

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>i(171)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	<b>KAREN LORENA SANJUAN QUINTERO</b>		
<b>FACULTAD</b>	<b>DE INGENIERÍAS</b>		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>INGENIERÍA CIVIL</b>		
<b>DIRECTOR</b>	<b>LUBYNG EDGARDO LLAÍN OBREGÓN</b>		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>APOYO TÉCNICO A LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE AGUACHICA PARA EL PROCESO DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, PLANTA DE TRATAMIENTO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO.</b>		
<b>RESUMEN</b>			
<p>EL PRESENTE TRABAJO DE GRADO BAJO LA MODALIDAD DE PASANTÍAS, CONTIENE INFORMACIÓN REAL Y OPORTUNA A CERCA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO, OBTENIDA MEDIANTE UNA EVALUACIÓN A LOS DIFERENTES COMPONENTES DEL SISTEMA, CON EL FIN DE DETERMINAR LA SITUACIÓN ACTUAL, COMPROBAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS VIGENTES Y CON BASE EN LA MISMA PROPONER SOLUCIONES QUE IMPULSEN AL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA, CESAR.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>PÁGINAS:</b>	<b>PLANOS:</b>	<b>ILUSTRACIONES:</b>	<b>CD-ROM: 1</b>



APOYO TÉCNICO A LA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE AGUACHICA PARA  
EL PROCESO DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACION, PLANTA DE  
TRATAMIENTO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO

AUTOR

KAREN LORENA SANJUAN QUINTERO

Trabajo de grado bajo la modalidad de pasantías para optar el título de Ingeniero Civil

Director

LUBYNG EDGARDO LLAÍN OBREGÓN

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER – OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA CIVIL

Ocaña, Colombia

Abril, 2018

## Índice

<b>Capítulo 1: Apoyo técnico a la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica para el proceso de mejoramiento del sistema de captación, planta de tratamiento y red de distribución del servicio de acueducto. ....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción breve de la empresa.....	1
1.1.1. Misión. ....	2
1.1.2. Visión. ....	3
1.1.3. Objetivos de la empresa.....	3
1.1.4. Descripción de la estructura organizacional.....	4
1.1.5. Descripción de la dependencia.. ....	6
1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia.....	6
1.2.1. Planteamiento del problema. ....	8
1.3. Objetivos de la pasantía.....	8
1.3.1. General. ....	8
1.3.2. Específicos ....	9
1.4. Descripción de las actividades a desarrollar en la misma.....	9
 <b>Capítulo 2: Enfoque referencial .....</b>	 <b>11</b>
2.1 Enfoque conceptual.....	11
2.1.1. Sistemas de acueducto.....	11
2.1.2. Captación. ....	11
2.1.3. Red de distribución o Red pública. ....	11
2.1.4. Pérdidas técnicas en la red de distribución.....	11
2.1.5. Micromedición.....	11
2.1.6. Sistema de potabilización.. ....	12
2.1.7. AutoCAD.....	12
2.2. Enfoque legal.....	12
2.2.1. Resolución No. 1096 del 17 de Noviembre de 2000.....	12
2.2.2. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2010), título A.....	12

2.2.3. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2010), título B. ....	13
2.2.4. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2010), título C. ....	13
2.2.5. Ley 142 de 1994 (Decreto Nacional 1641 de 1994). ....	13
2.2.6. Resolución 2115 de 2017. ....	13
2.2.7. Resolución CRA 688 de 2014. ....	14
2.2.8. Resolución CRA 735 de 2015. ....	14

### **Capítulo 3: Informe de cumplimiento de trabajo .....15**

3.1 Realizar el levantamiento de las estructuras hidráulicas que componen el sistema para actualizar las memorias de planos existentes con el propósito de obtener información detallada de la infraestructura del sistema de captación, planta de tratamiento y red de distribución. ....	15
3.1.1 Recopilar la información y planos de las estructuras existentes. ....	15
3.1.2 Levantar las estructuras hidráulicas que no se encuentren en los planos. ....	17
3.1.3. Organizar en un archivo general todos los planos que conforman el sistema. ....	19
3.2. Hacer análisis y estudios al sistema de captación, planta de tratamiento y catastro de redes, mediante la evaluación general a los componentes del sistema existente, con el propósito de obtener información sobre el funcionamiento general y el estado actual del mismo, de acuerdo con lo establecido en el Ras 2010. ....	21
3.2.1 Evaluar los procesos de operación y mantenimiento del sistema. ....	21
3.2.2. Realizar inspecciones técnicas a las estructuras existentes. ....	49
3.2.3. Determinar los parámetros por evaluar en el sistema existe, según el Ras 2000, título A, tabla A.4.1. ....	54
3.2.4 Realizar visitas técnicas a los sitios de trabajo para verificar la veracidad del catastro del terreno. ....	91
3.2.5 Procesar la información obtenida para facilitar su análisis y procedimiento. ....	100
3.3. Proponer alternativas de solución a los diversos componentes del sistema de acueducto, con el fin de mejorar el servicio de agua potable en el casco urbano del municipio. ....	101
3.3.1 Identificar las falencias del sistema. ....	101
3.3.2 Plantear 3 alternativas de solución al sistema de acueducto. ....	103
3.4. Elaborar un informe técnico de la evaluación del sistema existente, con el fin de reestructurar los procedimientos existentes, planteando soluciones que mejoren la prestación del servicio. ....	121
3.4.1. Recopilar la información proporcionada en la evaluación del sistema. ....	121

3.4.2. Hacer un paralelo entre la prestación del servicio actual y la prestación del servicio esperada con el mejoramiento del sistema. ....	121
--	-----

<b>Capítulo 4. Diagnostico final.....</b>	<b>123</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>125</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>127</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>129</b>
<b>Apéndices .....</b>	<b>131</b>

**Lista de figuras**

Figura 1. Estructura organizacional de la empresa de servicios públicos de Aguachica E.S.P.....	5
Figura 2. Plano general de planta de tratamiento.....	16
Figura 3. Curva para la dosis óptima. ....	34
Figura 4. Caudales medios de la Quebrada Buturama, periodo 1988 - 2001. ....	55
Figura 5. Caudal mínimo histórico de la cuenca en el año 1992. ....	55
Figura 6. Caudal máximo histórico de la Quebrada Buturama en el año 1995. ....	56
Figura 7. Batimetría de la fuente.....	60
Figura 8. Boletín de censo general 2015.....	74
Figura 9. Formato para control de fugas.....	81

**Lista de tablas**

Tabla 1. Matriz DOFA.	7
Tabla 2. Descripción de actividades.	10
Tabla 3. Listado de tubería instalada en el año 2017.	17
Tabla 4. Planos estructurales del sistema de acueducto.	20
Tabla 5. Válvulas de purgas y venosas en la línea de aducción 2.	27
Tabla 6. Válvulas de purgas y ventosas en la líneas de aducción desarenador 2 - PTAP	32
Tabla 7. Dimensiones de los sedimentadores.	39
Tabla 8. Válvulas de purga y ventosas a lo largo de las conducciones de planta de tratamiento a la cabecera municipal.	48
Tabla 9. Daños estructurales en el sistema de acueducto.	50
Tabla 10. Tiempos medidos en la fuente.	59
Tabla 11. Calculo del caudal de la fuente.	60
Tabla 12. Tiempos en el canal de aducción.	60
Tabla 13. Medidas y profundidad del canal en el canal.	61
Tabla 14. Calculo del caudal en el canal de aducción.	61
Tabla 15. Resultados de la Pruebas hechas a las muestras.	63
Tabla 16. Dotación neta según el uso del agua.	64
Tabla 17. Número de usuarios y consumo del mes de septiembre del 2017.	65
Tabla 18. Estimación de la dotación residencial.	66
Tabla 19. Caudales máximos en la aducción y conducciones.	70
Tabla 20. Capacidad de estructuras hidráulicas de la PTAP.	71

Tabla 21. Resultados de las pruebas de turbidez, color aparente y PH a dos muestra de agua (sedimentada y tratada).	72
Tabla 22. Longitud de redes de distribución.	78
Tabla 23. Estado de la red de distribución en AC y PVC.	78
Tabla 24. Numero de fugas en el año 2017.	82
Tabla 25. Índice de agua no contabilizada 2017.	83
Tabla 26. Barrios y límites de cada sector	85
Tabla 27. Consumos del servicio de acueducto.	88
Tabla 28. Actividades en las redes de distribución.	95
Tabla 29. Falencias del sistema de acueducto.	101

**Lista de fotografías**

Fotografía 1. Instalación de tubería. ....	18
Fotografía 2. Medición al canal de aducción. ....	18
Fotografía 3. Toma de coordenadas y medidas en el desarenador 1. ....	19
Fotografía 4. Captación. ....	22
Fotografía 5. Evacuación de sedimentos que no son atrapados en rejillas. ....	23
Fotografía 6. Canal de aducción. ....	24
Fotografía 7. Compuerta para evacuar los sedimentos del canal de aducción. ....	24
Fotografía 8. Desarenador 1 (Nuevo). ....	25
Fotografía 9. Mantenimiento al desarenador 2. ....	26
Fotografía 10. Aducción revestida en concreto. ....	27
Fotografía 11. Ventosa en el punto 3 y purga en el punto 4 de la línea de aducción. ....	28
Fotografía 12. Desarenador antiguo. ....	30
Fotografía 13. Válvulas de control de tubería de 12" y Aducción 5. ....	31
Fotografía 14. Mezcla Rápida. ....	33
Fotografía 15. Dosificación de sulfato de aluminio tipo B. ....	34
Fotografía 16. Almacenamiento y transporte de sulfato de aluminio tipo B. ....	35
Fotografía 17. Mantenimiento a la tolva dosificadora. ....	36
Fotografía 18. Mantenimiento a la tolva dosificadora. ....	36
Fotografía 19. Calibración de la tolva dosificador. ....	37
Fotografía 20. Floculadores de flujo horizontal y Alabama. ....	38
Fotografía 21. Sedimentadores. ....	40
Fotografía 22. Lavado de sedimentadores. ....	41

Fotografía 23. Canal de agua sedimentada y filtros antiguos. ....	42
Fotografía 24. Lavado de Filtros antiguos. ....	43
Fotografía 25. Cilindro de cloro gaseoso y cámara de cloración.....	44
Fotografía 26. Tanque de almacenamiento 1. ....	45
Fotografía 27. Tanque de almacenamiento 2. ....	45
Fotografía 28. Tanque de almacenamiento 3. ....	46
Fotografía 29. Tanque de almacenamiento 4. ....	47
Fotografía 30. Ventosa triple acción. ....	49
Fotografía 31. Tramo de la quebrada seleccionado. ....	57
Fotografía 32. Puntos para medir distancia y tiempo de recorrido. ....	58
Fotografía 33. Toma de profundidad del agua. ....	59
Fotografía 34. Caudal de exceso en el desarenador. ....	62
Fotografía 35. Pruebas a muestra de agua cruda.....	63
Fotografía 36. Limpieza de rejillas de la captación. ....	67
Fotografía 37. Canal de aducción bocatoma - desarenador 1. ....	68
Fotografía 38. Determinación de Turbidez y cloro del agua en la planta de tratamiento.....	72
Fotografía 39. Nivel del tanque 2. ....	77
Fotografía 40. Macromedidor a la salida de la cámara de cloración. ....	89
Fotografía 41. Caja de micromedidor. ....	91
Fotografía 42. Señalización del lugar de trabajo. ....	92
Fotografía 43. Localización de la fuga. ....	93
Fotografía 44. Relleno de zanja y reparcho de andén. ....	94
Fotografía 45. Corrección de fuga domiciliaria. ....	100

Fotografía 46. Modelo del filtro.....	104
Fotografía 47. Señalización. ....	106
Fotografía 48. Excavación de zanja para instalación.....	107
Fotografía 49. Tubería de AC antigua. ....	108
Fotografía 50. Instalación de tuberías y acometidas domiciliarias. ....	109
Fotografía 51. Empalme de tubería de 3" PVC. ....	109
Fotografía 52. Excavaciones.....	110
Fotografía 53. Retiro de tubería de AC.....	111
Fotografía 54. Nivelación e instalación de tubería PVC.....	112
Fotografía 55. Conexión de acometidas domiciliarias.....	112
Fotografía 56. Malas conexiones a la red de acueducto. ....	113
Fotografía 57 Empalmes de 6" x 3" y de 3"x3".....	113
Fotografía 58. Instalación de tubería de 6" PVC. ....	114
Fotografía 59. Señalización Carrera 8 Calle 16. ....	115
Fotografía 60. Excavaciones para empalme en la carrera 8 calle 16. ....	116
Fotografía 61. Empalme de 8" x 8". ....	116
Fotografía 62. Instalación de Válvula de 6". ....	117
Fotografía 63. Compactación del terreno.....	118
Fotografía 64. Retiro de sobrantes.....	118
Fotografía 65. Instalación de ventosa en tubería 6" PVC. ....	119
Fotografía 66. Excavaciones, suministro de tubería de 3" AC e instalación de tubería. ....	120

## Lista de apéndices

Apéndice A. Plano general del catastro de redes con tamos que fueron intervenidos.....	132
Apéndice B. Planos estructurales del sistema de acueducto.....	133
Apéndice C. Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de la Quebrada Buturama (muestra de control).....	134
Apéndice D. Producto 4. Informe de criterios básicos de diseño.....	136
Apéndice E. Capacidad de conducción y adicción.....	137
Apéndice F. Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua potable (Muestras de control y vigilancia).....	138
Apéndice G. Plan de contingencia para el servicio de acueducto.....	141
Apéndice H. Cálculo del índice de continuidad.....	143
Apéndice I. Necesidad Técnica implementación del sistema de macromedición y ampliación de la cobertura de micromedición.....	144
Apéndice J. Presupuesto para cambio de material filtrante (10 filtros).....	151
Apéndice K. Presupuesto para instalación de conducción barrio Villa Paraguay.....	152
Apéndice L.Paralelo de la prestación del servicio.....	153

## Resumen

El presente trabajo tiene como propósito dar a conocer los resultados obtenidos durante la ejecución de la pasantías en la empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P.A; cuya finalidad fue realizar apoyo técnico para el proceso de mejoramiento del servicio de agua potable, bajo en el cumplimiento de una serie de objetivo que comprendió realizar el levantamiento de las estructuras hidráulicas que componen el sistema para actualizar las memorias de planos existentes, hacer un estudio al sistema de captación, planta de tratamiento y catastro de redes, mediante una evaluación general, proponer alternativas de solución a los diversos componentes del sistema de acueducto, con el fin de mejorar el servicio de agua potable en el casco urbano del municipio y la elaboración de un informe técnico de la evolución del sistema con el fin de reestructurar los procedimientos existentes.

Cabe mencionar que para el desarrollo del trabajo se partió de la recopilación de información existente en el área de trabajo, visitas técnicas, procesamiento de la información obtenida y la elaboración de planos y documentos que muestran los resultados alcanzados.

Como producto de la pasantía se consiguió la organización de todos los planos actualizados en un archivo general, información detallada de los procesos de operación y mantenimiento del sistema, evaluación del sistema existente según los parámetros establecidos en el Ras 2000, título A y acorde a las recomendaciones establecidas en el Ras 2010, título B y título C. Además de esto, el planteamiento de 3 alternativas de solución acorde a las falencias del sistema.

En cuanto a las conclusiones, estas fueron satisfactorias ya que se logró desarrollar todos los objetivos trazados, mediante una serie de acciones, la cuales fueron realizadas en el marco temporal definido.

## **Introducción**

Este es el informe final de trabajo de grado realizado bajo la modalidad pasantías, titulado “Apoyo técnico a la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica para el proceso de mejoramiento del sistema de captación, planta de tratamiento y red de distribución del servicio de acueducto”.

El problema consiste en que se carece de un servicio de agua potable continuo, debido a diversas falencias que presenta el sistema, lo cual ha generado insatisfacción en los usuarios, ya que el sistema de acueducto es insuficiente para prestar un servicio eficiente a la población que se beneficia de el.

Por consiguiente, con el trabajo se busca conocer el estado actual de los componentes del sistema existente mediante una evaluación técnica sobre los criterios de operación, lo cual contribuye un elemento fundamental debido que con base en los resultados se identificaron las falencias del sistema y se buscan soluciones que permitan aumentar su eficiencia.

Para esto se plantearon una serie de objetivos los cuales estaban orientados a la realización del levantamiento de las estructuras hidráulicas que componen el sistema para actualizar las memorias de planos existentes, con el propósito de proporcionar información detalla de los elementos hidráulicos. Así como también, hacer un análisis al sistema de captación, planta de tratamiento y catastro de redes, mediante una evaluación general para obtener información acerca de su funcionamiento para con base en esto, proponer alternativas de solución a los diversos componentes del sistema de acueducto, con el fin de mejorar el servicio

de agua potable en el casco urbano del municipio. Por último elaborar un informe técnico de la evolución del sistema con el fin de reestructurar los procedimientos existentes.

Es importante destacar que durante la ejecución de la pasantía se logró cumplir con todos los objetivos propuestos, ya que estos fueron llevados a cabo mediante la ejecución de una serie de actividades programadas, las cuales proporcionaron información oportuna, verídica y útil para el respectivo análisis de los resultados.

Por otra parte, se buscó dejar como aporte a la empresa los planos actualizados de los elementos existentes, un informe técnico, el cual contiene un paralelo del estado actual de la prestación de servicio y la propuesta de la necesidad técnica de implementación del sistema de macromedición y ampliación de la cobertura de micromedición.

# **Capítulo 1: Apoyo técnico a la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica para el proceso de mejoramiento del sistema de captación, planta de tratamiento y red de distribución del servicio de acueducto.**

## **1.1. Descripción breve de la empresa**

La prestación del servicio de Acueducto en el municipio data desde mediados del Siglo XX, a través del INSFOPAL donde se efectuaba la prestación del servicio de manera insipiente, no obstante el servicio pasa a ser prestado por el Departamento del Cesar mediante la empresa EMPOCESAR, centralizándose el servicio, sin embargo a finales de los 80's y mediados de los 90's, se liquida el INSFOPAL y se crea en 1990 la EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE AGUACHICA "EMPOAGUACHICA" como establecimiento público descentralizado del orden municipal, a raíz del cambio de la norma debido a la promulgación de la Ley 142 de 1997 y para el año 1998 en el mes de marzo se transforma EMPOAGUACHICA pasando de Establecimiento Público a Empresa Industrial y Comercial del Estado, haciendo esta transformación fuera de fecha permitida por la Ley 286 de 1996 y creándose la empresa de servicios públicos de Aguachica E.S.P y hasta hoy aun continua como tal, no obstante haber presentado una iniciativa por parte del ejecutivo municipal mediante un proyecto de acuerdo para lograr su transformación como empresa oficial por acciones, sin encontrar respuesta positiva de parte del Concejo Municipal, para que quede enmarcada dentro de las normas legales vigentes. (Oficina de control interno E.S.P.A.).

La Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P. – ESPA, es una entidad adscrita a la Administración Municipal que presta servicios públicos de Acueducto y Alcantarillado a la población de la zona urbana del Municipio de Aguachica, esta empresa se transforma según Acuerdo No. 0006 de 1998 en Empresa Industrial y Comercial del Estado, de una forma extemporánea debido a que el plazo que había dado el legislador a través del artículo 2 de la Ley 286 de 1996, era hasta el 04 de enero de 1998. Hoy en día solo es permitida la constitución de empresas por acciones para la prestación de los servicios públicos a que se refiere el artículo 17 de la Ley 142 de 1994. (Oficina de control interno E.S.P.A.)

Es así como se determinó dentro de algunas alternativas de solución jurídica que el municipio optara por constituirse como una Sociedad por acciones Simplificadas S.A.S. Esta subespecie asociativa, creada mediante la Ley 1258 de 2008, se ha convertido en una opción asociativa de reveladoras ventajas para los empresarios del país y encajan dentro de la primera exigencia hecha por la Ley 142 de 1994, para la constitución de E.S.P. (Oficina de control interno E.S.P.A.).

**1.1.1. Misión.** Somos una empresa dedicada a la organización y prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la ciudad de Aguachica Cesar, para satisfacer las necesidades de los clientes con oportunidad, eficiencia, continuidad y calidad en niveles de excelencia, generando como valores agregados constante, el fomento del crecimiento socio-económico sostenible de la zona urbana con responsabilidad social empresarial, mediante la gestión del talento humano, los recursos físicos y la modernización tecnológica que garantice bajo principios y valores éticos la sostenibilidad económica, financiera y ambiental. (Empresa de servicios públicos de Aguachica E.S.P.).

**1.1.2. Visión.** Ser en el año 2020 una empresa reconocida regional y nacionalmente como modelo en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, caracterizada por una gestión orientada a resultados, que promueva con responsabilidad social empresarial el mejoramiento de la calidad de vida de la ciudadanía en general, con un talento humano de altos niveles en sus competencias; así como, por un comportamiento acorde con los principios y valores éticos. (Empresa de servicios públicos de Aguachica E.S.P.).

**1.1.3. Objetivos de la empresa.** Somos una empresa prestadora de servicios públicos domiciliarios que desea brindar a la comunidad aguachique un buen servicio en el suministro de Agua potable, tratamientos de aguas residuales y saneamiento básico; y así contribuir al mejoramiento de la calidad de vida en este, nuestro municipio. Es por eso, que la empresa se ha trazado la misión y la visión para llevar a cabo el buen manejo y sostenimiento de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P.

Organizar y prestar de forma eficiente y eficaz los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio de Aguachica Cesar.

Construir, mantener y reparar oportunamente la infraestructura para la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio.

Desarrollar una cultura orientada al manejo, mejoramiento y protección del medio ambiente que garanticen la prestación de los servicios públicos de acueductos, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio de Aguachica Cesar.

Promover el desarrollo del control social y la participación ciudadana en la prestación de los servicios públicos del acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio de Aguachica Cesar.

Garantizar la rehabilitación económica y social requerida para la sostenibilidad de la empresa en el corto, mediano y largo plazo.

Establecer una cultura orientada al cliente, soportada con procesos organizacionales efectivos que respondan a las necesidades y oportunidades del mercado. (Empresa de servicios públicos de Aguachica E.S.P.)

**1.1.4. Descripción de la estructura organizacional.** La empresa de servicios públicos de Aguachica E.S.P. para su correcto funcionamiento cuenta con una estructura organizacional, por medio de la cual se agrupan las diversas actividades llevadas a cabo en áreas, cuyas dependencias responde con responsabilidad a las funciones asignadas; contribuyendo de esta manera con los objetivos trazados por la entidad.

Cabe mencionar que la Gerencia, la Oficina de Control Interno y los Departamentos Operativo, de Sistemas y Comercial, tienen la responsabilidad de asumir procesos de liderazgo y de planeación estratégica, que permitan garantizar la consecución y el logro de los objetivos trazados en aspectos de desarrollo administrativo, de rentabilidad económica y sobre la continuidad y calidad del servicio de acueducto y alcantarillado hacia el cliente. Por tal razón, le corresponde a la alta dirección la responsabilidad de establecer las políticas de la Empresa a nivel financiero, técnico, operativo y de servicio que propenda por el logro de la misión y visión institucional. (Oficina de control interno E.S.P.A., 2014).

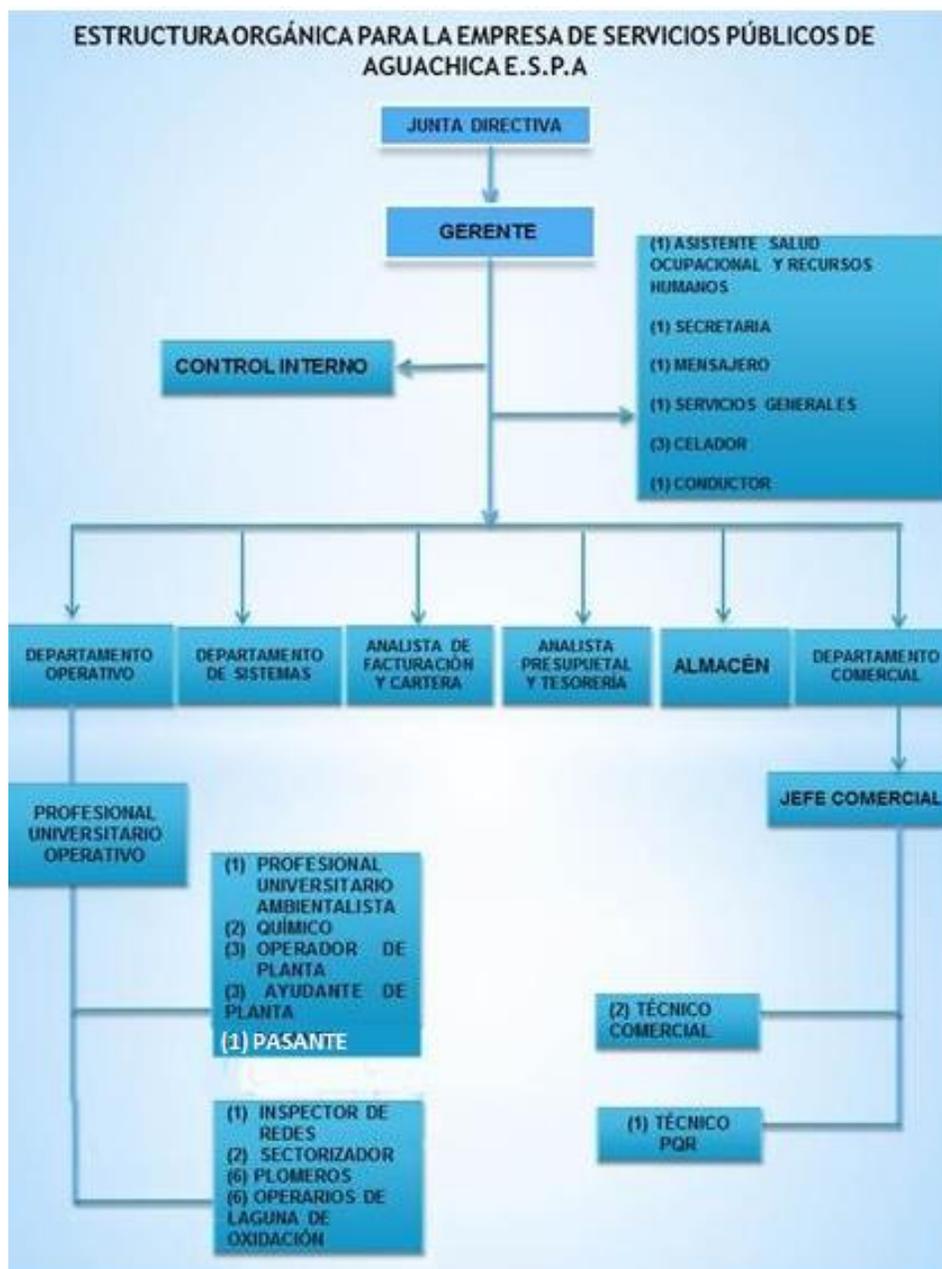


Figura 1. Estructura organizacional de la empresa de servicios públicos de Aguachica E.S.P.

Fuente: Oficina de control interno E.S.P.A.

**1.1.5. Descripción de la dependencia.** El departamento operativo de la empresa de servicios públicos de Aguachica E.S.P. está a cargo del ingeniero Lubyng Edgardo Llaín Obregón, profesional universitario operativo. Esta área es la encargada de planificar, guiar y supervisar la ejecución de métodos y procedimientos para el mantenimiento y la operación de la infraestructura física del sistema de acueducto y alcantarillado de Aguachica, con el objetivo de orientar, organizar, estipular políticas y acoger planes, programas y proyectos para ejecutar todas las actividades relacionadas con el área operativa, estipuladas por la empresa conforme a las normas institucionales y legales vigentes. (Empresa de servicios públicos de Aguachica E.S.P.).

De acuerdo con lo anterior, durante el transcurso de las pasantías se realizara apoyo técnico al proceso de mejoramiento del sistema de captación, planta de tratamiento y red de distribución del sistema de acueducto en lo que el pasante brindara sus servicios para corroborar la veracidad del catastro de redes, realizar visitas a la planta de tratamiento de agua potable para documentar los procesos de operación y mantenimiento llevados a cabo en ella, la verificación del servicio, coordinación de los trabajos ejecutados en las redes de distribución y la evaluación hidráulica a los componentes del sistema, esto con el objeto de proporcionar planos actualizados de las estructuras hidráulicas, alternativas de solución al sistema y un informe técnico de la evolución del sistema. Estas actividades serán llevadas a cabo bajo la supervisión y coordinación del ingeniero Edgardo Llaín Obregón.

## **1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia.**

A continuación se muestra en el cuadro 1 la matriz DOFA en la cual se describe la situación actual en la que se encuentra la dependencia operativa.

Tabla 1.

*Matriz DOFA.*

<b>FACTORES INTERNOS</b>	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<b>MATRIZ DOFA</b>	Talento humano competente para el desarrollo de las actividades propias de la prestación de servicios públicos de acueducto y alcantarillado.	Carece de un sistema abastecimiento de agua potable continuo.  Perdidas en las redes de acueducto.
	Ejecución de obras para mantenimiento preventivo en las redes de acueducto y alcantarillado.	Escases de maquinaria y materiales para la ejecución de obras de acueducto y alcantarillado.
	Compromiso con la comunidad para satisfacer las necesidades derivadas de los servicios domiciliarios.	No cuenta con suficiente equipo de trabajo para la realización de obras.
	Única entidad prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado.	
<b>FACTORES EXTERNOS</b>		
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>ESTRATEGIA F.O.</b>	<b>ESTRATEGIA D.O.</b>
Apoyo por parte del Gobierno para el mejoramiento del sistema de acueducto.	Gestionar proyecto de infraestructura para la optimización de los sistemas de acueducto y alcantarillado.	Gestionar recursos para el desarrollo de actividades que conlleven al cumplimiento de metas de calidad, eficiencia y continuidad en la prestación de servicios públicos de acueducto y alcantarillado en la zona urbana del municipio.
Búsqueda de alternativas para el mejoramiento de la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en la zona urbana.	Continuar con la implementación del plan estratégico de la E.S.P.A para presta un servicio de forma eficiente y eficaz de acueducto y alcantarillado.	Reestructuración de la planta de tratamiento, sistema de captación y distribución para aumentar la eficiencia del servicio de agua potable.
Vinculación de pasantes para aportar apoyo técnico a la dependencia.		
<b>AMENAZAS</b>	<b>ESTRATEGIA F.A.</b>	<b>ESTRATEGIA D.A.</b>
Conexiones en la red de acueducto no autorizadas por la empresa.	Mediante mantenimientos en la red de acueducto detectar las conexiones ilegales hechas por los usuarios.	Disminuir las pérdidas en todo el sistema para garantizar un mayor aprovechamiento del servicio de agua potable.
Bajo caudal en la cuenca en épocas de verano.		

Fuente: Pasante, 2017.

**1.2.1. Planteamiento del problema.** En el municipio de Aguachica se carece de un sistema de acueducto óptimo, ya que en la empresa de servicios públicos E.S.P.A. desde hace años se ha estado presentando dificultad para la prestación de un servicio eficiente y continuo de agua potable en la zona urbana del municipio. Cabe mencionar que el problema radica en que el sistema de distribución presenta deficiencias técnicas, ya que se presentan muchas pérdidas por múltiples factores como insuficiente micro medición, acometidas fraudulentas, desperdicios y la tubería en algunos tramos se encuentra en mal estado; además, en las épocas de verano la cuenca de la Quebrada de Buturama no logra retener suficiente caudal y en épocas de invierno se presentan crecientes con gran cantidad de sedimento, debido al estado de deforestación en que se encuentra. Esta situación genera insatisfacción en los usuarios.

Por tal razón se ve la necesidad de hacer un mejoramiento al sistema de captación, planta de tratamiento y red de distribución del servicio de acueducto, con el objetivo de garantizar un mejor servicio de abastecimiento de agua potable y ampliar la cobertura del servicio. Por consiguiente, se requiere del apoyo técnico del pasante para realizar los estudios y análisis de la problemática, con el fin de buscar alternativas de solución que permita proporcionar a los usuarios un sistema eficiente, que satisfaga las necesidades vitales de la población y contribuya con el bienestar de la sociedad.

### **1.3. Objetivos de la pasantía**

**1.3.1. General.** Apoyar técnicamente a la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica para el proceso de mejoramiento del sistema de captación, planta de tratamiento y red de distribución del servicio de acueducto.

**1.3.2. Específicos.** Realizar el levantamiento de las estructuras hidráulicas que componen el sistema para actualizar las memorias de planos existentes con el propósito de obtener información detallada de la infraestructura del sistema de captación, planta de tratamiento y red de distribución.

Hacer análisis y estudios al sistema de captación, planta de tratamiento y catastro de redes, mediante la evaluación general a los componentes del sistema existente, con el propósito de obtener información sobre el funcionamiento general y el estado actual del mismo, de acuerdo con lo establecido en el Ras 2010.

Plantear alternativas de solución a los diversos componentes del sistema de acueducto, con el fin de mejorar el servicio de agua potable en el casco urbano del municipio.

Elaborar un informe técnico de la evaluación del sistema existente con el fin de reestructurar los procedimientos existentes, planteando soluciones que mejoren la prestación del servicio.

#### **1.4. Descripción de las actividades a desarrollar en la misma.**

En el cuadro que se muestra a continuación se muestran las actividades a desarrollar durante las 16 semanas que se estará ejecutando la pasantía. Estas actividades fueron planteadas para dar cumplimiento a los objetivos propuestos anteriormente.

Tabla 2.

*Descripción de actividades.*

Objetivo General	Específicos	Actividades a desarrollar en la empresa Objetivos Específicos
<b>Apoyar al proceso de diseño y reestructuración de la planta de tratamiento, el sistema de captación y distribución del servicio de acueducto, para mejorar la continuidad del servicio en el municipio de Aguachica, Cesar.</b>	Realizar el levantamiento de las estructuras hidráulicas que componen el sistema para actualizar las memorias de planos existentes con el propósito de obtener información detalla de la infraestructura del sistema de captación, planta de tratamiento y red de distribución.	Recopilar información y planos de las estructuras existentes. Levantar las estructuras hidráulicas que no se encuentren en los planos. Organizar en un archivo general todos los planos actualizados que conforman el sistema
	Hacer análisis y estudios al sistema de captación, planta de tratamiento y catastro de redes, mediante la evaluación general a los componentes del sistema existente, con el propósito de obtener información sobre el funcionamiento general y el estado actual del mismo, de acuerdo con lo establecido en el Ras 2010.	Evaluar los procesos de operación y mantenimiento del sistema. Realizar inspecciones técnicas a las estructuras existentes. Determinar los parámetros por evaluar en los sistemas existentes, según el Ras 2010. Realizar visitas técnicas a los sitios de trabajo para verificar la veracidad del catastro del terreno. Procesar la información obtenida para facilitar su análisis y procedimiento.
	Proponer alternativas de solución a los diversos componentes del sistema de acueducto, con el fin de mejorar el servicio de agua potable en el casco urbano del municipio	Identificar las falencias del sistema. Plantear 3 alternativas de solución al sistema de acueducto.
	Elaborar un informe técnicos de la evaluación del sistema existente, con el fin de reestructurar los procedimientos existentes, planteando soluciones que mejoren la prestación del servicio.	Recopilar la información proporcionada en la evaluación del sistema. Hacer un paralelo entre la prestación del servicio actual y la prestación del servicio esperada y la prestación del servicio esperada con el mejoramiento del sistema.

Fuente: Pasante.

## Capítulo 2: Enfoque referencial

### 2.1 Enfoque conceptual.

**2.1.1. Sistemas de acueducto.** Conjunto de elementos y estructuras cuya función es la captación de agua, el tratamiento, el transporte, almacenamiento y entrega al usuario final, de agua potable con unos requerimientos mínimos de calidad, cantidad y presión. (RAS 2010, Título B, Pág.476).

**2.1.2. Captación.** Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento. (RAS 2010, Título B, Pág. 462)

**2.1.3. Red de distribución o Red pública.** Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo. (RAS 2000, Título A, Pág. 99).

**2.1.4. Pérdidas técnicas en la red de distribución.** Corresponden a las fugas de agua tanto detectables como no detectables. (RAS 2010, Título B, Pág.471).

**2.1.5. Micromedición.** Sistema de medición de volumen de agua, destinado a conocer la cantidad de agua consumida en un determinado período de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto. (RAS 2010, Título B, Pág. 469).

**2.1.6. Sistema de potabilización.** Conjunto de procesos y operaciones unitarios para tratar purificar el agua y que tienen por objeto hacerla apta para el consumo humano. (RAS 2010, título C, pág. 40).

**2.1.7. AutoCAD.** “Programa de graficación, herramienta básica para dibujar en arquitectura, ingeniería, diseño industrial, topografía, cartografía, geología, electricidad, electrónica; permite dibujar con precisión, corregir, copiar y modificar, los elementos gráficos.” (Giraldo, 2015).

## **2.2. Enfoque legal**

**2.2.1. Resolución No. 1096 del 17 de Noviembre de 2000.** Por la cual se adopta el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS expedida por el ministerio de desarrollo económico.

**2.2.2. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2010), título A.** En el cual se establecen los aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico para su obligatorio cumplimiento en todo el territorio nacional.

**2.2.3. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2010), título B.** El propósito de este capítulo es fijar los criterios básicos, los requisitos mínimos y los valores específicos y límites que deben tenerse en cuenta en los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad técnica, eficiencia de operación, sostenibilidad y redundancia, dentro de un nivel de complejidad del sistema determinado. (Título B, RAS 2010, pág. 7).

**2.2.4. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2010), título C.** Establece las condiciones requeridas para la concepción y el desarrollo de sistemas de potabilización del agua. Así mismo orienta la planificación, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la operación, el mantenimiento y el seguimiento de la operación de estos sistemas y sus componentes. (Vargas, 2010).

**2.2.5. Ley 142 de 1994 (Decreto Nacional 1641 de 1994).** Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones, emitida por el congreso de la república de Colombia.

**2.2.6. Resolución 2115 de 2017.** Expedida por el Ministerio de la protección social, Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

**2.2.7. Resolución CRA 688 de 2014.** Emitida por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico para establecer la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado con más de 5.000 suscriptores en el área urbana.

**2.2.8. Resolución CRA 735 de 2015.** Emitida por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico Por la cual se modifica, adiciona y aclara la Resolución CRA número 688 de 2014.

## **Capítulo 3: Informe de cumplimiento de trabajo**

**3.1 Realizar el levantamiento de las estructuras hidráulicas que componen el sistema para actualizar las memorias de planos existentes con el propósito de obtener información detalla de la infraestructura del sistema de captación, planta de tratamiento y red de distribución.**

**3.1.1 Recopilar la información y planos de las estructuras existentes.** Se realizó la búsqueda de información acerca de las estructuras existentes del sistema de acueducto en la dependencia operativa. Para esto se recurrió a los archivos digitales, planos y documentos en físico con los que cuenta esta área. Además de esto se indago con el personal de planta de tratamiento, el profesional universitario operativo, inspector de redes y supervisores acerca del diseño de la infraestructura del sistema.

De acuerdo con la información suministrada por dicho personal, se determinó que no se dispone de planos en AutoCAD para el sistema de captación. En lo referente a la planta de tratamiento se tenía planos de todas las estructuras que la conforman, incluidos los tanques de almacenamiento. Es importante mencionar que la última actualización hecha a estos planos fue en el año 2016.

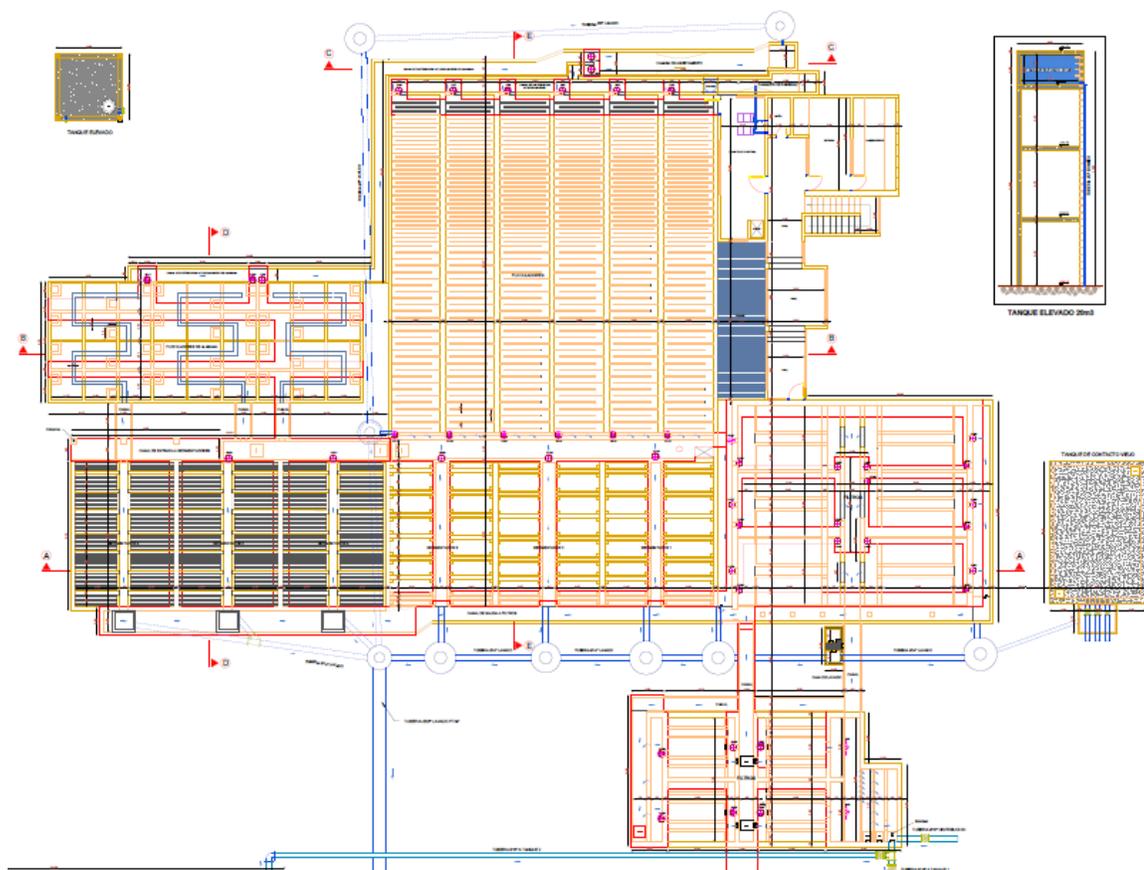


Figura 2. Plano general de planta de tratamiento.

Fuente: ESPA, 2016.

En cuanto al catastro de redes se encontró que su última actualización fue hecha en el año 2016, por lo que solo se actualizo las reposiciones e instalaciones de tuberías realizadas en el año 2017. En el apéndice A se puede evidenciar los tramos que fueron intervenidos, los cuales se aprecian de color amarillo en el plano de catastro de redes.

A continuación se muestra en la siguiente tabla el listado de la tubería que fue instalada y a la que se le hizo reposición durante este año.

Tabla 3.

*Listado de tubería instalada en el año 2017.*

REPOSICION E INSTALACION DE TUBERIA DE ACUEDUCTO		
11 de Noviembre	Calle 15N entre 38 y 39	2"
20 de Enero	Calle 11N Cra 39D	3"
7 de Agosto	Cra 8 entre 13 y 16	6"
	Calle 15 entre 5 y 8	3"
Libertad	Cra 10 entre 14 y 15	3"
	Calle 14 entre 6 y 8	3"
	Calle 15B entre 5 y 8	3"
7 de Agosto	Calle 16 Carrera 8	8"
	Calle 15A entre 5 y 8	3"
	Cra 5 entre 13 y 16	6"
Acacias	Calle 11 entre 28 y 29	3"
San Andresito	Calle 1N Cra 24	3"
San Andresito	Cra 24 entre 1 y 0	4"
María Eugenia	Calle 1 N entre 36 y 39	3"
La unión	Cra 26 entre 7 y 8	3"
La victoria	Cra 27 entre 2 y 1 AN	4"
San jose	Calle 10 entre 26 y 26 A	4"

Nota. En la tabla se muestra la tubería instalada. Fuente: ESPA, 2017.

**3.1.2 Levantar las estructuras hidráulicas que no se encuentren en los planos.** Los datos recopilados fueron verificados en terreno mediante visitas de campo para la toma de medidas en el sistema de captación y planta de tratamiento. La comprobación del catastro de redes en terreno se efectuó mediante los trabajos de campo realizados en los mantenimientos correctivos en las redes de distribución.



Fotografía 1. Instalación de tubería.

Fuente: Pasante, 2017.

La información referente a las medidas para el levantamiento de las estructuras hidráulicas se efectuó con la ayuda del personal de planta (operarios y ayudante), el profesional universitario operativo y pasantes de ingeniería civil.

Para la toma de datos se empleó la cinta métrica de 30 metros, GPS y libreta de apuntes. Primero se procedió a medir la estructura de desarenación y posterior a esto con la de captación.



Fotografía 2. Medición al canal de aducción.

Fuente: Pasante, 2017.



Fotografía 3. Toma de coordenadas y medidas en el desarenador 1.

Fuente: Pasante, 2017

**3.1.3. Organizar en un archivo general todos los planos que conforman el sistema.** Se creó un archivo digital nombrado “PLANOS ESTRUCTURALES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO”, el cual contiene los planos del sistema de captación, planta de tratamiento, y red de distribución. Esto con el fin de brindar información de fácil acceso y de manera organizada a los funcionarios de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica o personal autorizado por la misma. (Ver apéndice B).

El archivo contiene la siguiente información:

Tabla 4.

*Planos estructurales del sistema de acueducto.*

<b>PLANO</b>	<b>CONTIENE</b>
Sistema de captación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta general de la bocatoma.</li> <li>• Corte longitudinal de la bocatoma.</li> <li>• Corte transversal de la bocatoma.</li> <li>• Corte de la cámara de recolección.</li> <li>• Planta general del desarenador nuevo.</li> <li>• Cortes longitudinales del desarenador nuevo.</li> <li>• Cortes transversales del desarenador nuevo.</li> <li>• Corte transversal de pantalla difusora.</li> </ul>
Planta de tratamiento agua potable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta general de la PTAP.</li> <li>• Sección trasversal del tanque elevado de 20 m<sup>3</sup>.</li> </ul>
Cortes – Planta de tratamiento agua potable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corte longitudinal de floculadores de alaba y de flujo horizontal.</li> <li>• Corte longitudinal de filtros y sedimentadores.</li> <li>• Corte longitudinal del canal de quietamiento y canal de distribución a floculadores de Alabama.</li> <li>• Corte trasversal de sedimentadores y floculadores de alabama</li> <li>• Corte trasversal de sedimentadores y floculadores de flujo horizontal.</li> <li>• Planta general del desarenador 2 (antiguo).</li> <li>• Corte longitudinal y transversal del desarenador 2 .</li> </ul>
Tanque de almacenamiento 1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta general del tanque 1 y 2</li> <li>• Sección trasversal del tanque 1 y 2</li> <li>• Corte del cuarto de válvula del tanque 1 y 2.</li> </ul>
Tanque de almacenamiento 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta general del tanque 3.</li> <li>• Sección Transversal del tanque 3</li> <li>• Corte de cuarto de válvula del tanque 3.</li> </ul>
Red de distribución	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta general de las redes de distribución.</li> </ul>

Nota. En la tabla anterior se describen los planos de los elementos estructurales que conforman el sistema de acueducto. Fuente: Pasante, 2017.

**3.2. Hacer análisis y estudios al sistema de captación, planta de tratamiento y catastro de redes, mediante la evaluación general a los componentes del sistema existente, con el propósito de obtener información sobre el funcionamiento general y el estado actual del mismo, de acuerdo con lo establecido en el Ras 2010.**

Realizar un estudio al sistema de acueducto es de gran importancia ya que de esta manera se puede conocer el estado actual y los procesos de operación y mantenimientos de los diferentes elementos hidráulicos, así como también evaluar la capacidad de las estructuras existentes.

Esta información debe ser tomada de manera cuidadosa ya que con respecto a los resultados arrojados se identifican las falencias y se toman decisiones que permitan mejorar el servicio.

**3.2.1 Evaluar los procesos de operación y mantenimiento del sistema.** El sistema de acueducto del municipio para su funcionamiento cuenta con una serie de estructuras hidráulicas, las cuales permiten el abastecimiento de agua cruda, tratamiento, almacenamiento de agua potable y la distribución en el casco urbano. Cabe señalar que cada infraestructura involucra una serie de procedimientos para su operación.

**Procesos de captación.** El sistema de captación de agua cruda se encuentra localizado sobre los 303 m.s.n.m, con coordenada 1416567 m N, 1055551 m E. La bocatoma capta el agua proveniente de la Quebrada Buturama, mediante un dique sobre el cual se aloja una bocatoma lateral que consta de cuatro rejillas y una bocatoma de fondo compuesta por tres rejillas. Posterior a esto se encuentra la cámara de derivación y regulación de caudales, la cual evacua el caudal de exceso para el que no tiene capacidad el canal de aducción y posee una compuerta de lavado que descarga directamente a la quebrada.

La bocatoma tiene capacidad para captar un caudal de 511,80 Lt/ seg (ESPA, 2016), el cual es superior al caudal concesionado por la Corporación Autónoma Regional del Cesar “CORPOCESAR”, esto según la resolución 0617 del 11 de julio de 2016, donde se estableció que el recurso hídrico concesionado es 292,41 Lt/seg hasta el 31 de octubre de 2020.

Actualmente se capta en épocas de invierno un caudal de 430,775 Lt/seg según un aforo hecho en el canal rectangular y en verano un caudal inferior a los 292 Lt/seg según los caudales registrados en el mes de febrero y marzo de este año.

Es de anotar que esta estructura cumple hidráulicamente con su función, ya que cuando se presentan crecientes en la fuente, capta un caudal superior a 340 Lt/seg, el cual corresponde a la capacidad máxima que puede transportar la aducción 2 y el resto es devuelto a la quebrada por excesos en el desarenador (nuevo).



Fotografía 4. Captación.

Fuente: Pasante, 2017.

La bocatoma se encuentra en estado regular, dado que presenta deterioro en el dique, pozo amortiguador y cámara de derivación. Además de esto, la compuerta cuadrada deslizante para el lavado del canal no se encuentra en funcionamiento. Estos daños se evaluaron en la tabla 9.

La limpieza de las rejillas se hace dos veces al día, con el fin de remover hojas, piedras y todo tipo de material granular que arrastra la fuente de abastecimiento. Además de esto, se abre la compuerta de lavado para evacuar mediante un orificio de 10" las partículas y sedimentos que no son atrapadas en las rejillas.



Fotografía 5. Evacuación de sedimentos que no son atrapados en rejillas.

Fuente: Pasante, 2017.

***Proceso de aducción 1.*** El agua es transportada desde la cámara de derivación hasta el desarenador 2 por medio de un canal rectangular, el cual está construido en concreto liso, sección transversal de 0,61 m x 0,77 m libre y su longitud es 94 m, con su debida tapa y con una semicurva en el centro a 30°.

Cabe mencionar que se carece de un elemento hidráulico para el control del agua que es transportada por este canal, puesto que en épocas de invierno se rebosa debido a que se sobrepasa su capacidad. Es importante aclarar que este componente del sistema cubre el caudal de diseño.



Fotografía 6. Canal de aducción.

Fuente: Pasante, 2017.

El canal fue diseñado con capacidad de auto limpieza, debido que la fuente en época de invierno carga gran cantidad de sedimentos especialmente arenas y limos. Por lo que el mantenimiento de este elemento consiste en abrir una compuerta que se encuentra a la entrada del desarenador para evacuar los sedimentos que se acumulan.



Fotografía 7. Compuerta para evacuar los sedimentos del canal de aducción.

Fuente: Pasante, 2017.

**Proceso de Desarenación.** Se encuentra a 312.79 m.s.n.m. en la coordenada 1416552.09 m N, 1055446.40m E, cota 312.63m.s.n.m. El agua ingresa por medio del canal de aducción proveniente de la bocatoma. Esta estructura tiene 20,28 m de longitud y 10 m de ancho, consta de dos módulos de desarenación. (Ver apéndice B).

Este componente tiene capacidad para un caudal de 370 Lt/seg, pero cuando la cuenca aumenta su caudal se sobrepasa la capacidad del canal y se presentan reboses en la cámara de entrada de esta estructura hidráulica.

De acuerdo con lo anterior, la estructura cumple con la necesidad del sistema ya que la planta de tratamiento tiene capacidad máxima para tratar un caudal de 370 Lt/seg.

De la estructura de repartición el agua llega a los módulos de desarenación pasando por dos pantallas difusoras, una para cada módulo. Los módulos cuentan, cada uno, con tres tolvas y tres compuertas para el desagüe.



Fotografía 8. Desarenador 1 (Nuevo).

Fuente: Pasante, 2017.

El mantenimiento al desarenador se hace por módulos, es decir, se deja en funcionamiento un solo modulo. Este procedimiento consiste en cerrar la válvula de entrada y abrir tres compuertas de desagües para que se evacuen los sedimentos acumulados en el fondo de

la unidad y luego cuando se hace necesario con la ayuda de la pala se remueve los sedimentos del tanque, empujándolos hacia el drenaje. Por último, se cierran las tres compuertas y se abre la de llenado. El lavado de esta estructura dura aproximadamente 2 horas por cada módulo realizándolo una sola persona, se hace en épocas de verano cada dos meses y en épocas de invierno cada 20 días o cada mes, este último dependiendo de la intensidad de lluvias.



Fotografía 9 .Mantenimiento al desarenador 2.

Fuente: Pasante, 2017.

***Procesos de aducción 2.*** El agua es transportada desde la salida del sistema de desarenacion hacia un desarenador antiguo por medio de una tubería de 16" PVC con longitud de 960 m para luego reducirse a 14" PVC con longitud de 1100 m y los últimos 50 m en AC hasta llegar a la cámara de distribución del desarenador 2 (antiguo) ubicado aguas abajo.



Fotografía 10. Aducción revestida en concreto.

Fuente: Pasante, 2017.

A lo largo de esta aducción se encuentran ventosas y purgas a las cuales se les realiza mantenimiento cada tres meses con el fin de desairar la tubería y evacuar lodos y arenas.

Tabla 5.

*Válvulas de purgas y venosas en la línea de aducción 2.*

<b>PUNTO</b>	<b>VÁLVULA</b>	<b>DIAMETRO</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>ESTADO</b>
1	Purga	4"	1416491.81m N, 1055320.92m E, cota: 303.92m.s.n.m	Bueno
2	Purga	4"	1416142.80m N, 1055132.08mE, cota: 295.75m.s.n.m	Bueno
3	Venosa	3"	1415763.44m N, 1055032.42mE, cota: 285.86m.s.n.m	Bueno
4	Purga	4"	1415359.20m N, 1054670.87mE, cota: 275.92m.s.n.m	Bueno
5	Venosa	3"	1415335.25m N, 1054665.73mE, cota: 277.34m.s.n.m	Bueno
6	Purga	4"	1415711.22m N, 1054985.16mE, cota: 286.22m.s.n.m	Bueno

Nota. En la tabla anterior se relaciona cada una de las válvulas de purgas venosas que existen a lo largo de la línea de aducción 2. Fuente: ESPA, 2016.



Fotografía 11. Ventosa en el punto 3 y purga en el punto 4 de la línea de aducción.

Fuente: ESPA, 2016.

El procedimiento para las purgas consiste en limpiar la caja de las válvulas, abrir la tubería y se dejarla 10 min que descargue. En cuanto a las ventosas se hace mantenimiento al flotador, se abre la válvula y se deja por 30 minutos. Este mantenimiento lo hace un operador y un ayudante de planta.

El sistema de acueducto cuenta con doble desarenación, debido que anteriormente se tenía un sistema de captación construido hace aproximadamente 50 años, el cual estaba conformado por una bocatoma, línea de aducción y desarenador de flujo horizontal, pero años después se construyó una nueva bocatoma, canal de aducción, desarenador y línea de aducción aguas arriba de la captación antigua, el cual fue empalmado al desarenado antiguo. En el año 2010 por causa de las fuertes precipitaciones, la quebrada Buturama se desbordó y arrasó con la bocatoma antigua, quedando solo en funcionamiento la nueva (ESPA, 2017).

Este doble pretratamiento permite que el agua que ingresa a la plana de tratamiento llegue sin presencia de arenas e incluso ayuda a que en épocas de invierno cuando la turbidez alcanza grandes magnitudes, esta disminuya en gran cantidad y en épocas de verano que sea muy baja, por lo que no se requiere la aplicación de coagulante.

Adicional a esto, este elemento hidráulico sirve como una cámara de quiebre de presión para la bocatoma nueva

En cuanto a la línea de aducción 2, no se tienen diseños y según información suministrada por funcionarios esto se realizó debido que en el momento de la instalación de esa aducción no se contaba con tubería de este diámetro ni presupuesto para adquirirla, por lo que según el diseñador debido a la pendiente dada por la diferencia de alturas entre las cotas claves, la tubería de 14" daba la capacidad para transportar el caudal de diseño.

Hidráulicamente el comportamiento de la línea de aducción no se ve afectado debido que al disminuir el diámetro lo que hace es que se aumenta la velocidad del flujo y disminuye la presión, lo cual es conveniente debido que el sistema trabaja a gravedad y por presentar una diferencia de altura considerable, lo que se hace es que con esto se reduce la ganancia de presiones a lo largo de ella, ya que no se cuenta con cámaras de quiebre.

Es preciso mencionar que esta aducción ha registrado caudales de 301.50 Lt/s, los cuales fueron medidos con el caudalímetro de la empresa cuando este se encontraba en funcionamiento.

***Procesos de Desarenación (antiguo).*** Ubicado en la cota 264.24 m.s.n.m, con coordenada 1415106.27m N, 1054281.97m E. Es una unidad de flujo horizontal de 9,56 m de ancho y 15,24 m de largo, la cual recibe el agua proveniente del desarenador nuevo localizado a 2063.11m aguas arriba. Este elemento hidráulico cuenta con un canal de aquietamiento, donde se reparte el agua a tres unidades de desarenación por medio de una pantalla difusora. Cada una de las unidades cuenta con dos válvulas de fondo que conducen las aguas a unos desagües ubicados en la parte oriental del desarenador. Este componente se puede evidenciar en el plano de los cortes de la planta de tratamiento en el apéndice B.

Una vez el agua sea desarenada se transportada desde la cámara de recolección de agua desarenada a la planta de tratamiento de agua potable. Esta cámara tiene 5 orificios de salida: El primero, segundo y cuarto orificio tienen diámetro de 10", el tercero de 12" y el quinto de 14".



Fotografía 12. Desarenador antiguo

Fuente: Pasante, 2017.

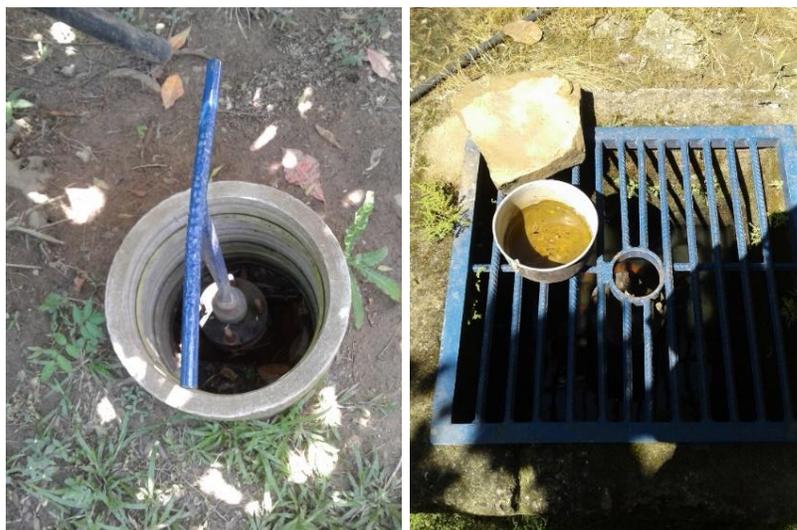
El mantenimiento de esta estructura no se pudo evidenciar durante el transcurso de la pasantía, pero los operadores de la PTAP manifiestan que se realiza de la misma manera que en el desarenador nuevo.

***Proceso de aducción 3, 4, 5 y 6.*** El agua desarenada se transporta a la planta de tratamiento por medio de cuatro tuberías de la siguiente manera:

Del orificio uno de la cámara de desarenación sale una tubería de 10" en AC, la cual se denomina como línea de aducción 3 con longitud de 606.33m, del tercer orificio sale una tubería de 12" en AC denominada línea de aducción 5 con longitud de 603.89m, de los orificios dos y cuatro salen dos tuberías de 10" en AC, las cuales se unen para conformar la línea de aducción 4 con longitud de 600.52m y por último, del quinto orificio sale una tubería de 14" en material AC

y PVC denominada línea de aducción 6 con longitud de 612.75m de los cuales 263 m son en material AC y el resto en PVC .

La aducción 3 y 4 se unen a la llegada de la PTAP en una tubería de 12" AC y posee una válvula de control al igual que la aducción 5.



Fotografía 13. Válvulas de control de tubería de 12" y Aducción 5.

Fuente: Pasante, 2017.

Según información registrada por la empresa a cerca de pruebas de medición realizadas con caudalímetro cuando este se encontraba en funcionamiento, se determinó que esta tuberías transportaban caudales máximo de 115,40 Lt/seg por la aducción 3, 110,51 Lt/seg por la aducción 4, 151,39 Lt/seg por la aducción 5 y 157,03 Lt/seg por la aducción 6.

Como es de entender, el sistema de aducción del desarenador 2 (antiguo) a la planta de tratamiento consta de cuatro líneas, de las cuales no se tiene conocimiento de los diseños, pero los funcionarios de la empresa manifiestan que estas líneas se iban instalando de acuerdo a la demanda del caudal, ya que inicialmente se contaba con una línea de aducción de 10" pero por recomendación de diseñadores se instalaron nuevas y se dejaron en funcionamiento las antiguas.

Es de anotar que actualmente con la aducción de 14” y 12” es suficiente para transportar el agua de este elemento hidráulico a la planta de tratamiento.

Hidráulicamente estas líneas traen beneficios cuando se realizan mantenimientos, debido que se puede suspender el servicio en la tubería que va a ser intervenida y dejar las demás en funcionamiento, pero a su vez trae desventajas en cuanto al costo del mantenimiento, ya que al contar con 4 líneas de aducción incrementa el valor de esta actividad.

Es preciso mencionar que estas aducciones se encuentran en buen estado y que al igual que en la aducción 1, estas líneas poseen una serie de válvulas de purgas y venosa que se describen continuación.

Tabla 6.

*Válvulas de purgas y ventosas en la líneas de aducción desarenador 2 – PTAP.*

<b>PUNTO</b>	<b>VÁLVULA</b>	<b>DIAMETRO</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>ESTADO</b>
7	Ventosa	3”	1414842.45m N, 1054181.75m E, cota: 259.43m.s.n.m	Bueno
8	Ventosa	2”	1414810.18m N, 1054155.64m E, cota: 257.72m.s.n.m	Bueno
9	Ventosa	2”	1414812.47m N, 1054152.79m E, cota: 258.86m.s.n.m.	Bueno
10	Ventosa	3”	1414585.40m N, 1054022.50m E, cota: 253.35m.s.n.m	Bueno
11	Ventosa	3”	1414592.04m N, 1054005.60m E, cota: 254.23m.s.n.m.	Bueno

Nota. En la tabla anterior se relaciona cada una de las válvulas de purgas venosas que existen a lo largo de la línea de aducción 2. Fuente: ESPA, 2017.

**Proceso de coagulación - mezcla Rápida.** El agua entra a la cámara de aquietamiento vertical, pasa por un canal horizontal de sección rectangular, luego entra a la canaleta parsahall para la medición y mezcla rápida en el resalto hidráulico producido en la garganta. Esta estructura cuenta con un sistema de medición de nivel con flotador, con su respectiva regla de caudales. Sin embargo, esta última no garantiza una buena medición del caudal que ingresa a la planta, puesto que la regla de caudales no se encuentra graduada correctamente.



Fotografía 14. Mezcla Rápida.

Fuente: Pasante, 2017.

Para la mezcla rápida se utiliza como coagulante el sulfato de aluminio tipo B y la dosificación se realiza por medio de pruebas de turbiedad y color aparente, ya que el equipo para prueba de jarras no se encontraba en funcionamiento. La dosis se determina mediante una curva de correlación de dosis óptima y turbiedad de agua cruda (ver figura 3).

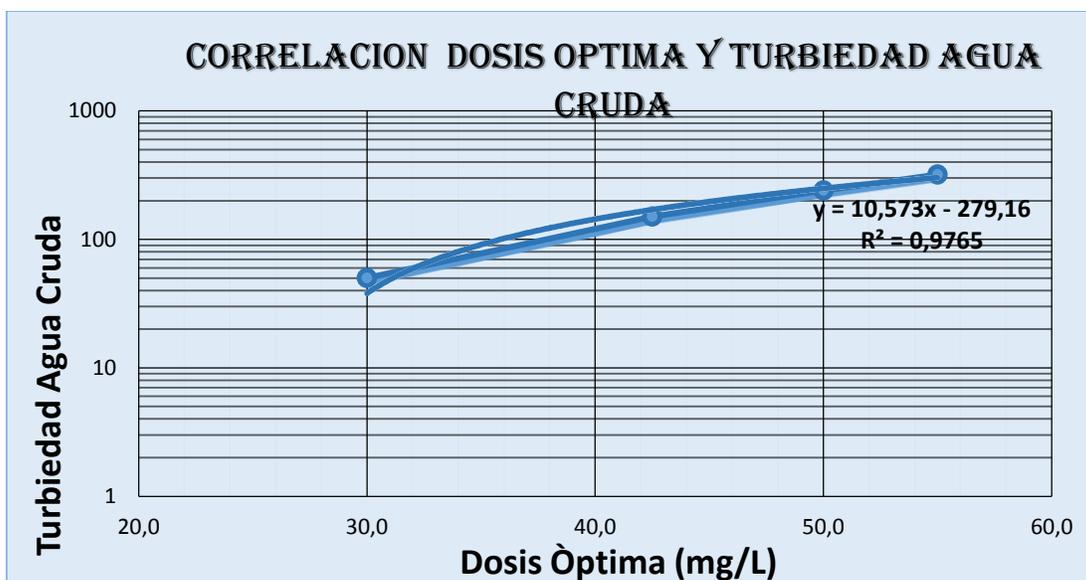


Figura 3. Curva para la dosis óptima.

Fuente: ESPA, 2017.

Esta dosificación se hace en seco mediante una tolva dosificadora graduada en la cual se deposita el sulfato y posterior a esto, se abre la llave de mezcla para que este sea disuelto en agua antes de su aplicación.



Fotografía 15. Dosificación de sulfato de aluminio tipo B.

Fuente: Pasante, 2017.

El sulfato de aluminio es almacenado en la bodega sobre estibas de madera, en una zona ventilada, a temperaturas frescas, sin presencia de humedad y transportado a la tolva dosificadora a través de un ascensor mecánico.



Fotografía 16. Almacenamiento y transporte de sulfato de aluminio tipo B.

Fuente: Pasante, 2017.

La planta de tratamiento posee dos tolvas dosificadoras con capacidad de 50 Kg/ h; Pero solo se colocan las dos en funcionamiento cuando la turbidez se encuentra sobre las 900 UNT.

En cuanto al mantenimiento de este equipo, es realizado diariamente por el ayudante de turno para retirar el material insoluble que se deposita en las paredes de la cámara para disolución.



Fotografía 17. Mantenimiento a la tolva dosificadora.

Fuente: Pasante, 2017.

La calibración de las tolvas dosificadoras se hace cada año y es realizada por el ayudante de planta y el operador. Para esto primero se realiza mantenimiento a la estructura metálica de la siguiente manera: se sueltan las tuercas, se quita la camisa de la sección convergente y se limpia con un cepillo o brocha las partículas de sulfato de aluminio que encuentren alrededor de la estructura metálica. Una vez terminada la limpieza se procede a colocar la camisa a la sección convergente y se atornilla.



Fotografía 18. Mantenimiento a la tolva dosificadora.

Fuente: Pasante, 2017.

Para la calibración se depositan en la tolva 50 kg de sulfato de aluminio, se gradúa de 5 en 5 en la escala de la curva y se procede a recoger en un recipiente durante 1 minuto el sulfato. Luego se deposita en una bolsa plástica resellable y se pesan en una balanza. Con los datos obtenidos se grafica la curva.



Fotografía 19. Calibración de la tolva dosificador.

Fuente: Pasante, 2017.

**Proceso de floculación.** Una vez que el agua pasa por la canaleta parsall llega a un canal que la distribuye un 30% a un sistema de floculación tipo hidráulico de flujo horizontal (6 tramos) y un 70 % a una derivación que conecta con el canal de conducción hacia los floculadores Alabama (3 módulos con 12 cámaras cada uno).

El proceso de floculación de flujo horizontal se hace mediante 6 tanques, cada uno de ellos dividido por tabiques en láminas de cemento, alrededor de los cuales el agua hace un recorrido horizontalmente de ida y vuelta haciendo un giro de 180° y produciendo pérdida de carga. Durante este cambio de dirección del flujo se genera turbulencia para formar el floc. El agua que ingresa a cada tramo es controlada por medio de 6 compuertas.

El proceso de floculación Alabama se realiza mediante 3 módulos con 12 cámaras cada uno, a través de las cuales el agua circula por unos conductos de forma vertical, es decir, el flujo asciende y desciende dentro de cada compartimiento mediante curvas a 90°.



Fotografía 20. Floculadores de flujo horizontal y Alabama.

Fuente: Pasante, 2017.

Los floculadores se lavan dos veces al mes y para esto se cierra la compuerta de entrada, se abre la compuerta de desagüe y se lava con la manguera de presión las paredes de la estructura para desprender algas, musgos y evacuar el lodo del fondo. Se cierra la compuerta de desagüe y se abre la compuerta de entrada. El lavado de estas estructuras se realiza aproximadamente en 1 hora para los floculadores de flujo horizontales y 40 minutos los floculadores alabama.

Para desinfectar y evitar la proliferación de algas y musgos en las paredes de estos tanques se utiliza hipoclorito de sodio disuelto en un nivel alto de cloro, el cual es aplicado con una bomba manual para riego y luego se procede a retirarlo con la manguera de presión. Es importante anotar que no se utiliza ningún producto de protección para estas estructuras diferente al mencionado anteriormente.

**Proceso de sedimentación.** Luego de la floculación el agua pasa por los sedimentadores, para esto existen dos grupos con capacidad máxima para tratar 599,78 lt/s (ESPA, 2016). El primero (antiguo) que recibe el agua floculada de los floculadores hidráulicos de flujo horizontales, contiene tres módulos de sedimentación de alta tasa, el segundo grupo que recibe el agua floculada de los floculadores tipo alabama, conformada igualmente por tres módulos de sedimentación de alta tasa. Ver apéndice B.

En la siguiente tabla se muestran las dimensiones de los sedimentadores.

Tabla 7.

*Dimensiones de los sedimentadores.*

N°	ETAPA	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)
Sedimentador N° 1	Antiguo	7,38	5,74	4,03
Sedimentador N° 2			5,81	
Sedimentador N° 3			5,77	
Sedimentador N° 4	Nuevo	8,28	5,25	
Sedimentador N° 5			5,30	
Sedimentador N° 6			5,25	

Nota. En la siguiente tabla se muestra las dimensiones de cada sedimentador. Fuente: ESPA, 2016.



Fotografía 21. Sedimentadores

Fuente: Pasante, 2017.

El lavado de estas estructuras se hace semanalmente en invierno y cada 15 días en verano. Para esto se procede de la siguiente manera: se cierra la compuerta del floculador correspondiente al sedimentador, se abre la válvula de desagüe, se coloca la manguera de presión para lavar la estructura y todos los elementos del interior, se cierra la válvula y por último se abre a los floculadores. El mantenimiento de estas estructuras se hace en 30 minutos aproximadamente.

Cuando hay presencia de algas y hogos en las paredes de las estructuras se procede de la misma manera que en los floculadores.



Fotografía 22. Lavado de sedimentadores.

Fuente: Pasante, 2017.

**Proceso de filtración.** El agua sedimenta pasa por un canal al proceso de filtración para el cual la planta cuenta con dos baterías de filtros con capacidad máxima para tratar un caudal de 454.23 Lt/seg. La primera consta de seis unidades de tasa declinante descendente, cada una de ellas mide 3,66 m de ancho y 4 metros de largo. En la segunda de cuatro unidades de 3,2 m de ancho y 3,2 m de largo. El agua proveniente de los sedimentadores se distribuye en cada batería mediante canales independientes. (Ver apéndice B).

El proceso de filtración se hace por filtración rápida de tipo descendente y convencional ya que el agua que entra a estas estructuras es previamente tratada y se usa como tratamiento final de los procesos de mezcla rápida, floculación y sedimentación.

Para el sistema de control del flujo se utiliza filtración de tasa constante y el flujo pasa a través de los medio filtrantes por gravedad. El agua entrar por debajo del lecho y asciende para descargar en un sistema efluente.

En cuanto a su composición se dice que son de medios múltiples (material granular, arena y antracita).



Fotografía 23. Canal de agua sedimentada y filtros antiguos.

Fuente: Pasante, 2017.

Es de gran importante destacar que en la actualidad las capas de antracita, arena, y gravas no tienen espesores definidos debido que estos materiales filtrantes se encuentran mezclados, ya que no se han efectuado mantenimientos periódicos a los lechos filtrantes. (ESPA, 2017).

De acuerdo con esto si se garantiza el proceso de filtración, pero la rata de mantenimiento se reduce por lo que se aumentan los gatos de operación.

El mantenimiento se hace diariamente (cada 24 horas) y en épocas de invierno cuando a simple vista se ven muy sucios. Para esto el operador cierra la válvula de ingreso y espera que el nivel baje, se abre la válvula de desagüe, se abre mínimo 2 compuertas para el retro lavado; se coloca la manguera de presión para lavar las paredes, esperando que la turbidez del agua de filtro aclare y sea constante y por último se abre la compuerta de entrada. Cada filtro se lava con la

capacidad de 2 filtros y medio. El lavado de estas estructuras se demora de 15 a 20 minutos aproximadamente.



Fotografía 24. Lavado de Filtros antiguos.

Fuente: Pasante, 2017.

***Proceso de desinfección.*** La desinfección se hace con cloro gaseoso, el cual es mezclado con agua del tanque aéreo de la planta y conducido a través de una tubería de 3/4" PVC a la cámara de cloración donde es aplicado al agua filtrada. La determinación del cloro se realiza por medio de los resultados arrojados en la pruebas al agua tratada con un comparador de cloro y Ph y la dosificación con el equipo clorador.



Fotografía 25. Cilindro de cloro gaseoso y cámara de cloración.

Fuente: Pasante, 2017.

Para su aplicación se cuenta con dos cilindros; uno de 900 kg y otro de 68 kg.

**Proceso de almacenamiento.** El sistema de acueducto cuenta con cuatro tanques de almacenamiento, construidos en concreto reforzado. Dos de ellos se encuentran ubicados en el lote de la planta de tratamiento y los otros dos a 960 m aguas abajo de la planta.

El tanque 1 está localizado en la cota 254,58 m.s.n.m., con coordenadas de 1414567.44 N y 1053932.12 E. en cuanto a sus medidas tiene 26.35 m de longitud y 26.30 m de ancho, con espesor de muros de 0.35 m. Se llena mediante una tubería de 18" en HD, la cual cuenta con una válvula de del mismo diámetro y de este salen dos tuberías, una de 16" en PVC y otra de 12". Este se puede evidenciar en el apéndice B.



Fotografía 26. Tanque de almacenamiento 1.

Fuente: Pasante, 2017.

El tanque 2 se encuentra ubicado en la cota 254,72 m.s.n.m, con coordenadas de 1414551.40 N y 1053965.87 E, mide 26.35 m de largo y 26.30 m de ancho, con espesor de muros de 0.35m, Se llena mediante una tubería de 16” en PVC, la cual cuenta con una válvula del mismo diámetro y sale una tubería de 16” PVC que se une a la de 16” que sale del tanque 1 (ver apéndice B).



Fotografía 27. Tanque de almacenamiento 2.

Fuente: Pasante, 2017.

El tanque 3 está localizado en la cota 236,97 m.s.n.m, con coordenadas de 1413567.32 N y 1053889.25 E, posee 26.40 m de largo y 26.40 m de ancho, con espesor de muros de 0.36m. Se llena mediante una tubería de 14" en HD, la cual cuenta con una válvula del mismo diámetro. Antes de la válvula se encuentra el macromedidor 3. De este tanque sale una tubería de 16" PVC que posee una válvula (ver apéndice B).



Fotografía 28. Tanque de almacenamiento 3.

Fuente: Pasante, 2017.

En cuanto al tanque 4 se encuentra localizado en la cota 234,57 m.s.n.m., con coordenadas 1413521.92 N y 1053896.97 E. Actualmente no se encuentra en funcionamiento, pero se proyectó que este se llenaría por medio de una derivación de la tubería de 16" en HD que alimenta el tanque 3. Debido a que este tanque no garantiza los parámetros de diseño no se tomaron las mediciones.



Fotografía 29. Tanque de almacenamiento 4.

Fuente: Pasante, 2017.

Para el mantenimiento de las estructuras de la planta de tratamiento se utiliza hipoclorito de sodio para desinfectarlas cuando hay mucha presencia de algas. Para la aplicación de esta sustancia se utiliza una bomba manual para riego.

Durante la pasantía no se pudo evidenciar el lavado de dichas estructuras con este compuesto químico, debido que la manguera de presión no se encuentra en buen estado y no se garantizaba un lavado óptimo de las estructuras.

***Proceso de conducción.*** Como se describió anteriormente, del tanque de cloración se deriva una conducción (1) al tanque de almacenamiento 3 con capacidad para transportar un caudal de 233.20 L/s. Dato obtenido de las mediciones de caudal hechas por la empresa con el caudalímetro.

En lo referente a la red de distribución, esta cuenta con 3 líneas de conducción que transportan el agua desde los tanques de almacenamiento hasta la cabecera municipal, de las cuales la dos últimas está compuesta de material en AC y PVC. Según mediciones hechas con el

caudalímetro en las conducciones 1, 2 y 3 se determinó que estas tienen capacidad total para transportar 640.9 L/s, lo cual es suficiente para abastecer las redes de distribución. No obstante estas líneas no operan simultáneamente, debido que esto depende de la sectorización del servicio y de los periodos de invierno y veranos. (ESPA, 2016)

A lo largo de esas conducciones se encuentran las siguientes válvulas de purga y venosas:

Tabla 8.

*Válvulas de purga y ventosas a lo largo de las conducciones de planta de tratamiento a la cabecera municipal.*

<b>PUNTO</b>	<b>VÁLVULA</b>	<b>DIÁMETRO</b>	<b>ESTADO</b>
1	Ventosa	4"	Bueno
2	Ventosa	3"	Bueno
3	Ventosa	3"	Bueno
4	Purga	4"	Bueno
5	Ventosa	4"	Bueno
6	Ventosa	3"	Bueno
7	Ventosa	3"	Bueno
8	Ventosa	3"	Bueno
9	Purga	3"	Bueno
10	Ventosa	3"	Bueno
11	Ventosa	2"	Bueno
12	Ventosa	3"	Bueno
13	Ventosa	3"	Bueno
14	Ventosa	2"	Bueno
15	Ventosa	2"	Bueno
16	Ventosa	3"	Bueno
17	Purga	4"	Bueno
18	Ventosa	2"	Bueno
19	Ventosa	3"	Bueno

Nota. En la tabla anterior se registra el diámetro y número de venosas y válvulas que existen a lo largo de las conducciones. Fuente: ESPA, 2017.



Fotografía 30. Ventosa triple acción.

Fuente: Pasante, 2017.

**3.2.2. Realizar inspecciones técnicas a las estructuras existentes.** La inspección a las estructuras de un sistema de abastecimiento consiste en la revisión del estado estructural y operacional de los diferentes elementos que lo conforman con el fin de identificar y evaluar las fallas o daño que han sufrido cada uno de ellos a lo largo de su puesta en funcionamiento.

Para esto se parte de la observación que se hace por medio de visitas y/o recorridos a los lugares donde se encuentran ubicadas dichas estructuras.

Tabla 9.

*Daños estructurales en el sistema de acueducto.*

<b>ESTRUCTURA HIDRÁULICA O EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA FALLA O DAÑO</b>	<b>FOTOGRAFÍA</b>
Capitación	<p>Se evidencia descascaramiento y pérdida de recubrimiento en la parte superior e intermedia del dique y socavación en el pozo amortiguador causada por el arrastre de partículas generadas por el agua.</p> <p>En la cámara de derivación se tiene una fuga y hay socavación en la pata de esta estructura ya que se carece de una estructura de caída para las aguas sobrantes de captación.</p>	
Desarenador 2	<p>Dos pasarelas del módulo izquierdo se encuentran deterioradas ya que a un lado de las mismas están desprendidas del centro y hundidas.</p>	

Continuación tabla 9.

<b>ESTRUCTURA HIDRÁULICA O EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA FALLA O DAÑO</b>	<b>FOTOGRAFÍA</b>
Planta de tratamiento	En la cámara de llegada y el canal de distribución de agua cruda al sistema de floculación tipo hidráulico horizontal se presentan fugas producto de grietas en el concreto, las cuales se evidencia en la parte inferior, ya que se nota el humedecimiento en las paredes, columnas y en la superficie.	
Punto de conexión y manguera de presión para lavado.	La tubería de 1" ½" empleada como punto de conexión para el lavado de cada uno de los elementos hidráulicos al igual que la manguera de presión se encuentran deteriorados debido que ambos presentan fugas.	
Válvula de compuertas	El estado de las compuertas no se pudo observar debido a su ubicación. En cuanto a su respectiva columna de maniobra se evidencio que algunas de estas carecen de la volanta.	

Continuación tabla 9.

<b>ESTRUCTURA HIDRÁULICA O EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA FALLA O DAÑO</b>	<b>FOTOGRAFÍA</b>
Caudalímetro	Este instrumento de medición del caudal de entrada en la planta de tratamiento no arroja resultados exactos ya que la tabla a escala solo afora caudales inferiores a 250 Lt/s por lo que los operadores de planta tuvieron que aumentar la escala manualmente.	
Canaleta parshall (Nueva)	<p>Esta canaleta no se encuentra en funcionamiento ya que según los operadores de planta fue mal construida.</p> <p>Esta estructura se encuentra en buen estado ya que no presenta grietas ni fisuras.</p>	
Equipo de prueba de jarras	Este equipo no se encontraba en funcionamiento debido que se carecía de los vasos de precipitación, por lo que se realizaban pruebas de turbiedad, color y ph con otros equipos para con base en estos resultados determinar la concentración óptima de coagulante necesaria para obtener un floc de las mejores características.	

Continuación tabla 9.

<b>ESTRUCTURA</b>		
<b>HIDRAULICA O EQUIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA FALLA O DAÑO</b>	<b>FOTOGRAFÍA</b>
Cámara de cloración	Los pasos para bajar a la cámara de cloración se encuentran deteriorados debido que el acero está en contacto directo con ambientes corrosivos como el agua y el cloro gaseoso.	
Red de distribución y acometidas domiciliarias.	<p>A diario se presentan fugas en las redes de distribución y acometidas domiciliarias.</p> <p>En su mayoría son producto de malas conexiones de acometidas domiciliarias a las redes principales, las cuales son hechas por los usuarios sin autorización de la empresa.</p> <p>Otro aspecto que también incide en este tipo de daños es la edad de las tuberías, ya que algunas de estas son de AC.</p> <p>En las acometidas se dan por daños en accesorios y tubería partida u obstruida.</p>	 

Fuente: Pasante, 2017.

A nivel general, no se presentan daños o deterioros que impidan el buen funcionamiento del sistema de acueducto, dado que en algunos casos se presentan deterioros moderados.

**3.2.3. Determinar los parámetros por evaluar en el sistema existe, según el Ras 2000, título A, tabla A.4.1.** La evolución del servicio de suministro de agua potable es un aspecto importante, debido que con esto se obtiene información acerca del funcionamiento general, la eficiencia y los criterios de operación.

*Calidad y continuidad de la fuente.* El sistema de captación solo se abastece de la fuente denominada como quebrada Buturama. Dicha fuente tiene periodos de verano largos debido al alto grado de deforestación producto de actividades como la agricultura y ganadería, lo cual influye en el bajo caudal de la microcuenca. Mientras que en épocas de invierno se presenta crecimiento con gran cantidad de material rocoso (arenas, gravas y rocas). (ESPA, 2016).

Según información suministrada por el IDEAM, la quebrada cuenta con una estación limnigráfica Yeguerita localizada aguas arriba de la captación, pero solo se tiene registro de los caudales del periodo 1988 – 2001. Con respecto a la información existente se determinó los caudales medios, máximos y mínimos de la Quebrada Buturama correspondiente al periodo del que se tiene registro. (ESPA, 2016).

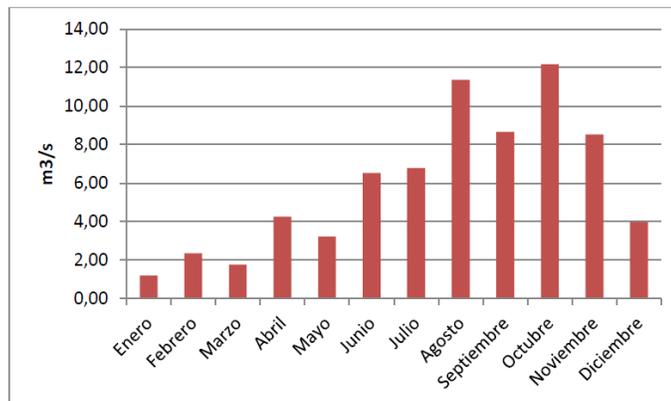


Figura 4. Caudales medios de la Quebrada Buturama, periodo 1988 - 2001.

Fuente: ESPA, 2016.

Como se puede observar en la figura 4, los meses en los que se han presentado los caudales más bajos corresponden a enero, febrero y marzo. Registrando un caudal mínimo histórico de 90 Lt/s en el año 1992 (Ver figura 5) y un caudal máximo histórico de 12180 Lt/s en el año 1995 (ver figura 6).

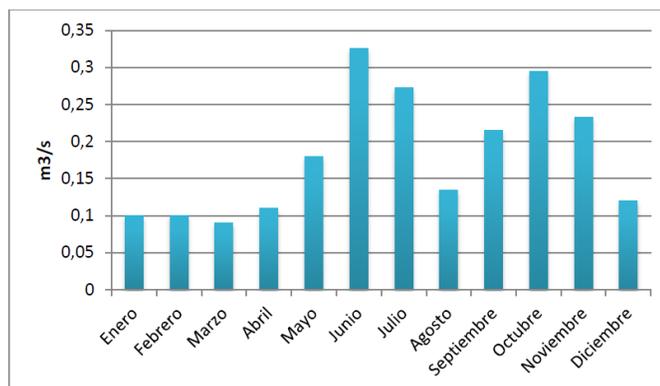


Figura 5. Caudal mínimo histórico de la cuenca en el año 1992.

Fuente: ESPA, 2016.

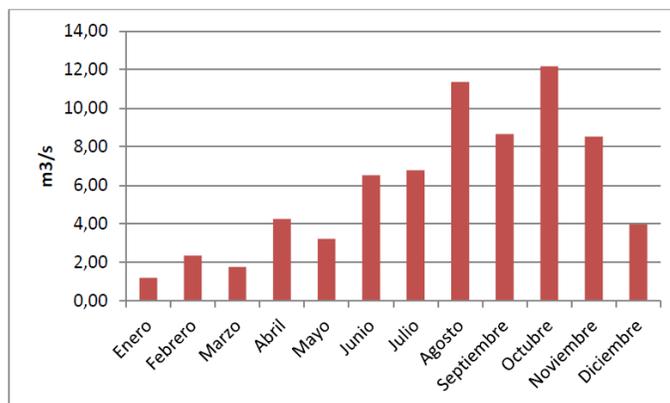


Figura 6. Caudal máximo histórico de la Quebrada Buturama en el año 1995.

Fuente: ESPA, 2016.

Como es de entender, en épocas de verano el caudal de la fuente disminuye notoriamente, tanto así que cuando este es menor a 340 Lt/s la bocatoma los capta en su mayoría, dejando aguas abajo un caudal ecológico mínimo.

Debido a la ausencia de información actualizada, en una de las visitas al sistema de captación se realizó un aforo a 80 m aguas arriba de la bocatoma, con el fin de determinar el caudal actual de la fuente.

El aforo fue realizado con la ayuda del profesional universitario operativo, una pasante de ingeniería civil y un operador de planta de la siguiente manera:

**Materiales:**

- 3 bolas de icopor
- 3 bolas de ping-pong
- Regla metálica graduada.
- Cronometro.
- Agenda de notas
- Lápiz

**Procedimiento:**

- 1) Se selección un tramo recto y uniforme de la quebrada, en el que el agua fluía libremente, sin obstrucciones por piedras grandes, troncos o cualquier otro material que interfiriera en la corriente de la fuente.



Fotografía 31. Tramo de la quebrada seleccionado.

Fuente: Pasante, 2017.

- 2) Sobre el tramo seleccionado anteriormente se ubicaron dos puntos para medir una distancia de 5 m. Posterior a esto se procedió a medir el tiempo que demoraba el flotador (bola de icopor y ping – pong) en transportarse de un punto a otro. Se tomaron 6 medidas de tiempo.



Fotografía 32. Puntos para medir distancia y tiempo de recorrido.

Fuente: Pasante, 2017.

- 3) Luego se escogió dentro del tramo medido anteriormente una sección de la fuente con condiciones promedio y donde se facilitara la toma de las medidas de ancho y las profundidades del agua cada 10 cm.



Fotografía 33. Toma de profundidad del agua.

Fuente: Pasante, 2017.

- 4) Se midió en el canal de aducción un tramo de longitud de 8,5 m, la profundidad hidráulica en dos puntos del mismo, el ancho del canal y se realizó el mismo procedimiento.
- 5) Se organizó la información en tablas y se dibujó la batimetría en AutoCAD. Con base en esto se realizaron los cálculos de tiempo promedio, velocidad, área y caudal.

Tabla 10.

*Tiempos medidos en la fuente.*

TIEMPOS MEDIDOS EN LA FUENTE	
t1 (seg)	6,94
t2 (seg)	6,45
t3 (seg)	7,81
t4 (seg)	6,91
t5 (seg)	6,31
t6 (seg)	6,53

Nota. La tabla muestra los tiempos registrados a lo largo de los 5m. Fuente: Pasante, 2017.

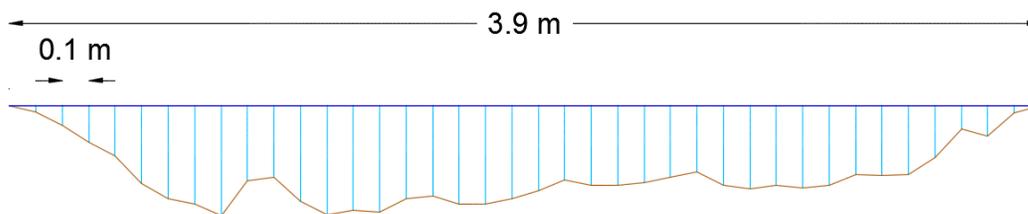


Figura 7. Batimetría de la fuente.

Fuente: Pasante, 2017.

Tabla 11.

*Calculo del caudal de la fuente.*

CALCULOS DE CAUDAL EN LA FUENTE	
t Prom. (Seg)	6,83
L (m)	5
V (m/s)	0,733
A (m <sup>2</sup> )	1,051
Q (m <sup>3</sup> /seg)	0,76996
Q (Lt/seg)	769,96

Nota. La tabla muestra los cálculos efectuados para determinar el caudal. Fuente: Pasante, 2017.

Tabla 12.

*Tiempos en el canal de aducción.*

TIEMPOS MEDIDOS EN EL CANAL	
t1 (seg)	4,71
t2 (seg)	5,66
t3 (seg)	4,52
t4 (seg)	5,04
t5 (seg)	5,09
t6 (seg)	4,83
t7 (seg)	4,57
t8 (seg)	5,17

Nota. En la tabla se muestra los tiempos medidos en el canal de aducción. Fuente: Pasante, 2017.

Tabla 13.

*Medidas y profundidad del canal en el canal.*

<b>DATOS DEL CANAL</b>	
L (m)	8,5
Ancho (m)	0,57
H1 (m)	0,4
H2 (m)	0,48
H Prom.(m)	0,44

Nota. La tabla muestra los datos de la sección transversal del canal. Fuente: Pasante, 2017.

Tabla 14.

*Calculo del caudal en el canal de aducción.*

<b>CALCULOS DE CAUDAL EN EL CANAL</b>	
t Prom.(seg)	4,95
V (m/seg)	1,718
A (m <sup>2</sup> )	0,251
Q (m <sup>3</sup> /seg)	0,431
Q (Lt/seg)	430,775

Nota. La tabla muestra los cálculos efectuados para determinar el caudal Fuente: Pasante, 2017.

Como se puede observar en la tabla 10, el caudal de la quebrada para el día de la visita fue de 769,96 Lt/Seg, de los cuales se estaba transportando por el canal de aducción 430,775 Lt/seg y en la planta se estaba aforando 340 Lt/seg. De acuerdo con esto, la fuente estaba manteniendo en curso 339,188 Lt/ Seg mas el caudal de exceso en el desarenador. Es importante mencionar que la medición del caudal se realizó en época de invierno cuando la fuente transporta mayor caudal.



Fotografía 34. Caudal de exceso en el desarenador.

Fuente: pasante, 2017.

En cuanto a la calidad del agua de la quebrada Buturama, la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica toma muestras de agua en la bocatoma semanalmente para realizar el análisis fisicoquímico y microbiológico según lo establece la resolución 2115 del 2007. Estas muestras son analizadas en el laboratorio SIAMA Ltda.

Como se puede observar en el apéndice C los análisis microbiológico recomienda que ésta agua debe desinfectarse para el consumo humano y los fisicoquímicos determinan que las variables analizadas se encuentran dentro de los valores aceptables de acuerdo a la resolución anteriormente mencionada.

Además de lo anterior, en la planta de tratamiento se toman muestras constantemente de agua cruda en la cámara de entrada para determinar características físicas como turbiedad y color aparente y características químicas como el Ph. Cabe aludir que esta fuente de abastecimiento tiene un Ph alcalino. Con respecto a la turbiedad se tiene que en épocas de verano es baja y en

invierno se sube, por lo que se hace suspensión cuando ésta en el agua cruda sobre pasa los 1000 UNT.

En una de las visitas a la planta de tratamiento se realizó la prueba de turbiedad, color aparente, y pH a una muestra de agua cruda, la cual arrojó los siguientes resultados:

*Tabla 15.*

Resultados de la Pruebas hechas a las muestras.

PRUEBA	EQUIPO	RESULTADO	UNIDADES	RANGO	OBSERVACION
Turbidez	Turbilometro	27,8	UNT	Debe ser < 5 UNT	Se aplicó 20 mg/Lt
Color aparente	Espectrofotómetro	197	Unid. Pt – Co	Debe ser Min 0 - Máx. 15	Aplicar coagulante
Ph	pH – metro	8,23		Debe estar entre 6,5 – 9	Cumple

Nota. La tabla muestra los resultados arrojados en las pruebas hechas para determinar la calidad

del agua cruda. Fuente: Pasante, 2017.



Fotografía 35. Pruebas a muestra de agua cruda.

Fuente: Pasante, 2017.

Es importante mencionar que en ocasiones no se requiere la aplicación del sulfato de aluminio, ya que la turbiedad es menos 5 UNT y el color aparente del agua filtrada es inferior a 15 U Pt-Co.

***Evaluación de las dotaciones.*** Debido a la complejidad y poca disponibilidad de la información para realizar las respectivas estimaciones de las dotaciones se toma como referencia los datos registrados en la ESPA para el año 2015, sobre los caudales de consumo para cada uso. (Ver apéndice D).

Tabla 16.

Dotación neta según el uso del agua.

<b>DOTACION (Lt/Seg)</b>	
Q Residencial	383,10
Q Oficial	23,50
Q Comercial	4,07
Q Pu	15,38

Nota. En la tabla se muestra la dotación en lt/ Seg para cada uso de agua. Fuente: ESPA, 2015.

De acuerdo con información suministrada por la dependencia de facturación y cartera acerca del número de usuarios y el volumen de agua facturada en el mes de septiembre (Ver tabla 17), se pudo determinar que en promedio el agua que consume un suscriptor es de 18,52 m<sup>3</sup>/suscriptor x mes y la dotación residencial por habitante es de 146,99 Lt/habitante \* día. Esta última se encuentra por debajo del valor máximo establecido en el título B del Ras 2010 (para el nivel de complejidad alto del sistema y poblaciones con clima cálido, la dotación neta máxima es

de 150 Lt/seg), pero es importante aclarar que este valor no se puede determinar con exactitud debido que se presentan deficiencias en la medición de los caudales suministrados a los usuarios, ya que el índice de micromedición es inferior al 80% y que no se cuenta con macromedidores instalados a la entrada de cada uno de los sectores hidráulicos de la red.

En esta evaluación solo se consideró el sector residencial, ya que se carecía de la disponibilidad de información para determinar la dotación neta para el uso comercial y oficial, por lo que se tomó para efecto de los caudales los datos descrito en la tabla 16.

Tabla 17.

*Número de usuarios y consumo del mes de septiembre del 2017.*

	<b>ESTRATO</b>	<b>NO. USUARIOS</b>	<b>TOTAL RESIDENCIAL</b>	<b>CONSUMO M<sup>3</sup>/MES</b>
Residencial	1	11.443		225.919
	2	7.048	21.582	125.969
	3	982		15.978
	4	183		2.949
Oficial		808		20.526
Comercial		65		3.140
Especial		1.926		280.043
<b>Sumatoria</b>		<b>22.455</b>		<b>674.524</b>

Nota. La tabla muestra la facturación del mes de septiembre. Fuente: ESPA, 2017.

Tabla 18.

*Estimación de la dotación residencial.*

<b>DOTACIÓN RESIDENCIAL</b>	
N° Suscriptores	21.582
Consumo facturado (M3)	399.705
Promedio consumo (m3/suscriptor * mes)	18,52
Consumo (Lt/Suscriptor * día)	617,34
Consumo (Lt/habitante * día)	146,99

Nota. Los datos fueron calculados con base a la facturación del mes de septiembre. Fuente:

Pasante, 2017.

Las pérdidas en el sistema reportadas según el índice de agua no contabilizada para el mes facturado son de 51,10% (ESPA, 2017) y la dotación neta es de 146,99 Lt/habitante \* día (según información del sector residencial). De acuerdo con esto la dotación bruta es de 300,586 Lt/habitante\*día y caudal medio diario de 364,196 Lt/seg.

La estimación de la dotación bruta se hizo según lo establecido en la Resolución 2320 de 2009 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el caudal medio diario según lo dispuesto en el título B del Ras 2010, literal 2.8.3 Demanda de agua por población.

Cabe anotar que el sistema de acueducto actualmente no está cumpliendo con lo señalado en la resolución antes mencionada, ya que porcentaje de pérdidas máximas admisibles permitido excede el 25 %.

***Captación y pretratamientos.*** El sistema de captación fue descrito anteriormente en la evaluación de los procesos de operación y mantenimiento del sistema.

Los pretratamiento realizados en el sistema de captación de agua cruda con el objeto de dejarla en condiciones óptimas para el tratamiento subsecuente involucra procesos como la remoción de material flotante, el cual se hace mediante rejillas en la captación para retirar material sobrenadante y la remoción de material suspendido por medio de doble desordenación. Este último con el fin de que el agua llegue sin presencia de arena a la planta de tratamiento o cualquier otra partícula sólida que pueda interferir en los subsiguientes procesos de tratamiento.



Fotografía 36. Limpieza de rejillas de la captación.

Fuente: Pasante, 2017.

**Capacidad y estado general de la aducción y/o conducción.** Las líneas de aducción de acueducto transporta el agua cruda por gravedad a través de un canal de aducción rectangular desde la bocatoma al desarenador 1(nuevo), luego por un canal cerrado (tubería) que va desde la salida del desarenado 1(nuevo) a la entrada del desarenador 2 (antiguo) y por último, de este elemento hidráulico a la planta de tratamiento por medio de 4 tuberías.

El canal no presenta daños estructurales que comprometan su estabilidad y buen funcionamiento, debido que está bien soportada sobre una estructura aporcada y a lo largo de su trayectoria no se presenta fugas ni grietas. Con respecto a los orificios para el lavado, en algunos tramos se carece de tapas de registro por lo que se optó por colocar una rejilla de acero.



Fotografía 37. Canal de aducción bocatoma - desarenador 1.

Fuente: Pasante, 2017.

De igual forma, las tuberías de aducción y conducción se encuentran en buen estado ya que no presenta fugas. Las aducciones en su gran mayoría se encuentran enterradas a lo largo de un terreno plano con pendiente moderada que no supera el 2%.

Cabe mencionar que la aducción del desarenador 1 al desarenador 2, en dos tramos de la misma se encuentra en su exterior revestida en concreto para la protección de la tubería ya que esta cruza la quebrada.

En lo referente a la evaluación de la capacidad de la aducción 1 (canal rectangular), se calcularon todos los elementos geométricos de la sección a diferentes profundidades del flujo en el canal, según la tabla 2 -1. Elementos geométricos de secciones de canal del libro "Hidráulica de Canales Abiertos", de Ven Te Chow. Posterior a esto se estimó la velocidad máxima con la fórmula de manning y se verifico que esta no excediera la establecida en el titulo B del Ras 2010, literal 6.4.3.5 Velocidad máxima, Tabla B. 6.18 Velocidades máximas en canales revestidos (m/s), la cual es de 12,5 m/seg para revestidos de hormigón (agua libre de arenas y piedras).

Una vez calculada el área y la velocidad se procede a determinar el caudal ( $Q = V \cdot A$ ), numero de froude, el borde libre y se verifico la capacidad. Los cálculos se encuentran en el apéndice E.

En cuanto a la capacidad de las aducciones 2, 3, 4 y 5 y las conducciones 1, 2, 3 y 4, se empleó la fórmula de manning para determinar el caudal a tubo lleno y se revisó en la tabla 8.2 Relaciones hidráulicas para conductos circulares del libro elementos geométricos de diseño para acueductos y alcantarillados de Ricardo Alfredo López Cualla, las condiciones del flujo para la fuerza tractiva y el número de froude. Los cálculos se pueden observar en el apéndice E.

La capacidad de las aducciones y conducciones se muestran en la tabla 19, donde se ve que el canal rectangular (aducción 1) tiene mayor capacidad que la línea de aducción desarenador 1 al desarenador 2 (aducción 2). Además de esto, las aducciones 3, 4, 5 y 6 tienen la capacidad suficiente para transportar el agua que llega hasta el desarenador 2.

Las conducciones tienen capacidad para transportar en total un caudal de 0,7995 m<sup>3</sup>/s, el cual es superior al que se está tratando actualmente.

Tabla 19.

*Caudales máximos en la aducción y conducciones.*

<b>CAUDALES MÁXIMOS</b>		
	<b>Q</b>	
	<b>(m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Q (t/s)</b>
<b>Aducción 1</b>	0,6964	696,4006
<b>Aducción 2</b>	0,3393	339,3
<b>Aducción 3</b>	0,0999	99,9
<b>Aducción 4</b>	0,1037	103,7
<b>Aducción 5</b>	0,1614	161,4
<b>Aducción 6</b>	0,2434	243,4
<b>Conducción 1</b>	0,2811	281,1
<b>Conducción 2</b>	0,117	117
<b>Conducción 3</b>	0,4014	401,4

Nota. En la tabla se muestra la capacidad de cada una de las aducciones y conducciones. Fuente: Pasante, 2017.

**Capacidad de la PTAP.** La planta de tratamiento es de tipo convencional y tiene capacidad para trata 370 Lt/Seg. (ESPA, 2016). A continuación se describe la capacidad y el número de elementos que posee cada estructura de tratamiento.

Tabla 20.

*Capacidad de estructuras hidráulicas de la PTAP.*

<b>CAPACIDAD DE LOS ELEMENTOS HIDRÁULICOS DE LA PTAP</b>		
Elemento hidráulico	Cantidad	Capacidad máxima Lt/Seg
Canaleta Parshall:	1	467,47
Floculadores de flujo horizontal:	6	180
Floculadores tipo Alabama:	3	190,6
Sedimentadores de alta tasa:	6	599,78
Filtros:	10	454,22

Nota. En la tabla se muestra la capacidad y cantidad de los elementos hidráulicos de la PTAP.

Fuente: ESPA, 2016.

La capacidad de los elementos hidráulicos de la PTAP fue estimada en el año 2016, de acuerdo con la información suministrada por personal del área operativa.

***Calidad actual del agua en planta y en la red de distribución.*** La empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P. en la planta de tratamiento toma constantemente muestras de agua cruda, sedimentada y tratada para determinar los parámetros de turbiedad, color aparente, Ph y cloro residual de las mismas.

Estas muestras son tomadas por el operador de la planta y los resultados son registrados en los libros correspondientes a cada característica.



Fotografía 38. Determinación de Turbidez y cloro del agua en la planta de tratamiento

Fuente: Pasante, 2017.

Para verificar que el agua tratada cumple con los parámetros de turbidez, color aparente y ph se realizó una prueba a una muestra de agua sedimentada y tratada, tomado en el canal de sedimentación y en la cámara de cloración; la cual arrojo los siguientes resultados:

Tabla 21.

*Resultados de las pruebas de turbidez, color aparente y PH a dos muestra de agua (sedimentada y tratada).*

PRUEBA	EQUIPO	RESULTADO	UNIDADES	RANGO	OBSERVACION
Turbidez	Turbilometro	S =7,54 T = 0,49	UNT	< 15 UNT < 2 UNT	Se estaba aplicando 20 mg/Lt Cumple
Color aparente	Espectrofotómetro	S = 19 T = 9	Unid. Pt - Co	Debe ser Min 0 - Máx. 15	Aplicar coagulante
Ph	pH – metro	S = 7,77 T = 7,71		Debe estar entre 6,5 – 9	Cumple Cumple

Nota. En la tabla se muestran los resultados arrojados en cada una de las pruebas hechas a la

muestra de agua tratada. Fuente: Pasante, 2017.

Para determinar la calidad del agua en la red de distribución se dispone de 14 puntos de concentración (puntos de muestreo) donde se toman muestras semanalmente de control por parte de la empresa y de vigilancia por parte de saneamiento ambiental para realizarle el análisis fisicoquímicos y microbiológicos según lo establecido en la resolución 2115 de 2007 y el decreto número 1575 de 2007.

Estos análisis de muestran que el agua que se distribuye en el casco urbano del municipio es apta para el consumo humano ya que cumplen con los parámetros establecidos en dicha resolución. (Ver apéndice F).

Los puntos de muestreo están distribuidos en el municipio de la siguiente manera:

- Ciudadela de Paz
- Hospital Local de Aguachica.
- Colegio Villa Paraguay.
- Carrera 14 Calle 11
- Parque Central San Roque.
- Parque Morrocroy.
- Colegio Antonio Nariño.
- Escuela urbana mixta Gabriela Mistral
- Parque la Esperanza
- Colegio Jhon F Kennedy
- Colegio Sagrado Corazon de Jesus.
- Hospital Regional José David Padilla Villafañe.
- Institucion educativa San Miguel.
- Institución educativa la Unión.



Ahora bien, el sistema de acueducto cuenta con 22.455 suscriptores y se estima que por cada casa habitan 4,2 personas (DANE 2005), lo que lleva a un total de 94,311 personas que se benefician del servicio, lo cual abarca tan solo el 90,1% de la población total del municipio; lo que indica que actualmente se tiene una cobertura alta de disponibilidad de servicio. Esto gracias a que en conjunto con las comunidades que han carecido de este servicio o donde se han presentado problemas con el mismo se han venido desarrollando proyectos para la instalación o reposición de tubería.

Sin embargo no se ha podido alcanzar una cobertura total por diferentes razón, siendo la más común que el municipio está creciendo constantemente, pues se han creado nuevos asentamientos humanos que no han sido legalizado ante los entes necesarios; razón por la cual la Empresa de Servicios Públicos no puede instalar redes de acueducto en estos sectores.

Los asentamientos humanos y barrios que no cuentan con la disponibilidad del servicio son:

- El 40% de los coquitos.
- El 100% de Bella vista.
- El 15% de cordillera.
- El 100% de Villa victoria.
- El 100% de Mira flores.
- El 30% de Villa maría.
- -El 100% del 3 de agosto.
- -El 100% Vía bocatoma.
- -El 50% de la ciudadela norte Etapa 4.

En estos sectores periféricos la empresa han instalado en conjunto con la comunidad pilas públicas para que los habitantes puedan abastecerse del recurso hídrico o instalación de tanque de almacenamiento (2000 Lt) para el consumo de toda la comunidad.

A estos usuarios se les cobra un consumo especial de 15 m<sup>3</sup> (ESPA, 2017).

Sin embargo, la cobertura mencionada anteriormente hace referencia al porcentaje de usuarios que actualmente cuentan con la disponibilidad del servicio, es decir, que cuentan con una acometida domiciliaria; pero esta a su vez se ve afectada por las deficiencias del sistema, ya que hay personas que carecen de buen servicio debido a diversos factores, entre los que se tiene el mal uso del servicio por parte de los usuarios y la distribución del mismo, lo cual hace que este porcentaje empiece a disminuir si se tiene en cuenta la eficiencia del sistema de abastecimiento.

***Capacidad de almacenamiento.*** El sistema de acueducto cuenta actualmente con 3 tanques de almacenamiento superficiales con capacidad para almacenar 2000 m<sup>3</sup> de agua potable cada uno y otro de 1250 m<sup>3</sup>. Este último nunca ha entrado en operación, ya que no se han realizado los empalmes correspondientes.

Estos tanques se llenan a su máxima capacidad solo cuando se hace cambio de sector en el municipio.



Fotografía 39. Nivel del tanque 2.

Fuente: Pasante, 2017.

***Estado de la red de distribución.*** Se realizó el estudio y análisis al catastro de redes con la ayuda del profesional universitario operativo, inspector de redes y sectorizador, con el fin de proporcionar información verídica, ya que estos tienen conocimiento absoluto acerca de las redes de distribución.

De acuerdo con esto, se pudo determinar que en el municipio solo se tienen instalaciones de redes de acueducto en tuberías de PVC desde 1” hasta 18” y asbesto cemento desde 2” hasta 16”. Estas últimas son muy antiguas por lo que ya han alcanzado su vida útil y no funcionan adecuadamente, ocasionando fugas en las redes de distribución. Además de estas, se tiene una conducción de 14” de hierro dúctil, la cual se encuentra en buen estado.

A continuación se muestra en la tabla 18 la longitud y el porcentaje de tubería en cada material:

Tabla 22.

*Longitud de redes de distribución.*

<b>LONGITUD</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>%</b>
<b>213,992</b>	<b>Total</b>	<b>100%</b>
118,700	PVC	55,44%
94,227	AC	44,01%
1,065	HD	0,50%

Nota. La tabla muestra la longitud total de la tubería para cada material. Fuente: Pasante, 2017.

Como se puede observar en la tabla 19, los barrios que poseen mayor porcentaje de tuberías en AC son: Solano Pérez, halcones, libertad, idema, progreso, la primavera, acacias, alto prado, María Eugenia y Villa mare.

Tabla 23.

*Estado de la red de distribución en AC y PVC.*

<b>ITEM</b>	<b>BARRIOS</b>	<b>%* AC</b>	<b>% PVC</b>
1	Ciudadela de la Paz	0%	100%
2	Libertador	20%	80%
3	Los Halcones	70%	30%
4	Solano Pérez	80%	20%
5	Jerusalén	0%	100%
6	Barahoja	50%	50%
7	La Feria	50%	50%
8	Santa Ana	0%	100%
9	Campo serrano	50%	50%
10	San Roque	30%	70%
11	Palmira	50%	50%
12	Divino Niño	0%	100%
13	Álvaro Pallares 1	0%	100%
14	Joaquín Royero	0%	100%
15	7 de Agosto	30%	70%
16	María Auxiliadora	0%	100%
17	Libertad	70%	30%

Continuación tabla 22

18	Idema	90%	10%
19	Higuerón	20%	80%
20	Cañaveral	0%	100%
21	Progreso	80%	20%
22	San Pedro	10%	90%
23	Centro	0%	100%
24	El Bosque	50%	50%
25	Los Laureles	20%	80%
26	La Primavera	70%	30%
27	El Carretero	20%	80%
28	Las Américas	30%	70%
29	La Paz	40%	60%
30	Paraíso	20%	80%
31	Romero Días	40%	60%
32	Oasis	5%	95%
33	Olaya Herrera	20%	80%
34	Potosí	20%	80%
35	Coomultrasan	0%	100%
36	San José	20%	80%
37	Acacias	80%	20%
38	Acacias 2	0 %	100 %
39	Unión	50 %	50 %
40	Villa Contry	0 %	100 %
41	Galán	30 %	70 %
42	San Martin	60 %	40 %
43	Alto Pardo	80%	20%
44	John F Kennedy	50%	50%
45	María Eugenia	90%	10%
46	Villa Mare	90%	10%
47	Florida Blanca	60%	40%
48	20 de Enero	30%	70%
49	11 De Noviembre	0%	100%
50	San Eduardo	40%	60%
51	Obregón	0%	100%
52	Cordillera	0%	100%
53	La Victoria	20%	80%
54	Las Delicias	20%	80%
55	San Andresito	0%	100%
56	Brisas Bajas	0%	100%
57	La Esperanza	60%	40%

Continuación tabla 22.

58	San Fernando	20%	80%
59	Sabanita	50%	50%
60	Paraguay	0%	100%
61	Nueva Colombia	0%	100%
62	Villa Campestre	0%	100%
63	Brisas de Buturama	0%	100%
64	La Ceiba	20%	80%

Nota. La tabla muestra el porcentaje de tubería en AC y PVC para cada barrio. Fuente: Pasante, 2017.

Es importante mencionar que los barrios: ciudadela de la paz, jerusalen, santa Ana, divino niño, Álvaro pallares I, Joaquín Royero, María Auxiliadora, cañaverál, centro, coomultrasan, villa country, 11 de noviembre, obregón, san Andresito, la esperanza, brisas baja, Paraguay, nuevo horizonte, villa campestre, y brisas de buturama poseen el 100 % de tuberías en PVC (ver tabla 20).

**Porcentaje de pérdidas técnicas.** Las pérdidas de agua tratada en el sistema de acueducto no se pueden determinar con exactitud, ya que se carece de equipos para la medición del volumen de agua a la salida de los tanques de almacenamiento y del volumen de agua entregado a la población.

En cuanto a las pérdidas técnicas, se deben principalmente a fugas en la red de distribución, conexiones fraudulentas y el deterioro en las instalaciones de tuberías, ya que estas llevan mucho tiempo funcionando.

Por tal razón se lleva un control riguroso de las fugas que se presentan en las acometidas domiciliarias, en las tuberías y accesorios de las redes. Estas son registradas diariamente en formatos los cuales proporcionan información acerca de la fecha de reporte, ubicación, proyección de la fuga, diámetro, fechas de corrección, estado del terreno, material y el personal encargado de la reparación. Además de esto, se clasifican por sectores con el objeto de determinar el número y el tipo de daños en cada uno de ellos.

SECTOR		CONTROL DE FUGAS RED DE ACUEDUCTO										MES / AÑO	
Nº 2		 <b>EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE AGUACHICA</b> DIVISION OPERATIVA											
N-S													
E-O													
Nº	FECHA DE REPORTE	DIRECCIÓN/BARRIO	PROY DE FUGA				Ø	COORDENADAS		ESTADO EN TERRENO	FECHA DE CORRECCIÓN	MATERIAL REPARADO	OBSERVACIÓN Y PERSONAL
			TUBO	ACOM	MED	INT		N	W				
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													

ELABORO: \_\_\_\_\_ REVISO: \_\_\_\_\_

Figura 9. Formato para control de fugas.

Fuente: Pasante, 2017.

A continuación en la tabla 24 se muestra el número de fugas que se registraron por mes en el año 2017, las cuales corresponden a daños en las redes de distribución y en las acometidas domiciliarias.

Tabla 24.

*Numero de fugas en el año 2017.*

<b>TOTAL DE FUGAS 2017</b>	
Enero	50
Febrero	50
Marzo	35
Abril	50
Mayo	125
Junio	50
Julio	88
Agosto	114
Septiembre	139
Octubre	119
Noviembre	82

Nota. La tabla muestra el número de fugas por mes en el año 2017. Fuente: ESPA, 2017.

Por otra parte, el indicador para determinar las pérdidas asociadas a la operación del sistema de acueducto es el índice de agua no contabilizada (IANC), que corresponde al volumen de agua no facturada, debido a posibles fugas en los componentes del sistema, errores en la medición y por conexiones clandestinas y/o fraudulentas.

Tabla 25.

*Índice de agua no contabilizada 2017.*

<b>IANC Y IPUF DEL AÑO 2017</b>	
<b>MES</b>	<b>IANC</b>
Enero	51,25%
Febrero	41,62%
Marzo	42,64%
Abril	54,06%
Mayo	53,08%
Junio	52,85%
Julio	51,46%
Agosto	51,45%
Septiembre	51,10%
Octubre	49,84%
Noviembre	49,67%
Diciembre	
<b>ANUAL 2017</b>	<b>49,91%</b>

Nota. La tabla muestra el IANC por mes del año 2017. Fuente: ESPA, 2017.

Como se puede observar en la tabla anterior, el IANC es superior al porcentaje de pérdidas admisibles, ya que superan el 25%, por lo que la empresa ha implementado la reposición de tuberías en los sectores donde se presentan problemas por el mal funcionamiento de las redes, instalación de micromedidores y control de fugas para reducir este indicador.

**Continuidad del servicio.** El sistema de acueducto carece de un sistema de distribución continuo, ya que en épocas de verano debido a los bajos caudales en la fuente de abastecimiento se suministra el agua potable aproximadamente cada 15 días, mientras que en épocas de invierno se suministra cada 9 días; por lo que se ha establecido un sistema de sectorización del servicio, conformado por 10 sectores, cuyo fin es mejorar la entrega y distribución de agua potable,

controlar los caudales y regular las presiones internas en las tuberías, permitiendo incrementar significativamente la eficiencia hidráulica de las redes de abastecimiento de agua potable.

El proceso de sectorización se realizó teniendo en cuenta lo establecido en el RAS, Título B, literal 7.3.5 “Sectorización del servicio” para buscar los siguientes objetivos:

1. Controlar las pérdidas de agua.
2. Controlar fugas en las zonas de presión.
3. Controlar la presión en diferentes zonas.
4. Facilitar las labores de mantenimiento preventivo programado.
5. Facilitar las labores de mantenimiento correctivo.
6. Facilitar la reparación de daños.
7. Optimizar la operación del servicio.
8. Prever la concesión de la operación de la red a diferentes personas prestadoras del servicio.

Estos sectores fueron establecidos para abarcar el municipio en su totalidad de la siguiente manera:

Tabla 26.

*Barrios y límites de cada sector*

<b>SECTOR</b>	<b>BARRIOS</b>	<b>LIMITES</b>
N° 1	Los halcones, libertador, villa Lili, hogar el divino amor, ciudadela de la paz, Jerusalén, barahoja bajo y cementerio municipal y la manga.	Carrera 0 a la 5 entre calle 2 N a la 12
N° 2	La feria, barahoja parta alta, santa Ana parte baja, corazón de Colombia parte baja, parte del campo serrano, solano Pérez.	Carrera 5 a la 8 entre calle 1 a la 14
N° 3	San roque, parte alta del campo serrano, san pedro, el progreso, Palmira, la libertad, el higuérón, Joaquín Royero, cañaverál.	Carrera 8 a la 12 entre calle 1 a la 14.
N° 4	El bosque, el centro, san pedro y el carretero.	Carrera 12 a la 14 entre calle 1 a la 14
N° 5	Centro, ceiba, Olaya Herrera, los cocos, los coquitos, Álvaro pallares I y II, paraíso, romero días parte baja, divino niño, parte del ídema y divino niño.	Carrera 14 a la 16 entre calle 1 a la 20
N° 6	Primavera, Olaya herrera, carretero, centro, Palmira, divino niño, romero días parte baja, parte del idema, Álvaro pallares I, paraíso y las américas.	Carrera 16 a la 22 entre calle 1 a la 20
N° 7	San Andresito, esperanza, san Fernando, los laureles, las delicias y sabanita.	Carrera 22 a la 26 entre calle 5 N a la 14.
N° 8	Potosí, la victoria, casas coomultrasan, san José, acacias y parte de la unión.	Carrera 26 a la 30 entre calle 7 N a la 14
N° 9	Cordillera, San Eduardo, melvillon, florida blanca, María Eugenia, el mercado, la unión, alto prado Galán, villa country y san Martin.	Carrera 30 a la 36 entre calle 16 N a la 14
N° 10	Obregón, María Eugenia alto, 11 de noviembre, 20 de enero, buenos aires, villa campestre, villa mare, cesarito, nueva Colombia, Paraguay, villa sol, tierra linda y nuevo horizonte.	Carrera 36 a la 45 entre calle 16 N a la 14.

Nota. La tabla muestra los barrios que conforman cada sector. Fuente: ESPA, 2017.

Además de esto se tiene un sector remanso de tubería de 8" el cual distribuye el agua en los barrios que se encuentran dentro de las carreras 16 a la 22 de la calle 1 a la calle 7: brisas de buturama, parte de idema, pradera, san marco, urbanización ALVEQUIN, romero Díaz alto, oasis I y II, villa maría y villa country parte baja.

Cabe mencionar que una de las causas de la discontinuidad del servicio es el sobre almacenamiento por parte de los usuarios, debido a que hay suscriptores que consumen 24 m<sup>3</sup> o más en un mes (ESPA, 2017), ya que en cada turno pueden almacenar hasta 8 m<sup>3</sup> según la disponibilidad de almacenamiento en sus viviendas. Esto por la falta de cultura de los usuarios, que están acostumbrados a realizar la mayor parte de las actividades domésticas cuando tienen disponibilidad del servicio.

Otro factor que afecta la prestación del servicio son las pérdidas en las redes de distribución, tal como se mencionó anteriormente, por lo que la empresa ha desarrollado un plan de contingencia para las 24 horas del día, con el propósito de reparar de manera oportuna los daños y minimizar los desperdicios de agua en las redes, el cual se encuentra en el apéndice G. Además de esto ha adquirido nuevos equipos que permiten aumentar la eficiencia de los trabajos y dispone de medios verbales o escritos para reportar los daños a cualquier hora del día.

Para efecto de análisis de la continuidad del servicio se realiza el índice de continuidad mes a mes, con el fin de analizar el número de horas al día por habitante que se suministra el servicio de acueducto. Este se puede evidenciar en el apéndice H.

**Tarifas.** Durante 13 años la tarifa de los servicios no fue modificada, tanto así que para el año 2005 el valor del m<sup>3</sup> de acueducto tenía un valor de 300 pesos y el de alcantarillado de 180 pesos; Lo anterior fue debido a decisiones tomadas por parte de las administraciones del municipio con el fin de no generar un impacto social, en donde se evidencio negligencia por parte de las personas encargadas de la administración municipal, en la no realización de estudios tarifarios. (ESPA, 2017).

Se efectuó un estudio tarifario en el año 2015, bajo la normatividad vigente, es decir: la resolución CRA 688 del 2014 “Por la cual se establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado con más de 5.000 suscriptores en el área urbana” y la Resolución CRA 735 de 2015 “Por la cual se modifica, adiciona y aclara la Resolución CRA 688 de 2014”. (ESPA, 2017).

En dicho estudio se establecieron los valores mínimos del servicio para el año 2016, para que la empresa pudiera solventar los gastos administrativos y operacionales, los resultados arrojados por el estudio determinaron que el valor de las tarifas debería ser de 1835 pesos (Acueducto) y 1215 pesos (Alcantarillado), ya que la tarifa tendría un aumento mayor al 100% la junta directiva del municipio, decidió aumentarla gradualmente en el transcurso de dos años, a partir del 2017. (ESPA, 2017).

Actualmente la tarifa se cobra de la siguiente manera:

- El costo del m<sup>3</sup> para el servicio de acueducto es 620 pesos (mes de septiembre).
- Los consumos están definidos así:

Tabla 27.

*Consumos del servicio de acueducto.*

<b>Consumo básico</b>	<b>Consumo complementario</b>	<b>Consumo suntuario</b>
0 – 17 m <sup>3</sup>	18 m <sup>3</sup> – 32 m <sup>3</sup>	32 m <sup>3</sup> en adelante

Nota. La tabla muestra la clasificación de los consumos dependiendo los m<sup>3</sup>. Fuente: ESPA, 2017.

- El cargo fijo (gastos administrativos) es de 4.286.
- El estrato 1 tendrá un subsidio del 40% y el estrato 2 del 30% del cargo fijo y el consumo básico. Estos descuentos fueron aprobados por el consejo municipal y la junta directiva por medio del acuerdo en acta 04 de del 18 de abril de 2017.
- El uso comercial contribuye el 50% del cargo fijo y el consumo a los estratos 1 y 2.
- Los usuarios que no tienen medidor se les cobrara 25 m<sup>3</sup> y al estrato comercial se les cobra 50 m<sup>3</sup>.

**Cobertura de la macromedición.** El sistema de acueducto del municipio dispone de tres equipos de macromedición; dos ubicados a la salida de los tanques de almacenamiento 1 y 2 y el otro en la cámara de cloración, pero estos actualmente no están en funcionamiento, dado que se deterioraron las hélices. Además de esto, se estableció un sistema de sectorización del servicio de acueducto conformado por 10 sectores hidráulicos, los cuales en las entradas no disponen de puntos estratégicos para la medición de caudales. Por lo que se puede decir que la cobertura de

macromedición es nula, ya que se carece de instrumento para la medición de los volúmenes de agua que son producidos y distribuidos en el casco urbano del municipio.



Fotografía 40. Macromedidor a la salida de la cámara de cloración.

Fuente: Pasante, 2017.

Estos medidores fueron instalados en el año 2006 y debido a su tiempo en funcionamiento y falta de mantenimiento se fueron deteriorando, además de esto se presentaron problemas con los filtros y se dañaron las elipses. Es de anotar que estos macromedidores estaban obsoletos debido que eran analógicos, los cuales no brindaban datos directos y exactos, ya que los valores arrojados se debían convertir a  $m^3$ ; razón por la cual no fue recomendable realizarles el mantenimiento.

***Cobertura de micromedicion.*** Según la información registrada en la base de datos de la Empresa de Servicios Públicos, el sistema de acueducto tiene 22.455 usuarios matriculados de los cuales 10.118 suscriptores poseen medición, sin embargo tan solo 9.039 de estos cuenta con micromedicion efectiva, lo que indica que la cobertura de micromedicion en el municipio es del 45,06 % pero de esta solo el 40,25 % se encuentra funcionando correctamente.

Cabe señalar que en el año 2016 se realizó un estudio para la optimización del servicio donde se estimó una cobertura de micromedion efectiva de 38,09%, que comparada con la del año 2017 ha aumentado solo 1,35 %. Según la información anterior, se tiene un bajo índice de micromedicion, lo cual es un aspecto crítico que refleja el desconocimiento de la demanda real del servicio.

La principal causa del bajo índice de micromedicion radica en la falta de cultura de la sociedad, ya que la comunidad cree que con la instalación de estos medidores le incrementaría el consumo, por lo que la empresa ha venido desarrollando campañas para concientizar a los usuarios de la importancia de la micromedicion, argumentando que de esta manera se les cobraría un consumo justo, debido que actualmente a las personas que no tienen micromedicion se les factura consumo de 25 m<sup>3</sup>. Además de esto, se realizó un convenio con una empresa de medidores para la venta e instalación de estos equipos con posibilidad de financiación hasta un lapso de tiempo de 36 meses, el cual se facturaría en el recibo. Esto para los estratos 1, 2 y 3.

Otra medida que ha tomado la empresa es gestionar un proyecto con la Gobernación del Cesar para mejorar la prestación del servicio, en el cual se contempla la instalación de macromedidores y micromedidores.



Fotografía 41. Caja de micromedidor.

Fuente: Pasante, 2017.

**3.2.4 Realizar visitas técnicas a los sitios de trabajo para verificar la veracidad del catastro del terreno.** A diario se llevaban a cabo trabajos para la corrección de fugas en las redes de distribución. Estas fugas en algunos casos eran producto de malas conexiones de acometidas domiciliarias hechas por parte de usuarios a las redes principales sin autorización de la empresa o debido a operaciones de excavación manual o con maquinaria pesada; ocasionando de esta manera roturas o fisuras en las tuberías.

Otro factor que también incide en las fugas es el deterioro en las instalaciones de tuberías, ya que estas llevan mucho tiempo funcionando por lo que son susceptibles a la corrosión.

Durante la supervisión de dichos trabajos se efectuó la verificación del catastro de redes en campo, con el fin de corroborar que la información contenida en los planos coincida con lo que se tiene en terreno y en caso de no cumplirse esto hacer las modificaciones pertinentes. Lo anterior con el propósito de brindar información precisa, confiable, oportuna y vigente acerca de las redes de distribución.

Dentro de los trabajos realizados en las redes de distribución se encuentran los mantenimientos correctivos (reparar fugas) en las redes principales y secundarias, las cuales eran por causa de operaciones de excavación con maquinaria pesada, conexiones fraudulentas y deterioro de las tuberías o accesorios.

Para esta actividad se utiliza cuadrilla 1 x 2, los cuales son dotados con su respectivo equipo de protección personal y la herramienta menor requerida.

Lo primero que se hace en el lugar de trabajo es colocar la respectiva señalización para delimitar el perímetro que se va a intervenir empleando cinta de señalización, colombinas, conos viales y vallas reflectivas en los puntos crítico.



Fotografía 42. Señalización del lugar de trabajo.

Fuente: Pasante, 2017.

Para corregir los daños cuando la fuga se encuentra sobre el pavimento se hace el respectivo corte de pavimento y se procedía a realizar la demolición manual. En cuanto a las excavaciones se efectuaban manualmente en el mismo sentido del alineamiento de la tubería, se va retirando simultáneamente el material de relleno y el agua presente en la zanja. Una vez

localizada la fuga, se descubre aproximadamente 2 m de longitud de la tubería, esto dependiendo del terreno, la falla, el material, el diámetro, y el estado general del tubo.



Fotografía 43. Localización de la fuga.

Fuente: Pasante, 2017.

Dependiendo el tipo del daño se hace reposición del accesorio o el tramo de tubería si esta lo amerita. En las uniones de las tuberías de AC se utiliza cordón plomogenizado, cemento puro y un acelerante (SIKA).

Terminado de reparar la fuga se hace el relleno con material común y se compacta manualmente. Por último se reparcho el pavimento o anden, se limpia el lugar de trabajo, se retira el material sobrante y se deja la señalizado.



Fotografía 44. Relleno de zanja y reparcho de andén.

Fuente: Pasante, 2017.

Además de los mantenimientos correctivos, también se realizó instalación de cruce de tubería, instalación de válvula y empalme de tubería. A continuación se muestra en la tabla 19 algunas de las actividades realizadas en la red de distribución.

Tabla 28.

*Actividades en las redes de distribución.*

<b>Fecha:</b> 10/08/2017	<b>Dirección:</b> Cra 24 Cll 1 – 0	<b>Barrio:</b> La sabanita.
<b>Actividad</b>	<b>Observación</b>	<b>Foto</b>
Instalación de tubería de 4” PVC.	Se excavo 0,55 m de ancho, 0,80 m de profundidad y 24 m de longitud para la instalación de tubería.	
<b>Fecha:</b> 17/08/2017	<b>Dirección:</b> Cra 17 cll 3	<b>Barrio:</b> Primavera
<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Foto</b>
Corrección de fuga en red de distribución de 3” AC.	Se realizó corte de pavimento rígido de 1,30 m de largo, 0,50 m de ancho y 0,15 m de espesor. Se excavo 0,80 m para localizar la tubería. Debido a la complejidad de la fuga se hizo reposición de tramo de 1 m de tubería de PVC.	
<b>Fecha:</b> 23/08/2017	<b>Dirección:</b> Cra 11 y 12 cll 7	<b>Barrio:</b> Terminal
<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Foto</b>
Corrección de fuga en red de distribución de 3” AC.	Se realizó corte de pavimento rígido de 1,30 m de largo, 0,50 m de ancho y 0,15 m de espesor. Se excavo 0,80 m para localizar la tubería. La fuga se encontró en la unión de AC.	

Continuación tabla 28.

<b>Fecha:</b> 13/10/2017	<b>Dirección:</b> Calle 15 A Carrera 5	<b>Barrio:</b> Los coquitos.
<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Foto</b>
Reposición de válvula de 3"	Se realizó excavación a una profundidad de 1 m, ancho y largo de 0,60 m.  Esta válvula se encontraba llena de sedimentos por falta de mantenimiento.	
<b>Fecha:</b> 13/10/2017	<b>Dirección:</b> Calle 15 Carrera 2	<b>Barrio:</b> Los coquitos.
<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Foto</b>
Empalme de tubería de 3" PVC.	Se realizó excavación a una profundidad de 1,20 m, ancho de 0,50 m y longitud de 2 m.	
<b>Fecha:</b> 18/10/2017	<b>Dirección:</b> Calle 9 Carrera 32	<b>Barrio:</b> Unión
<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Foto</b>
Corrección de fuga en tubería de 3" Ac	Se realizó una excavación de 0,80 m de profundidad, 0,55 m de ancho y 1,5 m de longitud.  La fuga fue localizada en el collar de derivación.	

Continuación tabla 28.

<b>Fecha:</b> 01/11/2017	<b>Dirección:</b> Calle 0 Carrera 27	<b>Barrio:</b> La victoria.
<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Foto</b>
Instalación de tubería de 3” PVC	Se realizó excavación para instalación de 12 m de tubería en el cruce de la vía y empalme de 3” x 3” en la esquina.	
<b>Fecha:</b> 04/12/2017	<b>Dirección:</b> Calle 15-16 Cra 10 B	<b>Barrio:</b> La libertad
<b>Actividad</b>	<b>Observación</b>	<b>Foto</b>
Conexión de 4 acometidas domiciliarias a tubería de 3” PVC.	Estas acometidas estaban mal instaladas, debido que las viviendas se encuentran ubicadas por la calle 15 A entre carrera 7 y 8, pero estas estaban conectadas a la tubería de la carrera 8, por lo que se procedió a taponarlas en la carrera y conectarlas a la conducción de la carrera 15 A.	

Continuación Tabla 28.

<b>Fecha:</b> 27/11/2017	<b>Dirección:</b> Cra 27 ClI 0	<b>Barrio:</b> La victoria
<b>Actividad</b>	<b>Observación</b>	<b>Foto</b>
Corrección de fuga en tubería de 3" PVC	Se realizó reposición de tramo de 1 m de tubería, en la cual se empleó una unión de reparación de 3" 0,5 m de tubería PVC DE 3" y una unión lisa 3" PVC. Este tuvo fue afectado durante la excavación para conexión de acometida domiciliaria de alcantarillado.	 
<b>Fecha:</b> 04/12/2017	<b>Dirección:</b> Calle 0 Carrera 26-27	<b>Barrio:</b> La Victoria
<b>Actividad</b>	<b>Observación</b>	<b>Foto</b>
Excavaciones para instalación de acometidas domiciliarias a la tubería de 3" PVC y micromedidor.	Las excavaciones fueron hechas por la comunidad ya que se estaba haciendo reposición de alcantarillado y la empresa realizo las conexiones domiciliarias e instalo el micromedidor	 

Continuación tabla 28.

<b>Fecha:</b> 04/12/2017	<b>Dirección:</b> Calle 0 Carrera 26-27	<b>Barrio:</b> La Victoria
<b>Fecha:</b> 07/12/2017	<b>Dirección:</b> Calle 2 Carrera 30	<b>Barrio:</b> María Eugenia
<b>Actividad</b>	<b>Observación</b>	<b>Foto</b>
Corrección de fuga en tubería de 12" AC. Se hizo corte de pavimento rígido de 1,50 m de longitud, 0,85 m de ancho y 0,20 de espesor.	Se hizo corte de pavimento rígido de 1,50 m de longitud, 0,85 m de ancho y 0,20 de espesor. El daño fue debido a los empaques de la tubería, ya que estos se encontraban deteriorados debido a la antigüedad de la misma.	

Nota. En la tabla se muestran algunas de las visitas a lugares de trabajo. Fuente: Pasante, 2017.

Al igual que en la red, en las acometidas domiciliarias también se presentan frecuentemente fugas. Algunas de estas son debido a las instalaciones mal hechas por los usuarios, ya que las hacen sin autorización de la empresa y no emplean el material adecuado. Otra razón es por el deterioro de las mangueras de presión o tuberías.

Para su reparación se realiza excavaciones sobre el lineamiento de la tubería a longitud aproximada de 1,5 m, esto con el fin de poder equalizar el tubo. Una vez localizado el daño se procede a realizar el corte de la tubería y reponer el tramo. Los accesorios empleados para corregir la fuga son uniones lisas y acoples en las mangueras de presión.



Fotografía 45. Corrección de fuga domiciliaria.

Fuente: Pasante, 2017.

**3.2.5 Procesar la información obtenida para facilitar su análisis y procedimiento.** La información fue recolectada mediante visitas técnicas a la bocatoma, planta de tratamiento, visitas de campo, datos suministrados por la empresa de Servicio Públicos, análisis técnico al sistema del acueducto existente, registro fotográfico y recopilación de la información existente acerca de investigaciones realizadas anteriormente al sistema, para de esta manera obtener información verídica que permita proporcionar soluciones adecuadas para mejorar el servicio.

Dicha información fue procesada por medio de memorias de cálculo que permitieron facilitar su análisis y procedimiento, para lo cual se emplearon tablas en EXCEL, gráficos, figuras y programas como AUTOCAD, esto con el fin de presentar de forma ordenada los datos y resultados obtenidos en el estudio. Esto se puede evidenciar en los apéndices A, D, F y G.

### 3.3. Proponer alternativas de solución a los diversos componentes del sistema de acueducto, con el fin de mejorar el servicio de agua potable en el casco urbano del municipio.

**3.3.1 Identificar las falencias del sistema.** De acuerdo con la evaluación que se le realizó a los procesos de operación y mantenimiento del sistema, la inspección técnica a las estructuras hidráulicas existente, la evaluación general según los parámetros establecidos en el Ras y las visitas hechas a las obras llevadas a cabo en las redes de distribución, se pudo determinar las principales falencias del sistema.

Tabla 29.

*Falencias del sistema de acueducto.*

COMPONENTE	OPTIMO		FALENCIA	ALTERNATIVA
	SI	NO		
Captación	X		Se encuentra deteriorada debido al arrastre de partículas, lo cual ha producido perdida del recubrimiento y socavación en algunos elementos.	Realizar mantenimiento correctivos a en las zonas afectadas para corregir fugas y proteger el acero que se encuentra expuesto.
Canal rectangular	X		Se sobrepasa la capacidad cuando se aumenta el volumen de agua en la fuente.	Instalación de un elemento para el control del caudal que ingresa a este componente.
Desarenador nuevo		X	Tiene menor capacidad que la bocatoma y el canal de aducción, por lo que se presentan reboses en la cámara de entrada.	Construcción de un nuevo módulo de desarenación.
Aducción 2		X	Tiene menor capacidad que la aducción 1 y el desarenador nuevo.	Realizar reposición de esta línea de aducción por una de 16" PVC para aumentar el caudal transportado.

Continuación tabla 29.

Desarenador antiguo	X	Este desarenador no es eficiente debido que fue diseñado hace mucho tiempo y la demanda de caudal en la planta de tratamiento ha aumentado, pero considerando la doble desarenación que se hace, este ayuda a mejorar la calidad del agua que se va a tratar. Carece de volantes manuales para maniobrar las válvulas de compuerta.	Instalación de válvulas, ya que la estructura solo cuenta con los vástagos, lo cual dificulta la realización de mantenimientos a la estructura hidráulica.
Aducción 3, 4, 5 y 6	X	Estas líneas se encuentran en material de AC y debido a su tiempo de operación han perdido capacidad hidráulica. Además contar con 4 líneas de aducción incrementa costos de operación.	Realizar reposición de la tubería de 12" AC y el tramo de 14" AC para mejorar su comportamiento hidráulico y dejar solo estas dos en funcionamiento.
Canaleta Parshall (Antigua)	X	Poseen más capacidad que los floculadores pero sin embargo esta es menor que la de los sedimentadores.	Realizar las reparaciones pertinentes para colocar en funcionamiento la canaleta Parshall nueva.
En la cámara de llegada y el canal de distribución de agua cruda al sistema de floculación tipo hidráulico	X	Presenta fisuras y grietas en la parte inferior de los elementos (piso), lo cual ocasiona pérdidas y deterioro de la estructura	Realizar mantenimientos correctivos.
Medidor de caudal con flotador.	X	No garantiza la medición de los caudales que ingresan a la planta, puesto que la regla graduada no está a escala, lo que hace que se desconozca son exactitud el caudal que se está tratando.	Adquisición de una nueva regla graduada a escala, acorde a la capacidad de la bocatoma.
Floculadores	X	Estos elementos hidráulicos son los que tienen menor capacidad en la planta de tratamiento.	Construir 2 unidades de floculadores hidráulicos tipo Alabama.
Sedimentadores	X		
Filtros	X	Material filtrante, debido que los espesores de antracita, arena y gravas no están definidos, es decir, dichos materiales filtrantes se encuentran mezclados.	Cambio de material filtrante para los diez filtros de la planta de tratamiento de agua potable.

Continuación tabla 29.

Tanques de almacenamiento	X	No contar con el tanque 4 para aumentar el volumen de agua tratada almacenada.	Realizar las reparaciones y empalmes al tanque 4.
Conducciones 1, 2, y 3.	X	Carencia de macromedición, lo cual hace que se desconozca el volumen de agua suministrada a la red de distribución.	Implementación del sistema de macromedición a la salida de los tanques de almacenamiento.
Red de distribución	X	Edad de las redes, ya que han alcanzado su vida útil y no funcionan correctamente, ocasionando fugas constantemente. Falta de macromedidores, por lo que se desconoce el volumen de agua que ingresa a cada sector.	Reposición de las redes de distribución que se encuentran en material de AC. Implementación del sistema de macromedición en la entrada de cada sector.
Acometidas domiciliarias	X	Poca cobertura de micromedición, por lo que no se puede determinar con exactitud las pérdidas ni implementar programas para la reducción de fugas.	Exigir a los usuarios la adquisición del equipo de medición para poder abastecerse del servicio, mediante el aumento del consumo estimado (25m <sup>3</sup> ) que se factura a las personas que no cuentan con micromedición.

Nota. En la tabla anterior se evalúan las falencias y alternativas de solución a los componentes del sistema. Fuente: Pasante, 2017.

**3.3.2 Plantear 3 alternativas de solución al sistema de acueducto.** De acuerdo con las falencias que presenta el sistema de acueducto se proponen 3 alternativas para el mejoramiento del servicio, las cuales fueron desarrolladas durante el transcurso de la pasantía con el fin de implementar proyectos que beneficien la prestación del servicio.

***Implementación del sistema de macromedición y ampliación de la cobertura de micromedición.*** Para esta falencia se elaboró una propuesta técnica exponiendo la necesidad, la justificación y los fundamentos técnicos para la instalación de macromedición y micromedición, la cual fue entregada a gerencia con el propósito de que esta sea tenida en cuenta para implementarla en los proyectos a ejecutar para el próximo año, ya que para este año no se alcanzó a realizar. Dicha propuesta se puede ver en el apéndice I.

***Cambio de material filtrante para los diez filtros de la planta de tratamiento de agua potable.*** Se elaboró un presupuesto para el cambio del material filtrante, el cual fue cotizado en la empresa CARBYFILCO Ltda para el suministro de medios filtrantes (Ver apéndice J). Las cantidades requeridas para esto fueron calculadas de acuerdo con las especificaciones y diseños que tiene la empresa de los filtros y los espesores de cada capa de acuerdo al modelo que se tiene en la planta de tratamiento.



Fotografía 46. Modelo del filtro

Fuente: Pasante, 2017.

***Reposición e instalación de tuberías de acueducto.*** Esta alternativa ya se ha venido implementando en la empresa de servicios públicos; en algunos casos en conjunto con la comunidad, mediante el proceso de autoconstrucción en el cual ellos se comprometen a realizar las excavaciones pertinentes y la empresa ofrece la mano de obra para la instalación o reposición, las tuberías y accesorios para las acometidas domiciliarias.

*Reposición de tuberías de acueducto.* Debido a que las tuberías en asbesto cemento para acueducto tienen vida útil de 40 años, se hace necesario realizar reposición de estas tuberías cuando se ha llegado a su edad, ya que no soportan altas presiones y son susceptibles a la corrosión generando rupturas, fisuras o grietas en las redes, aumentando el porcentaje de pérdidas en el sistema y disminuyendo las presiones en el servicio.

De acuerdo con lo anterior y según la información proporcionada por el estudio realizado al catastro de redes, es de gran importancia implementar proyectos para realizar reposiciones de tuberías en los barrios 7 de agosto, libertad, Solano Pérez, halcones, libertad, idema, progreso, la primavera, acacias, alto prado, María Eugenia y Villa mare, ya que estos tienen un alto porcentaje de tubería en AC.

Durante el tiempo de la pasantía solo se realizó seguimiento al proceso de reposición de tuberías en el barrio la libertad y 7 de agosto, con el objeto de mejorar el servicio, dado que estas tuberías llevaban aproximadamente 39 años de estar en funcionamiento. En cuanto a los demás sectores no se pudo llevar a cabo estas obras, puesto que no se logró trabajar en conjunto con la comunidad para la ejecución de las actividades y la empresa para ese tiempo no contaba con

personal para realizar las excavaciones, sino que suministraba la tubería, accesorios, prestaba asesoría técnica y la mano de obra para las instalaciones.

- **Libertad**

Se realizó reposición de 80 ml de tubería de 3” AC por 3” PVC en la carrera 10 entre calle 14 y 15, la cual incluía un empalme en la esquina de la carrera 10 con calle 15.

- Señalización: La obra fue ejecuta en una zona de tráfico peatonal por estar ubicada al costado de la vía, área destinada para la circulación de transeúntes por lo que se realizó la respectiva señalización con cinta de señalización (peligro) y conos de señalización para delimitar el área de trabajo. Debido a la ausencia de colombinas de señalización, la cinta fue enrollada alrededor de tubería de 1” PVC, tal como se puede ver en la fotografía 44.

No se utilizaron vallas de señalización ya que esta es una zona de bajo tráfico peatonal y vehicular, ya que fue en un sector poco transitado.



Fotografía 47. Señalización.

Fuente: Pasante, 2017.

- Excavación: Antes de iniciar con la excavaciones se verifico si existían cruces de gas, posterior a esto se procedió a realizar excavaciones manualmente a 0,70 m de profundidad, 0,40 m de ancho y 80 m de longitud. El material excavado fue situado a los costados de la zanja. Cabe señalar que estas excavaciones fueron hechas de manera cuidadosa para no afectar las acometidas domiciliarias del sistema de alcantarillado que se encontraban en el sitio de trabajo.



Fotografía 48. Excavación de zanja para instalación.

Fuente: Pasante, 2017.

- Retiro de tubería: La tubería existente fue retirada de la zanja con la ayuda del pico y la pala, esto se hacía a medida que se iba localizando durante la excavación y se ubicaba a un lado de la zanja junto con el material excavado.



Fotografía 49. Tubería de AC antigua.

Fuente: Pasante, 2017.

- Instalación de tubería y acometida domiciliaria: Antes de realizar las instalaciones de la nueva tubería se verifico que la campana, el caucho y el espigo estuvieran en buen estado, se lubrico con grasa y se procedió a realizar la unión.

La instalación de la tubería se iba realizando a medida que se avanzando con la excavación y posterior a esto se procedía a realizar las conexiones de las acometidas domiciliarias. Una vez terminada las instalaciones se rellenaba la zanja para proteger la tubería y darle estabilidad.



Fotografía 50. Instalación de tuberías y acometidas domiciliarias.

Fuente: Pasante, 2017.

- Empalme. El empalme se hizo con una cruz de hierro dúctil a la cual se interconectaron tres tuberías de PVC y una en asbesto cemento proveniente de la calle 15 entre carrera 8 y 9. Para esta última se requirió de una unión universal de 3" de hierro dúctil.



Fotografía 51. Empalme de tubería de 3" PVC.

Fuente: Pasante, 2017.

- **7 de agosto**

Se realizó reposición de 966 ml de tubería de 3" AC por 3" PVC por el proceso de autoconstrucción en las calles 14, 15 y 15 A entre carrera 5, 6, 7 y 8. Cabe señalar que antes de iniciar la reposición la empresa realizó una reunión con el área operativa, trabajo social y la comunidad, encabezada por la representante del barrio para atender su solicitud y exponer en que consiste el proceso de autoconstrucción.

- Excavación: Antes de iniciar las excavaciones se verificó los cruces de gas y una vez identificado se procedió a ejecutar las excavaciones. Las excavaciones fueron hechas con retroexcavadoras a una profundidad de 0,80 m, ancho de 0,50 m y longitud de 966 ml. El material extraído del terreno se ubicaba al costado de la zanja. Además de esto, se realizaron excavaciones manuales para la instalación de las acometidas domiciliarias.



Fotografía 52. Excavaciones.

Fuente: Pasante, 2017.

- Retiro de tubería: la tubería fue retirada de la zanja por partes con la ayuda de la barra y la pala, para ser depositada al costado derecho de la excavación. Durante esto se evidencio que la tubería en varios tramos se encontraba taponada con raíces, lo cual causa obstrucción al flujo del agua.



Fotografía 53. Retiro de tubería de AC.

Fuente: Pasante, 2017.

- Instalación de tubería: antes de instalar la nueva tubería se procedía a realizar la nivelación del terreno, durante esto se retiraba materiales gruesos y sobrantes que no fueron retirados con la máquina. Luego se procede a la instalación de tuberías.



Fotografía 54. Nivelación e instalación de tubería PVC.

Fuente: Pasante, 2017.

- Instalación de acometidas domiciliarias: Las excavaciones para las conexiones domiciliarias fueron hechas manualmente por la comunidad y la mano de obra la realizaba el personal de la empresa.



Fotografía 55. Conexión de acometidas domiciliarias.

Fuente: Pasante, 2017.

Cabe mencionar que durante las excavaciones se pudo evidenciar conexiones hechas por los usuarios sin autorización de la empresa, ya que en la carrera 6 con calle 14 en un tramo de tubería se tenían 10 conexiones domiciliarias.



Fotografía 56. Malas conexiones a la red de acueducto.

Fuente: Pasante, 2017.

- Empalmes: Para los respectivos empalmes se utilizaron cruz de hierro dúctil de 6"x3" y de 3"x3".



Fotografía 57 Empalmes de 6" x 3" y de 3"x3"

Fuente: Pasante, 2017.

*Instalación de tubería.* Se realizó instalación de 366 m de tubería de 6" PVC (conducción) en el barrio 7 de agosto en la carrera 8 entre calle 13 y 16 con el propósito de mejorar el servicio en este sector, ya que esta tubería permite aumentar el volumen de agua suministrada y aumentar la presión del flujo.



Fotografía 58. Instalación de tubería de 6" PVC.

Fuente: Pasante, 2017.

Se hizo una derivación de la conducción de 8" PVC que suministrara a la urbanización Nuevo Amanecer y se redujo 6", para esto se solicitó permiso en valorización para cerrar la vía, ya que se requería hacer un cruce para instalar un tramo de tubería.



Fotografía 59. Señalización Carrera 8 Calle 16.

Fuente: Pasante, 2017.

- Excavación: Para realizar el empalme se excavó 0,90 m de profundidad, 0,66 m de ancho y 4 m de longitud sobre la tubería de 8" PVC. Además, se realizó corte a pavimento flexible para realizar excavación de 12 m de longitud, 0,60 m de ancho y 0,80 m de profundidad para instalar tubería de 8" PVC en el cruce de la vía. Al otro lado de la vía se excavó 2,80 m de longitud, 0,50 m de ancho y 0,70 m de profundidad para instalar una válvula y tramo de 1,5 m de tubería de 6" PVC.



Fotografía 60. Excavaciones para empalme en la carrera 8 calle 16.

Fuente: Pasante, 2017.

- Empalme de 8" x 8": para el empalme se empleó una unión de reparación de 8" PVC para la conducción y una cruz de 8" x 8" en hierro dúctil.



Fotografía 61. Empalme de 8" x 8".

Fuente: Pasante, 2017.

- Instalación de válvula: Además de esta instalación se colocó una válvula de 8" en la carrera 8 con calle 16 para regular el flujo que circula a través de la tubería permitiendo de esta manera controlar el servicio y a su vez una reducción a 6" para empalmar con la tubería de 6". Por último, una ventosa para asegurar el correcto funcionamiento de la conducción y desairar la tubería.



Fotografía 62. Instalación de Válvula de 6".

Fuente: Pasante, 2017.

- Compactación: Para la compactación del terreno se utilizó el compactador tipo canguro.



Fotografía 63. Compactación del terreno.

Fuente: Pasante, 2017.

- Retiro de sobrantes: Una vez terminado de compactar el terreno se procedió a retirar del lugar de la obra el material producto del corte de pavimento y sobrantes, el cual fue transportando en el trooper (Vehículo para el transporte de materiales y sobrantes de obra) para ser depositado en un lugar adecuado para su deposición.



Fotografía 64. Retiro de sobrantes.

Fuente: Pasante, 2017.

- Instalación de ventosa: El día 07/11/2017 se instaló una ventosa en la tubería de 8" PVC, Para esto se utilizó un collar de derivación de PVC, 0,80 m de tubería de 1/2" PVC, un tapón liso de PVC y tubería de 6" PVC sanitaria para proteger la ventosa.



Fotografía 65. Instalación de ventosa en tubería 6" PVC.

Fuente: Pasante, 2017.

- **Los coquitos**

Debido que este barrio no ha sido legalizado ante los entes necesarios ya que es producto de asentamientos humanos, la empresa no podía realizar instalaciones de acueducto ni alcantarillado por lo que la entidad llegó a un acuerdo con la comunidad para suministrar los materiales y los habitantes realizaran las respectivas excavaciones e instalaciones. Al final la empresa tuvo que hacer la intervención para supervisar el trabajo y garantizar el correcto funcionamiento de las tuberías.



Fotografía 66. Excavaciones, suministro de tubería de 3" AC e instalación de tubería.

Fuentes: Pasante, 2017.

Como se puede observar en la fotografía 43, para la ejecución de esta obra no se realizó la respectiva señalización, la tubería suministrada por la empresa fue puesta en el sitio para luego ser almacenada en la vivienda de uno de los habitantes del barrio y le empresa le brindo asesoría para la instalación de la tubería de 3" PVC.

- **Presupuesto para instalación de conducción**

Otra alternativa sería la instalación de una nueva conducción que alimente el sector 10, debido que este es el sector más grande y en el que más se demora en llegar el servicio. Para esto se planteó un presupuesto para instala 1300 metros de tubería de 8" PVC, para la cual se haría una derivación de una de las conducciones que actualmente se tiene para dar servicio al barrio villaparaguay y sus alrededores. Este presupuesto fue entregado en la dependencia operativa para

que se le haga la respectiva revisión y aprobación por parte del profesional universitario operativo.

Cabe destacar que este presupuesto corresponde a otro barrio que no fue intervenido anteriormente y que esta propuesta fue realizada con el fin de que fuera tomada en cuenta en la ejecución de los proyectos que se planean realizar próximamente por parte de la gobernación. (Ver Apéndice K).

**3.4. Elaborar un informe técnico de la evaluación del sistema existente, con el fin de reestructurar los procedimientos existentes, planteando soluciones que mejoren la prestación del servicio.**

**3.4.1. Recopilar la información proporcionada en la evaluación del sistema.** La información obtenida de la evolución fue descrita anteriormente (Literal 3.2.3) de manera organizada para su fácil comprensión.

**3.4.2. Hacer un paralelo entre la prestación del servicio actual y la prestación del servicio esperada con el mejoramiento del sistema.** Con base en la información obtenida de la evaluación al sistema se realizó un paralelo del estado actual de cada uno de los parámetros estudiados anteriormente comparado con lo establecido en las normas. Esto con el fin de analizar el cumplimiento de la misma y en caso que no cumplen proponer soluciones que permitan mejorar la prestación del servicio.

Este paralelo se encuentra en el anexo H.

## **Capítulo 4. Diagnostico final**

En el transcurso del tiempo de la pasantía en la división operativa de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica, en la cual se realizó apoyo técnico para el proceso de mejoramiento del sistema de acueducto, se reforzó los conocimientos adquiridos durante el proceso pedagógico en la UFPS Ocaña, ya que con la implementación de las estrategias formuladas en el diagnóstico inicial se pudo afrontar situaciones en las cuales coloque en práctica habilidades para el desarrollo de las competencias, así como también adquirir nuevos conocimientos que me ayudan a formar como profesional.

Es importante destacar que al inicio del trabajo se encontró que una de las debilidades de la dependencia era la falta de personal para el desarrollo de actividades, entre las que se tenía realizar estudios para la formulación de propuesta que permitan mejorar la prestación del servicio, por tal razón se efectuó una evaluación general al sistema con el propósito de plantear proyectos que busquen presta un servicio de forma eficiente y eficaz.

Al mismo tiempo, al realizar supervisión de las obras llevadas a cabo para efectuar mantenimientos correctivos en las redes principales y secundarias se pudo identificar las principales causas de las pérdidas técnicas que se presentan en el sistema, siendo una de estas, las fugas producidas por conexiones hechas por los usuarios sin autorización ni inspección técnica de la empresa.

En cuanto a la ejecución de obras, la empresa cuenta con maquinaria y equipo limitado pero por ser una empresa comprometida con la comunidad para satisfacer las necesidades derivadas de los servicios domiciliarios y contar con talento humano competente, se ha buscado

la forma de desarrollar proyectos de instalación y reposición de tuberías en conjunto con la comunidad, con el fin de mejorar el servicio en los sectores donde se presentan problemas.

Respecto a la continuidad de servicio, este año por el tema invernal no fue tan impactante como en años anteriores, debido que el problema climático ha mejorado considerablemente, pero para esta problemática la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica en conjunto con la Gobernación del Cesar presentaron un proyecto de mejoramiento del sistema de redes, que permitirá el aumento de la continuidad del servicio de abastecimiento de agua potable en el municipio.

Este proyecto, el cual fue presentado ante el ministerio de vivienda, ciudad y territorio se encuentra al alrededor de 19'000.000.000 de pesos.

## Conclusiones

En la actualización de las memorias de planos existentes se realizó levantamiento de las estructuras existentes del sistema captación y la actualización al catastro de redes de acueducto, con el propósito de facilitar la información pertinente acerca de las condiciones técnicas cuando se lleven a cabo proyectos para optimización del sistema, ampliación del servicio o el mejoramiento de las redes de distribución.

En el análisis y estudio al sistema de captación, planta de tratamiento y catastro de redes se pudo evidenciar mediante la evaluación general realizada a los componentes del sistema que la quebrada Buturama presenta bajo caudal en épocas de verano, las pérdidas técnicas del sistema no se conocen con exactitud, ya que se tiene cobertura nula de macromedición y bajo índice de micromedición. Además de esto, algunos barrios aun poseen un porcentaje alto de tuberías en material AC, la cual no se encuentra en buen estado de funcionamiento.

En el planteamiento de las alternativas de solución a los diversos componentes del sistema se propuso reposición de las redes en material de AC en los barrios que poseen más del 60% de las tuberías en este tipo de material; así como también la implementación del sistema de macromedición y ampliación de la cobertura de micromedición.

En lo que concierne al informe técnico se realizó un paralelo en el cual se comparó los parámetros evaluados del sistema existente con el cumplimiento de lo dispuesta en las normas que los rigen y se realizaron las observaciones pertinentes, con el fin de facilitar la información acerca del estado actual del sistema y las estrategias para el mejoramiento del servicio de agua potable.

Una de las principales causas de la discontinuidad del servicio de acueducto se debe al sobrealmacenamiento que hacen los usuarios, ya que la gran mayoría cuando se les reestablece el servicio suelen almacenar un volumen que alcanza hasta los 7 m<sup>3</sup>.

A pesar que el municipio cuenta con una cobertura alta de disponibilidad de servicio, esta empieza a disminuir cuando se analiza la eficiencia del mismo, debido que hay sectores donde se presentan problemas por presiones, mal uso del servicio por parte de los usuarios, los cuales ocasionan desperdicios puesto que no cuentan con equipos para la dedición de caudales y falencias en la distribución de agua potable.

## Recomendaciones

Es de gran importancia contar con un equipo para prueba de jarra en óptimas condiciones de funcionamiento, esto para mejorar los ensayos en la planta, que garantice la calidad del agua tratada, ya que con el que se cuenta presenta algunas falencias, por lo que se hace necesario la adquisición de un equipo que cumpla con lo dispuesto en la Norma Técnica Colombiana NTC 3903.

Se recomienda que se utilice material seleccionado tipo recebo para conformar el encamado de la tubería, ya que actualmente se hace con material seleccionado del sitio.

Debido al alto índice de agua no contabilizada (IANC), se recomienda iniciar un programa de reducción de pérdidas a corto plazo, ya que estas son superiores al porcentaje de pérdidas permitido para el nivel de complejidad alto.

Es recomendable que la empresa adquiriera una nueva manguera de presión para el lavado de los elementos hidráulicos, debido que con la que cuenta actualmente no se encuentra en buen estado y no se garantizaba un lavado óptimo de las estructuras.

Es de gran importancia que la empresa ejecute obras de reposición de tuberías en los sectores donde se están presentado problemas con la prestación del servicio, debido que esto se debe en gran parte a las redes de distribución, las cuales se encuentran en mal estado de

funcionamiento, ya que por ser muy antiguas se presenta taponamiento que afectan las presiones y ocasionan rupturas, aumentando de esta manera el porcentaje de pérdidas en el sistema.

Es fundamental que la empresa implemente proyectos para la instalación de micromedidores a los usuarios que carecen de este equipo, ya que debido a esta falencia no se puede controlar los desperdicios de agua ocasionados por los usuarios.

Se aconseja instalar medidores de grandes volúmenes de aguas a la entrada de cada sector y a la salida de los anques de almacenamiento, con el objeto de determinar el volumen de agua distribuido en el municipio, conocer con exactitud las pérdidas del sistema e identificar los distritos críticos, para de esa manera estudiar las causas, proponer soluciones y ejecutar obras que permitan mejorar la prestación del servicio.

## Referencias

Empresa de Servicios Públicos de Aguachica ESPA. (2017). *Archivo de calidad del agua*.

Ley 142. (1994). *Regimen de los servicios publicos domiciliarios*. Obtenido de

[https://legislacion.vlex.com.co/vid/regimen-domiciliarios-disposiciones-](https://legislacion.vlex.com.co/vid/regimen-domiciliarios-disposiciones-246770413?_ga=2.178192549.1404318458.1516332301-1833259287.1511062540)

[246770413?\\_ga=2.178192549.1404318458.1516332301-1833259287.1511062540](https://legislacion.vlex.com.co/vid/regimen-domiciliarios-disposiciones-246770413?_ga=2.178192549.1404318458.1516332301-1833259287.1511062540)

Mahecha, C. S. (2009). *EVALUACIÓN DE LA DOTACIÓN PARA EL DISEÑO DE*

*ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS DE LOS MUNICIPIOS COLOMBIANOS*

*TOMANDO COMO BASE BUSQUEDA EL MUNICIPIO DE MOZO*. Obtenido de

<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15209/T40.09%20C278e.pdf?sequence=2>

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Basico . (2000). *Titulo G -*

*Aspectos Generales*. Obtenido de

[http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710\\_ras\\_titulo\\_g\\_.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_g_.pdf)

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Basico . (2010). *Titulo B -*

*SistemaS de Potabilizacion* . Obtenido de

<http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/Titulo%20C%20-%20Dic%204%202013.pdf>

Ricardo Alfredo Lopez Coalla . (2002). *ELEMENTO DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y*

*ALCANTARILLADOS*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/lanzamiento01/elementos-de-diseo-para-acueductos-y-alcantarillados>

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico . (2010). *Titulo C -*

*Sistemas de Potabilización* . Obtenido de

<http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/Titulo%20C%20-%20Dic%204%202013.pdf>

# Apéndices

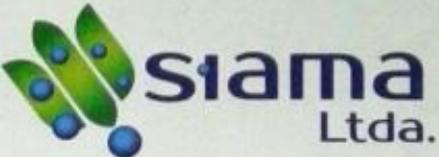
**Apéndice A. Plano general del catastro de redes con tamos que fueron intervenidos**

Ver archivo adjunto (CD).

**Apéndice B. Planos estructurales del sistema de acueducto.**

Ver archivo adjunto (CD).

**Apéndice C. Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de la Quebrada Buturama  
(muestra de control).**



**REPORTE DE RESULTADOS**

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 10 de noviembre de 2017		No. 133829
Solicitante: <b>SERVICIOS PÚBLICOS DE AGUACHICA</b>		Tipo de muestra: Agua
Dirección: CRA 14 NRO. 10-97		Identificación: <b>MUESTRA 1</b>
Teléfono: 5650590-3205581722		Descripción: Agua superficial
Lugar de muestreo: <b>BOCATOMA QUEBRADA BUTURAMA</b>		Responsable de muestreo: SOLICITANTE
Fecha de muestreo: 30 de octubre de 2017		Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE
Fecha de recepción: 31 de octubre de 2017		Tamaño de la muestra: 2000 ml
Fecha de análisis: 31 de octubre al 10 de noviembre de 2017		Envase o empaque: Plástico
Análisis solicitado: Físicoquímico		Lote: N.A
Condiciones de la muestra: Refrigeradas		Tipo de muestreo: Puntual

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO**

VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
*pH (25 °C)	SM 4500 H+ B	<b>8,08</b>	Unid. pH	6.5 - 9.0
*CONDUCTIVIDAD (25 °C)	SM 2510 B	<b>216</b>	µs/cm	Hasta 1000
COLOR APARENTE	SM 2120 C	<b>170</b>	Unid Pt - Co	Máx. 15
TURBIDEZ	SM 2130 B	<b>23,7</b>	NTU	Máx. 2
ALCALINIDAD P	SM 2320 B	<b>3,1</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	—
*ALCALINIDAD TOTAL	SM 2320 B	<b>92,7</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200
*DUREZA TOTAL	SM 2340 C	<b>86,0</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 300
*DUREZA CÁLCICA	SM 3500 Ca B	<b>67,8</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	—
DUREZA MAGNÉSICA	SM 3500 Mg B	<b>18,2</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	—
*CLORUROS	SM 4500-Cl B	<b>&lt; 2,0</b>	mg Cl/L	Máx. 250
CALCIO	SM 3500 Ca B	<b>27,2</b>	mg Ca/L	Máx. 60
*SULFATOS	SM 4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E	<b>13,1</b>	mg SO <sub>4</sub> /L	Máx. 250
*FOSFATOS	SM 4500 P E	<b>0,18</b>	mg PO <sub>4</sub> /L	Máx. 0,5
*NITRATOS	J. RODIER	<b>3,81</b>	mg NO <sub>3</sub> /L	Máx. 10
*NITRITOS	SM 4500-NO <sub>2</sub> B	<b>&lt; 0,016</b>	mg NO <sub>2</sub> /L	Máx. 0,1
*ALUMINIO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 D	<b>2,20</b>	mg Al/L	Máx. 0,2
*HIERRO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 B	<b>0,22</b>	mg Fe/L	Máx. 0,3

\* Variables realizadas en SIAMA LTDA. acreditadas por IDEAM Res. 0633/2016

**OBSERVACIONES:** N.D. No Detectable. SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 22th.

Los valores de referencia son tomados de la resolución 2115/07 para la calidad del agua de consumo humano.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA LTDA.

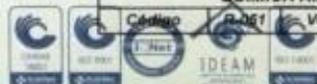
Nota: la muestra a la que se refieren los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto SIAMA LTDA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra.

Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

Elaboró: **ERIKA YURLEY CESPEDES MENDOZA**  
COORDINADORA DE FÍSICOQUÍMICA  
QUÍMICA AMBIENTAL PQAmb-034

Revisó: **SERGIO ALEXANDER ROJAS SERRANO**  
DIRECTOR DE FÍSICOQUÍMICA  
ING. BIOTECNOLÓGICO

Código	R-061	Versión	0.1	Fecha	22/05/2009	Página	1 de 1
--------	-------	---------	-----	-------	------------	--------	--------



Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero-Energética y el Medio Ambiente.

[www.siamaltda.com](http://www.siamaltda.com)

Carrera 24 No. 36-II, Teléfonos +57 7 63489000 Celular 316-7070821 Bucaramanga - Colombia. info@siamaltda.com



### REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 8 de noviembre de 2017	No. 133830
Solicitante: EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE AGUACHICA	Tipo de muestra: Agua
Dirección: Cra. 18 # 0 - 14	Identificación: MUESTRA 1 - Hora: 1:00 pm
Teléfono: 5650350	Descripción: Agua cruda superficial
Lugar de muestreo: BOCATOMA QUEBRADA BUTURAMA	Responsable de muestreo: Solicitante
Fecha de muestreo: 30 de octubre de 2017	Procedimiento de muestreo: Solicitante
Fecha de recepción: 31 de octubre de 2017	Tamaño de la muestra: 500 mL
Fecha de análisis: 31 de octubre - 01 de noviembre de 2017	Envase o empaque: Vidrio
Análisis solicitado: Microbiológico	Lote: //
Condiciones de la muestra: Adecuada	

### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
RECUENTO TOTAL DE MESOFILOS	St. Mth. 9215 D	810 UFC / 100 mL	Máx. 100
COLIFORMES TOTALES	St. Mth. 9222 B	300 UFC / 100 mL	0
<i>Escherichia coli</i>	St. Mth. 9222 D	20 UFC / 100 mL	0

**OBSERVACIONES:** Los valores de referencia son tomados de la resolución 2115/07 para la calidad del agua de consumo humano. La muestra analizada requiere de desinfección para uso en consumo.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.

Nota: La muestra ha sido proporcionada por el solicitante, por lo tanto SIAMA LTDA no es responsable del origen o fuente donde se ha extraído dicha muestra.

Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco

*Bryan Villamizar*

Elaboró: BRAYAN VILLAMIZAR P.  
COORDINADOR MICROBIOLOGIA  
MICROBIOLOGO REG.FOLIO 799 13-L

*SANDRA PINZON RUEDA*

Revisó: SANDRA PINZON RUEDA  
DIRECTORA DE MICROBIOLOGIA  
MICROBIOLOGA REG. 47708 FOLIO 177

Código: R - 051 Versión: 0.1 Fecha: 22/05/09 Página: 1 de 1



Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero-Energética y el Medio Ambiente.

[www.siamaltda.com](http://www.siamaltda.com)

**Apéndice D. Producto 4. Informe de criterios básicos de diseño**

Ver archivo adjunto (CD)

**Apéndice E. Capacidad de conducción y adicción**

Ver archivo adjunto (CD).

Apéndice F. Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua potable (Muestras de control y vigilancia).



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 10 de noviembre de 2017		No. 133833	
Solicitante: SERVICIOS PÚBLICOS DE AGUACHICA	Tipo de muestra: Agua	Identificación: MUESTRA 3	
Dirección: CRA 14 NRO. 10-97	Descripción: Agua Tratada	Responsable de muestreo: SOLICITANTE	
Teléfono: 5650590-3205581722	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE	Tamaño de la muestra: 2000 ml	
Lugar de muestreo: COLEGIO GABRIELA MISTRAL CRA 23 CLL 8 PUNTO 11	Envase o empaque: Plástico	Lote: N.A	
Fecha de muestreo: 30 de octubre de 2017	Condición de la muestra: Refrigeradas	Tipo de muestreo: Puntual	
Fecha de recepción: 31 de octubre de 2017			
Fecha de análisis: 31 de octubre al 10 de noviembre de 2017			
Análisis solicitado: Fisicoquímico			

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
*pH (25 °C)	SM 4500 H+ B	7,32	Unid. pH	6,5 - 9,0
*CONDUCTIVIDAD (25 °C)	SM 2510 B	221	µs/cm	Hasta 1000
COLOR APARENTE	SM 2120 C	17	Unid Pt - Co	Máx. 15
TURBIDEZ	SM 2130 B	2,20	NTU	Máx. 2
ALCALINIDAD P	SM 2320 B	0,0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	---
*ALCALINIDAD TOTAL	SM 2320 B	78,0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 200
*DUREZA TOTAL	SM 2340 C	90,0	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Máx. 300
*DUREZA CÁLCICA	SM 3500 Ca B	68,8	mg CaCO <sub>3</sub> /L	---
DUREZA MAGNÉSICA	SM 3500 Mg B	21,2	mg CaCO <sub>3</sub> /L	---
*CLORUROS	SM 4500-Cl B	4,1	mg Cl/L	Máx. 250
CALCIO	SM 3500 Ca B	27,6	mg Ca/L	Máx. 60
*SULFATOS	SM 4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E	25,6	mg SO <sub>4</sub> /L	Máx. 250
*FOSFATOS	SM 4500 P E	< 0,09	mg PO <sub>4</sub> /L	Máx. 0,5
*NITRATOS	J. RODIER	3,59	mg NO <sub>3</sub> /L	Máx. 10
*NITRITOS	SM 4500-NO <sub>2</sub> B	< 0,016	mg NO <sub>2</sub> /L	Máx. 0,1
*ALUMINIO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 D	0,24	mg Al/L	Máx. 0,2
*HIERRO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 B	< 0,05	mg Fe/L	Máx. 0,3

\* Variables realizadas en SIAMA LTDA. acreditadas por IDEAM Res. 0833/2016

OBSERVACIONES: N.D. No Detectable, SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 22th.

Las siguientes variables se encuentran fuera de los valores aceptables de acuerdo a lo establecido por la resolución 2115/07 para la calidad del agua de consumo humano:

Color aparente, Turbidez, Aluminio,

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA LTDA.

Nota: la muestra a la que se refieren los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto SIAMA LTDA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra.

Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

Elaboró: ERIKA YURLEY CÉSPEDES MENDOZA  
COORDINADORA DE FISICOQUÍMICA  
QUÍMICA AMBIENTAL PQAmb-034

Revisó: SERGIO ALEXANDER ROJAS SERRANO  
DIRECTOR DE FISICOQUÍMICA  
ING. BIOTECNOLÓGICO



Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero-Energética y el Medio Ambiente.

www.siamaltda.com



### REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 8 de noviembre de 2017 Solicitante: EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE AGUACHICA Dirección: Cra. 18 # 0 – 14 Teléfono: 5650350 Lugar de muestreo: COLEGIO GABRIELA MISTRAL – CRA 23 CALLE 8 PUNTO 11 Fecha de muestreo: 30 de octubre de 2017 Fecha de recepción: 31 de octubre de 2017 Fecha de análisis: 31 de octubre – 01 de noviembre de 2017 Análisis solicitado: Microbiológico Condiciones de la muestra: Adecuada	No. 133834 Tipo de muestra: Agua Identificación: MUESTRA 3 - Hora: 3:25 pm Descripción: Agua Tratada Responsable de muestreo: Solicitante Procedimiento de muestreo: Solicitante Tamaño de la muestra: 500 mL Envase o empaque: Vidrio Lote: //
---	---

### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
RECuento TOTAL DE MESÓFILOS	St. Mth. 9215 D	10 UFC / 100 mL	Máx. 100
COLIFORMES TOTALES	St. Mth. 9222 B	0 UFC / 100 mL	0
<i>Escherichia coli</i>	St. Mth. 9222 D	0 UFC / 100 mL	0

**OBSERVACIONES:** Las variables analizadas se encuentran dentro de los valores aceptables según los requisitos microbiológicos de la Resolución 2115/07 para calidad de agua de consumo humano.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.

Nota: La muestra ha sido proporcionada por el solicitante, por lo tanto SIAMA LTDA no es responsable del origen o fuente donde se ha extraído dicha muestra.

Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco

*Brayan Villamizar*

Elaboró: BRAYAN VILLAMIZAR P.  
COORDINADOR MICROBIOLOGIA  
MICROBIOLOGO REG.FOLIO 799 13-L

*Sandra Pinzon Rueda*

Revisó: SANDRA PINZON RUEDA  
DIRECTORA DE MICROBIOLOGIA  
MICROBIOLOGA REG. 47708 FOLIO 177

Código: R-051 Versión: 0.1 Fecha: 22/05/09 Página: 1 de 1



Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero-Energética y el Medio Ambiente.

[www.siamaltda.com](http://www.siamaltda.com)

 <b>GOBERNACION DEL CESAR</b>	<b>LABORATORIO SALUD PUBLICA</b>		Código: GC-FPM-020 Versión: 1 Fecha: 24-02-2010 Página: 1 de 1
	<b>FORMATO DE RESULTADO DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE AREA FISICOQUIMICO</b>		
	<b>PROCESO:</b>	<b>INSPECCION, VIGILANCIA Y CONTROL</b>	

Vigilancia: <input checked="" type="checkbox"/> X	Diagnóstico:	Muestra Particular:	
Control de Calidad:	Derecho Petición:	Muestra Estatal:	
Solicitud No: 2017-1127		Fecha de Informe:	
<b>DATOS DEL SOLICITANTE</b>		<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
SOLICITANTE:		PROPIETARIO:	
NIT O CC:		DIRECCION/ CIUDAD:	
DIRECCION:		FECHA Y HORA DE MUESTREO: 2017-10-17 15:00	
TELEFONO:		FECHA Y HORA INGRESO LAB: 2017-10-18 08:30	
CORREG/VEREDA:		FECHA Y HORA ANALISIS: 18/10/2017 08:36	
MUNICIPIO: AGUACHICA		FUENTE: Quebrada Buturama	PUNTO DE TOMA: grifo
DEPARTAMENTO: CESAR		DIRECC. Cile 8 con cra 23. Colegio Alfonso Araujo Cotes	
TIPO DE ANALISIS		OPTO/MUNICIPIO: Cesar - aguachica	
BACTERIOLOGICO:	AGUA CRUDA:	DATOS in situ: pH:	Temp °C: C/2 R: 1,1
FISICOQUIMICO: <input checked="" type="checkbox"/> X	AGUA TRATADA: <input checked="" type="checkbox"/> X	MUESTREADOR: ALVARO ESTRADA	

## RESULTADOS

## FISICOQUIMICO CONVENCIONAL "RESOLUCIÓN 2115 DE JUNIO DE 2007"

CRITERIOS ORGANOLEPTICOS Y FISICOS			
PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	VALOR ADMISIBLE
COLOR APARENTE	UPC	S	15
OLOR Y SABOR	Aceptable / No Aceptable	Aceptable	Aceptable
TURBIEDAD	UNT	S	2
SOLIDOS TOTALES	mg/L	115	500
CONDUCTIVIDAD	µmhos/cm	230	50-1000
SUSTANCIAS FLOTANTES	Ausentes / Presentes	Ausentes	AUSENTES

## CRITERIOS QUIMICOS

pH		7,54	6,5-9,0
ALUMINIO	mg Al+3/L	S	0,2
CARBONO ORGANICO TOTAL	mg COT /L	S	5,0
FENOLES TOTALES	mg Fenol /L	S	0,001
NITRITOS	mg NO2 -/L	0	0,1
NITRATOS	mg NO3 -/L	S	10
SUST. ACTIVAS ABS	ABS	S	0,5
GRASAS Y ACEITES		Ausentes	Ausentes
CALCIO	mg Ca /L	29	60
ACIDEZ	mg CaCO3 /L	S	50
HIDRÓXIDOS	mg CaCO3 /L	<LD	<LD
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO3 /L	112	200
CLORUROS	mg Cl- /L	8	250
DUREZA TOTAL	mg CaCO3 /L	98	300
HIERRO TOTAL	mg Fe /L	0,03	0,3
MAGNESIO	mg Mg /L	6,00	36
MANGANESO	mg Mn /L	S	0,1
SULFATOS	mg SO4 -2/L	S	250
ZINC	mg Zn /L	S	3
FLUORUROS	mg F- /L	S	1
FOSFATOS	mg PO4 -3/L	0,09	0,5
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg Cl2 /L	0,95	0,3-2,0

Convenciones: ND: no detectable; S.: Sin dato; M.I.: Muestra Insuficiente; A: aceptable; NA: No Aceptable

Nota: Según el artículo 34 de la resolución 2115/2007, de acuerdo a la población se darán unos plazos para adecuar las instalaciones y someterse a las exigencias en el caso de turbiedad (válido hasta 5 UNT), nitratos, COT, residual del coagulante y fluoruros.

OBSERVACIONES:

CONCEPTO: De acuerdo al resultado de los parametros analizados esta muestra cumple con la norma

Resolución 2115/2007

Q. F. FREDY PAJARO O.  
R.P. N° 2580

VºBº Dra. INGRID PINO GARANTIVA  
Profesional Universitario R.P. N° 1347



**Apéndice G. Plan de contingencia para el servicio de acueducto.**

Ver archivo adjunto en el CD.

## **Apéndice H. Cálculo del índice de continuidad**

Ver archivo adjunto (CD).

## **Apéndice I. Necesidad Técnica implementación del sistema de macromedición y ampliación de la cobertura de micromedición.**

### **1. NECESIDAD TECNICA**

#### **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MACROMEDICION Y AMPLIACIÓN DE LA COBERTURA DE MICROMEDICIÓN.**

##### **1.1 Descripción del problema**

La Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P. – ESPA como única entidad prestadora de servicios públicos de Acueducto y Alcantarillado a la población de la zona urbana y rural del Municipio de Aguachica, debe garantizar el buen funcionamiento y el acceso a los servicios públicos domiciliarios con el objeto de satisfacer las necesidades vitales de la comunidad.

En relación con el sistema de acueducto, la eficiencia de este se debe a la disposición de mecanismos óptimos para el aprovechamiento del agua y la prestación del servicio, así como también de instrumentos de medición permanentes que permitan obtención, procesamiento, análisis y divulgación de datos operaciones de rutina relativos a caudales, presiones y niveles de agua, con el fin de totalizar la cantidad de agua que ha sido tratada en la planta de tratamiento y la que está siendo transportada por la red de distribución a los diferente sectores.

Por consiguiente, contar con un buen sistema para la medición de grandes caudales es un instrumento imprescindible para obtener estadísticas de producción y distribución del agua, así como también el desarrollo de programas para el control de fugas que permitan alcanzar y

mantener niveles en los cuales los componentes y las causas de las pérdidas sean las mínimas posibles.

Cabe mencionar que el sistema de acueducto dispone de tres equipos de macromedición; dos ubicados a la salida de los tanques de almacenamiento 1 y 2 y el otro en la cámara de cloración, pero estos actualmente no están en funcionamiento. Además de lo anterior, en el Municipio se tienen establecidos 10 sectores hidráulicos, los cuales no disponen de puntos estratégicos para la medición de caudales. Por otra parte no existen macromedidores en las líneas principales de distribución que permitan establecer un balance de masas.

Además de lo anterior, también se debe contar con un buen sistema que permita medir la cantidad de agua suministrada a cada suscriptor, ya que el bajo índice de micromedición es un aspecto crítico que refleja el desconocimiento de la demanda real actual del municipio. Es fundamental que el prestador tenga pleno conocimiento de la demanda real, es decir el volumen de agua facturado cuando el nivel de micromedición sea cercano al 100% o cuando la cobertura de micromedición sea baja debe contar con macromedición a la entrada y salida de sectores bien definidos. (ESPA, 2016)

Cabe mencionar que el sistema de acueducto para el año 2016 contaba con 38.09% de suscriptores con medidor en funcionamiento y 61.91% de usuarios que no cuentan con medidor o no le funcionan. (ESPA, 2016)

Otro aspecto importante que involucra la macromedición y micromedición es el índice de agua no contabilizada, para lo cual el RAS establece que “El indicador normalmente utilizado para revisar el nivel de pérdidas es el índice de agua no contabilizada (IANC) que relaciona el volumen total de agua que se suministra a las redes con el volumen total de agua que se factura a los usuarios

de éstas en un periodo determinado, expresado en porcentaje” (RAS, 2010). Para esto se propone que “en caso en que el IANC, supere los valores establecidos en el reglamento, se debe desarrollar e implementar un programa de reducción del nivel de pérdidas técnicas y comerciales”. (RAS, 2010).

De acuerdo con esto, en la ESPA en el año 2016 se estimaron pérdidas comerciales del 44,5 % según el IANC y para este año del 49,94 % según el IANC hasta el mes de noviembre. Como se puede notar estas pérdidas están por encima del 30%, las cuales son el nivel máximo de agua no contabilizada aceptada, según el artículo 6° de la resolución 1795 de la CRA.

## **1.2 Justificación**

Es de vital importancia que la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica disponga de un sistema de Macromedición eficiente, con el fin de determinar los caudales que son distribuidos en los diferentes sectores del municipio, el análisis de las presiones en las tuberías y proporcionar información pertinente para la programación de un control de pérdidas, así como también darle cumplimiento a las normas establecidas por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).

Debido a que los volúmenes entregados al sistema de distribución de agua potable son un parámetro importante que debe ser considerado en la realización del balance de distribución, en las labores de operación y mantenimiento y en la planeación futura, debe preverse la instalación de Macromedidores para la correspondiente obtención de datos de consumo fidedignos. (RAS, 2010).

En el artículo 147 de la ley 142 dice que la empresa tendrá un plazo a partir de la vigencia de la presente ley para elevar los niveles de macro y micro medición a un 95 % del total de los usuarios, para lo cual se debe iniciar un plan con un porcentaje mínimo de inversión, para la adquisición y financiación de los medidores.

En todo municipio se debe priorizar el programa de reducción de pérdidas a la ampliación o expansión de cualquier componente del sistema de abastecimiento cuando el IANC sea superior a dichos límites. (RAS, 201).

### **1.3 Fundamentos técnicos**

En el RAS título B dice:

- literal 6.7.8.2 Dispositivos de medición de caudal dice: “La medición del caudal en las aducciones y conducciones es de vital importancia operativa, además sirve para la evaluación y el control de las pérdidas técnicas y el desperdicio de agua entre otros factores”.
- Literal 6.7.8.3 Macromedición en aducciones y conducciones dice: “Para los niveles de complejidad del sistema medio alto y alto, es obligatorio el uso de macromedidores de caudal y de niveles y/o presiones a la salida de los tanques de almacenamiento en aquellos sistemas que cuenten con este tipo de estructuras; para aquellos casos en que no se cuente con tanques de almacenamiento, se recomienda ubicar los elementos de macromedición en aquellos puntos en los que existan bifurcaciones en las conducciones y en todos los puntos de entrada a los subsectores que hagan parte del sistema de sectorización del servicio de acueducto en el municipio”.

- Literal 7.10.3 Macromedición en la red de distribución en los incisos:
  3. Para el nivel de complejidad del sistema medio alto debe realizarse una medición horaria durante 24 horas de caudal a la entrada y salida de los tanques y a la salida de la o las plantas de tratamiento de la red cada mes.
  4. Para el nivel de complejidad del sistema alto debe existir una medición permanente del caudal de entrada y salida de los tanques y de la salida de la o las plantas de tratamiento. Es obligatoria la lectura telemétrica de los macromedidores de tal forma que pueda conocerse los caudales producidos en tiempo real.

#### **1.4 Instalación de macromedidores**

Para la instalación de macromedidores deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Los puntos de medición de caudal deben estar aguas abajo de la salida de los tanques.
2. Los macromedidores deben estar situados preferiblemente en la entrega a tanques de compensación que formen parte del sistema de distribución de agua potable, teniendo en cuenta la necesidad de contabilizar el rebosamiento en los mismos, y también para utilizarlos en las operaciones de rutina del sistema de abastecimiento de agua.
3. Los macromedidores deben tener estructuras adecuadas para su instalación. Estas estructuras son:
  - a) Conos de reducción y expansión para obtener velocidades adecuadas en el punto de medición, las cuales deben ser mayores que 0.5 m/s con el caudal mínimo nocturno en condiciones iniciales. (RAS, 2010).

El diseño debe garantizar que los sistemas de macromedición solicitados cumplan con las siguientes normas: NTC 1063-1, ISO 4064, AWWA C 701, AWWA C700, AWWA C708, AWWA C710 y AWWA C704. (RAS, 2010).

**Nota:** cualquier otro tipo de normas nacionales o internaciones equivalentes, con previa aprobación de la persona prestadora del servicio de acueducto.(RAS, 2010).

**1.4.1 Puntos estratégicos.** Según estudios hechos por la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica se requiere de la instalación de 15 macromedidores con sus respectivos filtros para el Sistema de Acueducto y 18.000 micromedidores.

**Nota:** De estos 15 macromedidores se deben instalar primordialmente en las tres líneas de conducción a la salida de la planta, los cuales son 2 macromedidores de 12” y uno de 16”.

## 1.5 Conclusiones

Según la información registrada en la base de datos de la Empresa de Servicios Públicos, el sistema de acueducto tiene 22.455 usuarios matriculados de los cuales 10.118 suscriptores poseen medición, sin embargo tan solo 9.039 de estos cuenta con micromedición efectiva, lo que indica que la cobertura de micromedición en el municipio es del 45,06 % pero de esta solo el 40,25 % se encuentra funcionando correctamente.

Teniendo en cuenta los datos anteriores para cumplir con la norma del 95% de micromedición y teniendo en cuenta como base los medidores que se encuentran funcionando adecuadamente se hace necesario la instalación de 12.394 micromedidores.

Los macromedidores con los que se cuenta están fuera de servicio por lo que se hace necesario la instalación de los 15 que arroja el estudio de Findeter. Cabe anotar que se puede iniciar

con la instalación de 8 de estos macromedidores, los cuales estarían ubicados 3 en la entrega de los tanques de almacenamiento y 5 en la entrada de las redes matrices a cada uno de los diferentes distritos.

Esto con el fin de conocer los volúmenes que entran a cada uno de estos distritos y de esta manera poder iniciar un programa de corrección de pérdidas técnicas y comerciales, ya que sin esta herramienta es casi imposible conocer realmente un IANC real.

**Nota:** Por efecto de la variación de los precios no se vio conveniente la realización de una cotización ya que día a día varía su valor, quedando atentos para cuando se valla a realizar la ejecución de este proyecto para contribuir con la cotización de estos macromedidores.

**Apéndice J. Presupuesto para cambio de material filtrante (10 filtros).**

Ver archivo adjunto en CD.

**Apéndice K. Presupuesto para instalación de conducción barrio Villa Paraguay.**

Ver archivo adjunto en CD.

**Apéndice L.Paralelo de la prestación del servicio.**

Ver archivo adjunto (CD).