	DISTRIBUCIÓN_PVC_50
<span style="border-bottom: 2px solid yellow; width: 20px; display: inline-block;"></span>	CONDUCCIÓN_LÍNEA_DE_IMPULSIÓN_PVC_63
<span style="border-bottom: 2px solid lightblue; width: 20px; display: inline-block;"></span>	DISTRIBUCIÓN_PVC_63
<span style="border-bottom: 2px solid blue; width: 20px; display: inline-block;"></span>	DISTRIBUCIÓN_PVC_90
<span style="border-bottom: 2px solid purple; width: 20px; display: inline-block;"></span>	DISTRIBUCIÓN_PVC_110
<span style="border-bottom: 2px solid red; width: 20px; display: inline-block;"></span>	DISTRIBUCIÓN_PVC_160

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE "PILLACHIQUIR"	
<p>CONTIENE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Línea de impulsión</li> <li>*Red de distribución.</li> <li>*Estación de Bombeo.</li> <li>*PTAP Pillachiquir.</li> <li>*Sector.</li> <li>*Elementos hidráulicos.</li> </ul>	<p>INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR ETAPA EP Y ADAPTADA POR:</p> <p style="text-align: center;">Erick Vicuña Ch. Jonnathan Barrera C.</p>
Observaciones:	
FECHA:	Marzo 2019
ESCALA:	1:25000



Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



**Leyenda**

- VÁLVULA\_DE\_CONTROL
- VÁLVULA\_DE\_AIRE
- TAPÓN
- TANQUE\_ROMPE\_PRESIÓN
- TANQUE\_DE\_RESERVA
- REPRESA\_CULCAY
- CAPTACIÓN\_Y\_PTAP
- SECTOR
- DISTRIBUCIÓN\_PVC\_32
- CONDUCCIÓN\_PVC\_50
- DISTRIBUCIÓN\_PVC\_63
- CONDUCCIÓN\_PVC\_63
- DISTRIBUCIÓN\_PVC\_110

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
"SANTA ANA"**

CONTIENE: *Línea de conducción. *Red de distribución. *Captaciones. *PTAP Santa Ana y Culcay. *Represa Culcay. *Sector. *Elementos hidráulicos.	INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR ETAPA EP Y ADAPTADA POR:  Erick Vicuña Ch. Jonnathan Barrera C.
	Observaciones:
	FECHA: Marzo 2019
ESCALA: 1:24000	6 6

Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community